

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 8 Mai 1945 Guelma



جامعة 8 ماي 1945 قالمة
UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA

Faculté: Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
Département : Ecologie et génie de l'environnement
Laboratoire de domiciliation: Laboratoire de Conservation des Zones Humides

THÈSE
En Vue de l'Obtention du Diplôme de
Doctorat en Troisième Cycle

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie Filière : Ecologie-Environnement
Spécialité : Protection des Ecosystèmes

Présentée par
TAFERGHOUST Meryem

Intitulée

**Les Macroinvertébrés du Massif de l'Aurès Oriental :
Taxonomie et Ecologie**

Soutenue le : 06/01/2026

Devant le jury composé de :

Nom et prénom	Grade		
Mr. Nouar Tahar	Pr.	Univ. de Guelma	Président
Mme. Farah SAMRAOUI	Pr.	Univ. de Guelma	Encadreur
Mr. Boudjéma SAMRAOUI	Pr.	Univ. d'Annaba	Co-Encadreur
Mme. Habbachi WAFFA	Pr.	Univ. d'Annaba	Examineur
Mme. Laouabdia Sellami Najette	Pr.	Univ. de Guelma	Examineur

Année Universitaire : 2025/2026

REMERCIEMENTS

Après avoir rendu grâce à DIEU,

Le présent travail n'aurait jamais pu aboutir sans le soutien précieux et l'accompagnement généreux de certaines personnes. Je ne suis pas en mesure de sélectionner les mots adéquats pour exprimer à quel point ils ont été à mes côtés pour en arriver là. Cependant, je tiens à leur exprimer toute ma gratitude, et mes vifs remerciements.

Mes pensées de reconnaissance s'adressent en premier lieu à ma directrice de thèse, je la remercie pour tout ce qu'elle m'a donné : ses conseils, sa présence, et son encouragement pour m'avoir permis d'avoir la liberté nécessaire à la réalisation de mes travaux. Pr. **Farah SAMRAOUI**.

Ensuite, je voudrais sincèrement exprimer ma vive gratitude au Pr. **Boudjéma SAMRAOUI** pour ses conseils, sa gentillesse et sa grande ouverture d'esprit. Il a été mon plus grand soutien et m'a encouragé tout au long de réalisation de ce travail.

Remerciements ainsi au professeur **Nouar Tahar**, malgré ses nombreuses occupations, il a tout de même consacré une partie de son temps à présider le jury de mon doctorat.

Mes chaleureux remerciements et mes sentiments d'affection vont également aux professeurs : **Laouabdia Sellami Nadjette** et **Touati Laid** pour avoir accepté d'être Examineurs de cette thèse, pour avoir jugé ce travail.

Merci à mon père et ma mère qui m'ont accompagné, et d'être restés présents et disponibles jusqu'au sprint final!

Comment ne pas dire aussi un grand merci à Dr. **Haouam Lynda** de l'université de Mohamed-Cherif Messaadia Souk Ahras

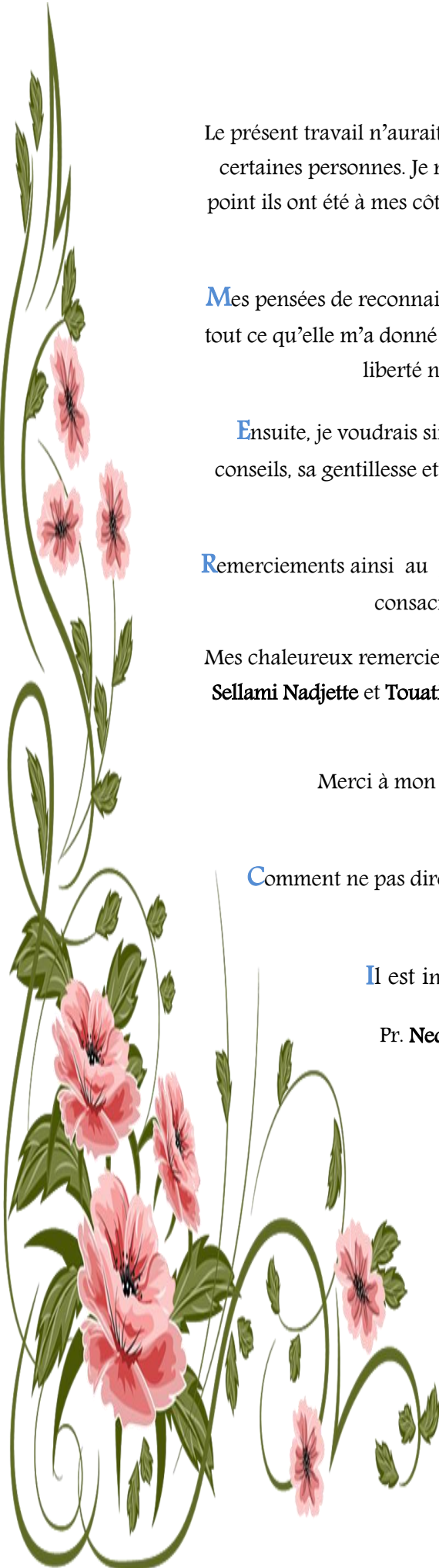
Il est inévitable d'adresser mes plus sincère remerciements et ma profonde gratitude à :

Pr. **Nedjah Riad** le directeur de LCZH et **Lamine Smail** pour leur soutien moral précieux

Tout au long de la réalisation de ce modeste projet.

Merci à Tous.

Meriem





Dédicace

Je dédie ce modeste projet pour l'obtention de diplôme de doctorat à :

Ma très chère maman, tu es le symbole parfait du Vignoble pour moi, la source de tendresse et l'exemple du dévouement tu as toujours été à mes côtés, m'encourageant et priant pour moi .Ta prière et ta bénédiction ont été des soutiens précieux dans la réussite de mes études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour .Que Dieu tout-puissant te garde, te donne santé, longue vie et bonheur.

À Mon très Cher père, pour leur Encouragement, leur amour et leur soutien.

Que Dieu le préserve et leur accorde santé et bien-être continus.

À mes très chers frères : AHMED, ABD EL KARIM, AZZEDINE.

À mes très chères sœurs : NAWAL, SAMIHA, MEBARAKA.

Aux petits : NOUFEL, LOAYE, TAHA, SOHAIB, AMANI KAWTHER et AFNANE.

Je dédie aussi à mes très chères amies : Mechighel Hatem et

Hezil wissem, qui ont été ma source de force et d'énergie tout au long de la réalisation de ce travail.

À tous mes amies merci pour votre amour, votre amitié.

Meriem



TABLE DES MATIERES

Remerciements

Dédicace

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction 1

Chapitre 1: présentation de la littérature

1.1. Études sur les macroinvertébrés en Algérie..... 6

1.2. Études régionales dans le Maghreb 7

1.3. Études internationales 8

1.4. Aperçu des études en Europe 9

Chapitre 2: Biologie des macroinvertébrés

2.1. Généralités sur la faune benthique 11

2.2. Morphologie générale..... 11

2.3. Les différents niveaux systématiques..... 12

2.4. Les groupes faunistiques les plus intéressants des macroinvertébrés
aquatiques..... 12

2.4.1. Les insectes..... 12

1) Les Coléoptères 13

2) Les Diptères 13

3) Les Hémiptères 15

4) Les Éphéméroptères 16

5) Les Trichoptères 17

6) Les Plécoptères 18



7) Les Odonates	19
2.4.2. Les Non insectes.....	20
1) Les Crustacés.....	20
2) Les Mollusques	20
3) Les Gastéropodes	21
4) Les Annélides	21
5) Les Nématodes	22
2.5. L'écologie des insectes aquatiques.....	22
2.5.1. Leur habitat.....	22
2.5.2. Respiration.....	23
2.5.2.1. A partir de L'atmosphère ou des plantes aquatiques.....	23
2.5.2.2. A partir de L'oxygène dissous dans L'eau.....	23
2.5.3. Régime alimentaire.....	24
2.5.4. La Position des macroinvertébrés dans le réseau trophique.....	25
2.5.5. cycle du développement.....	27
2.5.6. Types de développement.....	28
2.6. L'importance des invertébrés.....	29
2.6.1. Le domaine culturel.....	29
2.6.2. Le domaine économique.....	29
2.6.3. Le domaine écologique.....	30
2.6.4. Le domaine médicinal.....	31
2.7. Les principales menaces affectant les macroinvertébrés.....	32



2.7.1. Les altérations physiques.....	32
2.7.2. Les altérations chimiques.....	33
2.8. Les invertébrés d'eau douce comme bio indicateur de pollution.....	33

Chapitre 3: Description de la zone d'étude

3.1. Description de la zone d'étude	35
3.2. Caractéristiques physiques de la région.....	35
3.2.1. Localisation et situation géographique.....	35
3.2.2. Relief.....	36
3.2.3. Contexte édaphique	37
3.2.4. Couverture végétale.....	37
3.3. Contexte géologique	38
3.4. Le Réseau hydrographique de l'Aurès.....	41
3.5. Climatologie des Aurès.....	42
3.6. Etude climatique de la zone d'Etude.....	43
3.6.1. Les températures des deux régions (Khenchela et Batna).....	43
3.6.2. Les précipitations des deux régions (Khenchela et Batna).....	45
3.6.3. Le climatogramme d'Emberger.....	48

Chapitre 4 : Matériel et méthodes

4.1. Description des stations d'étude.....	50
4.2. Échantillonnage Des macroinvertébrés	56
4.2.1. Choix des stations d'étude	56



4.2.2. Matériel d'échantillonnage	56
4.2.2.1. Sur terrain.....	56
4.2.2.2. Au laboratoire.....	57
4.2.3. Méthode d'échantillonnage, Tri et Identification des macroinvertébrés.....	58
4.2.3.1. Sur terrain.....	58
4.2.3.2. Au laboratoire.....	59
4.2.4. Les variables mésologiques mesurées	60
4.2.4.1. La profondeur et la largeur du lit mouillé.....	60
4.2.4.2. Vitesse du courant.....	60
4.2.4.3. Le substrat.....	61
4.2.4.4. Le couvert végétal.....	61
4.2.4.5. La turbidité de l'eau.....	62
4.3. Les indices de diversité.....	62
4.3.1. Indices écologiques de composition.....	62
4.3.2. Les indices écologiques de structure.....	63
4.4. Traitement statistique des données.....	65
4.4.1. Analyse en Composantes Principales (ACP).....	65
4.4.2. Analyse factorielle des correspondances (AFC).....	66
4.4.3. L'analyse des corrélations canoniques (ACC).....	66
4.5. La cartographie.....	66



Chapitre 5 : Résultats et discussion

5.1. Résultats	67
5.1.1. Variation mensuelle des paramètres biotiques et abiotiques des 16 stations étudiées	67
5.1.2. Analyse générale des taxons faunistiques récoltés	74
5.1.3. Les indices de diversité	77
5.1.3.1. Indices écologiques de composition	77
5.1.3.2. Les indices écologiques de structure	81
5.1.4. Analyse quantitative et qualitative de la faune aquatique recensés ...	85
5.1.5. Traitement statistique des données	105
5.1.5.1. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)	106
5.1.5.2. Analyse en Composantes Principales (ACP)	110
5.1.5.3. Analyse des Corrélations Canonique (ACC)	112
5.2. Discussion générale des résultats	115
Conclusion	123
Références bibliographiques	126
Résumé	154
Abstract	156
ملخص	158

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau	Titre	Page
1	Liste des principaux consommateurs primaires de la tourbière	25
2	Evolution des températures moyennes mensuelles de la région de Batna durant la période 2000-2016	44
3	Evolution des températures moyennes mensuelles de la région de Khenchela durant la période 2000-2017	44
4	Evolution des précipitations moyennes mensuelles de la région de Batna pendant la période 2000 - 2016	45
5	Evolution des précipitations moyennes mensuelles de la région de Khenchela durant la période 2000-2017	45
6	Etage bioclimatique des deux régions de Batna et Khenchela	49
7	Les caractéristiques des stations étudiées	50
8	Normes de vitesse de l'eau selon l'échelle de Berge	61
9	Variation mensuelle de la largeur du lit aux stations étudiées (m)	67
10	Variation mensuelle de la profondeur des stations étudiées (cm)	68
11	La pente dans les 16 stations étudiées	69
12	Variation mensuelle de la vitesse de l'eau dans des stations étudiées (m/s)	70
13	Type et l'hétérogénéité du substrat dans les 16 stations étudiées	71
14	Types d'activités anthropiques appliquées sur les 16 stations étudiées	72
15	La valeur de turbidité dans les 16 stations étudiées	73
16	Type et l'hétérogénéité du substrat dans les 16 stations étudiées	73
17	Pourcentage de la couverture végétale dans les 16 stations étudiées	73



18	Fréquences d'occurrence des taxons récoltés au niveau des sieze stations	80
19	Résumé des indices de diversité pour chaque échantillon (Shannon, Simpson, Équitabilité, Margalef)	82
20	Inventaire faunistique des macroinvertébrés du massif des Aurès oriental	85
21	Liste des taxons d'Hémiptères récoltés dans les 16 stations étudiées avec leurs abondances moyennes correspondantes	92
22	Inventaire des sites d'échantillonnage dans le nord-est Algérien	96
23	Liste des Notonectidea récoltés dans les 4 régions avec leur répartition	97
24	Liste des taxons récoltés d'Odonates dans les 16 stations étudiées avec leurs abondances moyennes correspondantes	102
25	Liste des taxons récoltées des Trichoptères dans les 16 stations étudiées avec leurs abondances moyennes correspondantes	104
26	Statistique descriptive des variables	106
27	valeurs propres, variabilité et pourcentage cumulé des Composantes Factorielles	108
28	Mesure d'adéquation de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin	109
29	Les valeurs des données physico-chimiques mesurées dans les seize stations par ACP	110



LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	Page
1	La morphologie de larve d'éphéméroptères	12
2	L'élytre et l'aile membraneuse d'un Coléoptère adulte	13
3	Larves de Diptères	15
4	Vue dorsale d'un Hémiptère	16
5	Vue dorsale et latérale d'un Éphéméroptère	17
6	Une larve de Trichoptère	18
7	Larve d'un Plécoptère	18
8	Larves et adultes d'Odonate Zygoptère et Anisoptère	20
9	Les Mollusques d'eau douce	21
10	Annélides	22
11	Appareil respiratoire des insectes aquatiques	24
12	Position des macroinvertébrés benthiques dans le réseau trophique d'un écosystème d'eau courante	26
13	Des oiseaux se nourrissent d'adulte d'Odonate : (A) un Merops ; (B) un Falco tinnculus	27
14	Diagramme résumant le développement des insectes holométaboles	29
15	Fixation des Sangsues sur la peau en vue de traiter l'arthrite	31
16	Circulation de l'eau dans le fourreau d'un Trichoptère	33
17	Carte de localisation géographique du massif des Aurès dans l'Est Algérien	36
18	Carte géologique des Aurès	39
19	Réseau hydrographique dans l'Aurès oriental	42



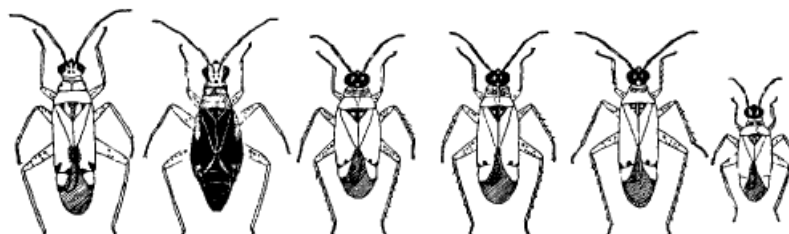
20	Précipitations moyennes mensuelles de la région de Batna	47
21	Précipitations moyennes mensuelles de la région de Khenchela	47
22	Climagramme d'Emberger de la région d'Aurès	49
23	Situation géographique des stations d'étude de la région des Aurès	51
24	Oued Bouilef 1	51
25	Oued Bouilef 2	51
26	Oued Bouilef 3	52
27	Oued Rebaa 1	52
28	Oued Rebaa 2	52
29	Oued Rebaa 3	52
30	Oued Bouzina 1	53
31	Oued Bouzina 2	53
32	Oued Aabdi	53
33	Oued Labyadh 1	53
34	Oued Labyadh 2	54
35	Oued Labyadh 3	54
36	Oued Assoul	54
37	Oued Lakehal 1	54
38	Oued Lakehal 2	55
39	Oued Lakehal 3	55
40	Matériel utilisé sur terrain	57
41	Matériel utilisé Au laboratoire	58
42	Variation de l'altitude aux stations étudiées	70
43	Nombre de poissons par station dans chaque mois	74



44	Pourcentages des peuplements d'invertébrés et de vertébrés du Massif des Aurès Oriental	75
45	Répartition taxonomique des vertébrés recensée pendant la période d'étude	75
46	Pourcentages des Embranchements d'invertébrés dénombrés au cours de la période d'étude	76
47	Abondance relative des classes d'invertébrés inventoriés pendant la période d'étude	76
48	Richesse taxonomique des différentes stations étudiées	78
49	Abondance relative des ordres d'invertébrés recensée durant la période d'étude	78
50	Proportion de chaque ordre dans les 16 stations prospectées	79
51	Variation de l'indice de diversité par site	83
52	Abondance de taxon Gammarus sp récolté dans les stations échantillonnées	88
53	Abondance relative des Ordres récoltés dans les 16 stations du massif des Aurès Oriental	89
54	Abondance des familles de Coléoptères récoltés	90
55	Abondance des familles de Diptères récoltés	90
56	L'abondance des familles des Ephéméroptères récoltés	91
57	Abondance des taxons des Hémiptères récoltés	93
58	Répartition spatiale des espèces des Hémiptères récoltés dans les 16 stations étudiées	94
59	L'Abondance des espèces des Notonectidea récoltés dans les quatre régions	95
60	Biplot de l'ordination PCA des assemblages de Notonectidea dans la zone d'étude	96
61	Répartition des régions dans les deux premières composantes	96



62	La relation entre les assemblages de Notonectidea et les variables environnementales : substrat, longitude (X), altitude et profondeur de l'eau	97
63	Répartition quantitative des Odonates recensés pendant la période d'étude	98
64	Abondance des familles des Zygoptères	98
65	Abondance des familles des Anyzoptères	99
66	Abondance des espèces des Trichoptères récoltées	101
67	Représentation graphique de l'analyse factorielle des correspondances (AFC)	104
68	Scree plot des valeurs propres	105
69	Biplot de l'Analyse en Composantes Principales	108
70	Relation entre les communautés d'Insectes aquatiques et les variables environnementales	112



Introduction



L'Algérie possède un complexe de zones humides unique au monde (Samraoui, 2009). Selon Samraoui (2009), Samraoui et *al.*, (2010), Samraoui et *al.*, (2012) et Cherairia et *al.*, (2014), affirment que bon nombre d'entre eux possèdent un intérêt international. En raison de leur importance environnementale, sociale et économique, elles sont reconnues comme essentielles pour le développement durable des êtres humains (Al-Obaid et *al.*, 2017).

On appelle généralement zones humides les marais, les fagnes, les tourbières ou les plans d'eau artificiels ou naturels, temporaires ou permanents, où l'eau peut être courante ou stagnante, douce, saumâtre ou salée. Ceci inclut également les surfaces d'eaux marines dont la profondeur ne dépasse pas six mètres à marée basse (Dajoz, 2006).

L'eau douce représente un pourcentage inférieur à 1% de l'eau dans la surface terrestre (Dudgeon et *al.*, 2006). Il existe dans la nature sous différentes formes : lacs, fleuves, oueds...etc

Selon Dynesius & Nilsson (1994), les rivières figurent parmi les écosystèmes dynamiques les plus complexes. Il est crucial pour eux que les organismes fonctionnent correctement et que le processus de décomposition de la matière organique se déroule bien, tout comme la. Ils sont également liés aux activités humaines telles que le développement urbain, agricole et industriel. Ces écosystèmes Procurent des biens et des services extrêmement importantes pour les sociétés humaines (Sala et *al.*, 2000).

Les activités humaines ont eu un impact plus ou moins significatif sur les écosystèmes aquatiques à travers le monde (Everard & Powell, 2002). Les conséquences humaines sur ces écosystèmes sont extrêmement variées. D'après Collen et *al.*, (2014), Les barrages provoquent des perturbations dans les flux d'eau et l'exploitation excessive, la pollution aquatique, la fragmentation, l'anéantissement ou l'altération de l'habitat et une pression accrue de la pêche. Le changement climatique et la biodiversité des écosystèmes d'eau douce ont une grande influence sur la variabilité des régimes de précipitation et de température. Les conséquences peuvent varier en fonction de l'état de la zone (Ramulifho, 2020).

En Algérie, particulièrement dans les régions arides et semi-arides l'impact de la pollution des cours d'eau est plus important que dans les régions plus humides du pays, en raison de l'aridité. De plus, la rareté de l'eau dans ces zones et les faibles précipitations locales influent sur les cycles hydrologiques, ce qui pourrait représenter



un danger très grave sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques (Sellam et al., 2017)

Les approches conventionnelles de contrôle de la qualité de l'eau, qui se fondent sur l'identification de paramètres chimiques et physiques, se sont révélées moins satisfaisantes, en raison de la variabilité des mesures et car elles ne donnent qu'une image non précisée sur le problème. Par conséquent, des voies alternatives ont été développées basant sur la présence d'espèces particulières, et en regroupant différents bio-indicateurs taxonomiques unifiés en cours d'eau ou, au contraire, avec des degrés de pollution des eaux variables (Genin et al., 2003).

Pour une bonne compréhension du fonctionnement et de la gestion des systèmes naturels, ainsi que pour une surveillance fiable et efficace de l'état de santé des écosystèmes aquatiques, des études sur la faune benthique et son écologie deviennent nécessaires à réaliser (Dakki, 1979 ; Bouzidi, 1989 ; Ben Moussa et al., 2014). Dans ces milieux aquatiques, l'utilisation d'indicateurs biologiques est de plus en plus requise comme technique pour évaluer la qualité de l'eau dans les écosystèmes aquatiques (Bebba, 2016).

L'exploitation des organismes vivants comme moyen de surveillance biologique offre plusieurs avantages. Tout d'abord, recourir aux bio-indicateurs est financièrement plus économique car cela permet en général d'éviter l'utilisation d'équipements technologique coûteux (Markert et al., 2003) et d'optimiser le temps (Carignan & Villard, 2002). Par ailleurs, certains indicateurs biologiques, grâce à leur capacité à s'accumuler, permettent une détection précoce des perturbations (Kaiser, 2001). Par ailleurs, les indicateurs biologiques fournissent des données sur la biodisponibilité des polluants, principalement en se basant sur leur concentration totale dans l'environnement (Markert et al., 2003). Cette distinction est essentielle lorsqu'on étudie les effets des polluants sur les organismes (Kerckhove, 2012). Enfin, ils offrent une représentation complète des effets spatiotemporels des polluants sur l'écosystème, car ils représentent précisément le temps total d'exposition au polluant, contrairement aux mesures des variables physico-chimiques qui prennent les valeurs des paramètres de manière temporaire et spatiale (Benoit-Chabot, 2014).

Les macroinvertébrés constituent un groupe qui présente des caractéristiques spéciales qui leur confèrent un rôle primordial pour l'évaluation biologique des



écosystèmes. Ils forment un groupe taxonomique très diversifié incluant plusieurs phylums d'organismes avec au moins 150 familles, 700 genres et 4400 espèces. La richesse des formes au sein de ce groupe entraîne une multitude de réponses possibles aux altérations, ce qui rend ce groupe particulièrement important en tant que bio-indicateurs de la qualité des cours d'eau (Rosenberg & Resh, 1993).

Selon Warwick & Clarke (1993), les macroinvertébrés sont sensibles aux conditions environnementales et sont souvent employés comme indicateurs de perturbation de l'environnement. Ces organismes sont des indicateurs précieux de l'état des ressources aquatiques (Archaimbault, 2010), car ils ont une diversité géographique élevée, une grande diversité biologique, une sédentarité dans leur habitat, une tolérance aux changements environnementaux et une sensibilité aux différentes. Par conséquent, les macroinvertébrés sont le choix pragmatique pour évaluer et là où il y a des déficiences, ils peuvent également faciliter l'éco-diagnostic (Carter *et al.*, 2007). Ces organismes ont une durée de vie assez longue et sont également assez sédentaires. Ses caractéristiques leur confèrent donc une bonne capacité à évaluer l'état de santé de leur habitat à moyen terme (Charvet, 1999). Ils occupent une place essentielle dans la chaîne alimentaire des écosystèmes aquatiques, grâce à leur rôle primordial en tant que source primaire de nourriture pour de nombreuses espèces de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux (Lakhdara *et al.*, 2014). Dans cette section de l'écosystème aquatique, on peut comprendre comment les invertébrés se déplacent dans différents milieux et à différents niveaux spatial et temporel. Ils sont répandus dans la majorité des écosystèmes aquatiques, ce qui facilite leur détection et leur prélèvement (Vindimian & Garric, 1993). De plus, le fait de les étudier n'a aucun impact négatif sur le biotope résident (Barbour *et al.*, 1999). Le prélèvement de macroinvertébrés peut aider à évaluer l'état de santé d'un cours d'eau en calculant la richesse spécifique (nombre d'espèces), la composition, les niveaux de sensibilité (c'est-à-dire sensibles ou tolérants à la pollution). Ses caractéristiques ont rendu les macroinvertébrés un groupe taxonomique très efficace pour évaluer l'état de santé des écosystèmes aquatiques (Kolkwitz & Marsson, 1902) et qui a aujourd'hui bénéficié d'une profonde et riche histoire dans cette domaine (Rosenberg & Resh 1993 ; Bonada *et al.*, 2004) , le groupe zoologique le plus utilisés pour surveiller et identifier les divers effets des pressions anthropiques sur la qualité des cours d'eau (Norris, 1995; Hering *et al.*, 2006).



L'étude de ces organismes est devenue l'instrument le plus indispensable pour évaluer de manière précise, approfondie et rapide. Les communautés de macroinvertébrés évoluent sur les gradients d'altérations, qu'elles soient anthropiques ou naturelles. En outre, les lois relatives à la protection, à la gestion et à la surveillance des écosystèmes d'eau douce ont été établies en tenant compte de l'importance d'utiliser des indicateurs biologiques pour suivre la qualité de ces écosystèmes (Paulsen *et al.*, 2008).

En Afrique du Nord, plusieurs travaux ont été réalisés sur l'utilisation de divers niveaux taxonomiques de macroinvertébrés comme indicateurs biologiques de la qualité de l'eau et de l'état de santé de leurs cours d'eau, ainsi que sur la taxonomie de la faune, les structures hydrologiques et les habitats (Boumaiza & Laville, 1988 ; Dakki, 1979 ; Samraoui *et al.*, 1993, 1999 ; Kettani & Langton, 2011 ; Adler *et al.*, 2015 ; Belqat *et al.*, 2018 ; Slimani *et al.*, 2016).

Jusqu'aux années 1980, la taxonomie et l'écologie des macroinvertébrés dans les écosystèmes aquatiques en Algérie étaient peu étudiées (Benzina, 2018). Toutefois, après les années 1980, de nombreuses recherches ont été réalisées sur ce sujet dans différentes parties du pays. Des recherches sur la richesse spécifique, l'écologie et la taxonomie font partie de ces travaux (Lounaci, 1987 ; Gagneur *et al.*, 1988 ; Ait Mouloud, 1988 ; Arab, 1989 ; Lounaci-Daoudi, 1996 ; Samraoui & Menai, 1999 ; Samraoui & Corbet, 2000a-b ; Arab *et al.*, 2004 ; Zougaghe & Moali, 2009 ; Yasri *et al.*, 2013 ; Moubayed-Breil & Lounaci, 2013 ; Sellam *et al.*, 2017 ; Benzina & Si Bachir, 2018, Bouhala *et al.*, 2019 ; Benhadji *et al.*, 2020 ; Dambri *et al.*, 2020 ; Lamine, 2021).

Le massif des Aurès oriental est une barrière protectrice des hautes plaines de Constantine, dans l'Est algérien ; Il englobe l'un des plus grands parcs en Algérie : le Parc National de Belezma. Il se distingue par une direction Nord-Est-Sud-Ouest qui englobe les vallées centrales (oueds Labiod, El-Hai et El-Arab). L'un des facteurs clés de la diversité biologique dans cette zone est la variété climatique. La recherche sur les macro-invertébrés du massif oriental des Aurès est peu familière (Arigue *et al.*, 2016). Par conséquent, ce travail est principalement basé sur cette région, où nous abordons ce sujet en étudiant la diversité biologique, l'abondance et la distribution des macroinvertébrés aquatiques afin de réaliser les objectifs suivants :



1) Evaluer l'état des oueds et identifier les principales menaces concernant ces milieux dans cette Région.

2) Etablir une liste faunistique des principaux groupes taxonomiques des macroinvertébrés des milieux lotiques du massif oriental des Aurès.

3) Définir le statut des espèces des macroinvertébrés (abondance et distribution).

Nous entamons cette thèse par une introduction ensuite le premier chapitre présentation de la littérature.

Dans le chapitre suivant, nous abordons la biologie des macroinvertébrés.

Dans le troisième chapitre, la zone d'étude est décrite et les principales caractéristiques physiques et géographiques (géologie, sol, climatologie, végétation...) sont abordées.

Le chapitre quatre présente les stations d'étude, le matériel et les méthodes employées, suivi du cinquième chapitre : la partie la plus intéressante de ce travail et celle qui concerne la présentation des résultats et discussion.

Cette partie est consacrée à l'analyse des résultats obtenus sur la faune aquatique recensée dans cette zone (la biodiversité, l'abondance, l'écologie et répartition). Nous finalisons cette étude par une conclusion où nous focalisons sur nos connaissances des macroinvertébrés, nous proposons des solutions pour protéger les écosystèmes aquatiques et examinerons les perspectives d'avenir.



Chapitre 1 : Présentation de la littérature



1.1. Études sur les macroinvertébrés en Algérie

Les recherches sur les macroinvertébrés aquatiques en Algérie remontent à la fin du XIXe siècle. Elles se sont concentrées sur la description des espèces et leur écologie, avec des contributions pionnières comme celles de **Morton (1989)**, **Bedel (1900)**, **Pic (1905)**, **Eaton (1899)**, **Peyrimhoff (1905, 1925, 1931)**, **Seurat (1921, 1934)**, **Edward (1923)**, **Lestage (1925)**, **Puri (1925)**, **Navas (1929)**, **Poisson (1975, 1961)**. Ces travaux ont permis de poser les bases de la connaissance sur la faune benthique algérienne.

À partir des années 1980, les études se sont diversifiées, abordant des thématiques variées comme l'écologie, la biogéographie et la conservation. Parmi les contributions majeures :

- **Gagneur et al., (1986)** ont étudié les Oligochètes en Algérie.
- **Lounaci (1987)** s'est intéressé aux invertébrés benthiques du bassin de l'Oued Aïssi.
- **Ait Mouloud (1987)** sur la dérive des macroinvertébrés dans l'oued Aïssi (faunistique, écologie et biogéographie).
- **Gagneur & Clergue-Gazeau (1988)** sur les Diptères Simuliidae d'Algérie
- **Gagneur & Thomas (1988)** sur les Ephéméroptères d'Algérie.
- **Gagneur & Aliane (1991)** sur les Plécoptères du bassin de la Tafna.
- **Moubayed et al., (1992)** sur les Diptères Chironomides d'Algérie.

Les recherches récentes, menées par des laboratoires comme celui de **Conservation des Zones Humides**, ont également élargi les connaissances sur des groupes spécifiques et leurs interactions avec leur environnement. Par exemple :

- **Samraoui et al., (1993, 1999, 2000, 2002, 2009, 2010, 2012, 2021, 2023)** ont réalisé des travaux approfondis sur les Odonates et d'autres groupes d'invertébrés, mettant en lumière leur importance écologique et leur rôle comme bio-indicateurs. Ces recherches ont contribué à une meilleure compréhension des écosystèmes aquatiques Algériens et ont également mis en évidence des préoccupations liées à la pollution et à l'impact des activités anthropiques sur ces milieux.



- **Bouhala et al., (2009, 2019, 2021)** ont exploré la diversité des Odonates et d'autres espèces dans les ruisseaux méditerranéens.
- **Dambri et al., (2020, 2021, 2022, 2023)** ont documenté les Trichoptères et les Baetidae, mettant en évidence de nouvelles espèces endémiques.
- **Boucenna et al., (2023)** ont exploré la diversité, distribution et conservation des Trichoptères dans le Nord-est de l'Algérie.
- **Satour et al., (2024)** ont documenté les déterminants environnementaux des assemblages d'odonates dans le Nord-est de l'Algérie.
- **Taferghoust et al., (2025)** sur la diversité et la distribution des assemblages des Notonectidés dans le nord-est de l'Algérie.

Ces études ont permis de mieux comprendre les impacts anthropiques sur les écosystèmes aquatiques algériens et d'identifier des priorités pour leur conservation.

D'autres études ont été menées sur ce sujet dans plusieurs régions d'Algérie, notamment celle auxquelles ont contribué les laboratoires de l'Université de Tizi-Ouzou, de Tlemcen et de l'USTHB. Ces travaux ont mis l'accent sur l'examen de la biodiversité et des habitats aquatiques, facilitant ainsi une meilleure compréhension des effets environnementaux et des actions humaines sur la faune aquatique de la région. Ces recherches offrent des perspectives inestimables pour la préservation des espèces aquatiques et de leurs habitats. Parmi les recherches les plus réputées, on trouve : **Lounaci (1996)** qui a travaillé sur la faune, l'écologie et la biogéographie des insectes du réseau hydrographique du Sébaou ; **Mebarki (2001)** qui s'est penché sur les environnements lotiques montagnards du Djurdjur ; **Arab et al., (2004)** qui ont étudié les communautés aquatiques des oueds Chélif ; **Zerguine et al., (2009)** qui se sont consacrés à l'étude des Chironomidés dans le Nord-est de l'Algérie.

1.2. Études régionales dans le Maghreb

Au Maroc, des études détaillées ont été réalisées concernant la biodiversité aquatique et l'appréciation de la qualité de l'eau. Parmi les réalisations remarquables :

- **Errochdi & El ALAMI (2008)** ont apporté des connaissances sur les plécoptères du réseau hydrographique de Laou ainsi que sur la qualité de l'eau des rivières en s'appuyant sur les macroinvertébrés.



- **Mabrouki et al., (2016)** Ont participé à l'étude des plécoptères dans la région orientale du Maroc et le bassin de la Moulouya ainsi qu'à l'analyse de leur répartition.
- **Slimani et al., (2016)** ont contribué à l'étude de la biodiversité aquatique des aires protégées, notamment le Parc Naturel de Bouhachem.
- **Abessolo et al., (2021)** ont analysé la réponse des macroinvertébrés benthiques (éphéméroptères, plécoptères, trichoptères) aux pressions anthropiques.
- **Himmi et al., (2009)** ont évalué la biodiversité des macroinvertébrés aquatiques dans le but de conserver et bien gérer les ressources hydriques.
- **Bennas et al., (2009)** ont Analysé la vulnérabilité des coléoptères aquatiques face aux changements globaux.
- **El Haissoufi et al., (2015)** ont contribué à la connaissance des odonates marocains, mettant en évidence le premier enregistrement de l'espèce *Orthetrum sabina*.

En Tunisie, les recherches ont mis l'accent sur les macroinvertébrés comme indicateurs de la qualité de l'eau. Parmi les travaux importants :

- **Belgacem & Hassine (2005)** ont étudié les assemblages associés aux herbiers de posidonie.
- **Tlig-Zouari et al., (2008)** ont concentré sur la composition et la distribution des macroinvertébrés dans les lacs de Tunisie.
- **Tlig-Zouari et al., (2009)** ont étudié la dynamique et la structure des macroinvertébrés.
- **Korbaa et al., (2009)** ont étudié la Variation spatio-temporelle de la structure de la faune éphéméroptérologique dans l'oued Sejenane.
- **Rabaoui et al., (2015)** ont évalué la relation entre les macroinvertébrés aquatiques et les sédiments riches en métaux lourds.

1.3. Études internationales

Au niveau international, on recourt souvent aux macroinvertébrés pour juger la qualité des écosystèmes aquatiques. Parmi les travaux majeurs, on peut citer :



- **Merritt & Cummins (1996)**, qui ont présenté une introduction complète sur les insectes aquatiques d'Amérique du Nord.
- **Hilsenhoff (1988)**, qui a développé un indice biotique pour évaluer la qualité de l'eau des cours d'eau.
- **Dudgeon et al., (2006)**, qui ont exploré les enjeux liés à la conservation de la biodiversité en eau douce.

1.4. Aperçu des études en Europe

En France, les macroinvertébrés ont été étudiés pour leur rôle dans la surveillance écologique. Par exemple :

- **Usseglio-Polatera et al., (1999)** Ont démontré la valeur indicative des traits biologiques des macroinvertébrés d'une communauté benthique à diverses échelles d'observation.
- **Tachet et al., (1988)** qui ont documenté la Biodiversité des macroinvertébrés d'eau douce de la de la Saône.
- **Beauger et al., (2015)** ont évalué l'influence de caractéristiques environnementales sur la distribution des macroinvertébrés.
- **Cayrou et al., (2000)** ont analysé l'état écologique des rivières en utilisant ces organismes.

En Espagne, les recherches concernant les macroinvertébrés visent à analyser la diversité et l'organisation des communautés de macroinvertébrés dans les écosystèmes d'eau douce, en se concentrant principalement sur l'appréciation de l'état écologique des rivières et des cours d'eau. Souligne les défis de préservation de ces espèces et enregistre l'effet des modifications environnementales sur ces communautés aquatiques. Comme l'ont fait **Muñoz (2003)**, l'étude porte sur la diversité et l'organisation des communautés dans les rivières méditerranéennes. D'autres recherches, comme celles de **Guareschi et al., (2012)**, ont examiné les modèles de biodiversité des macroinvertébrés aquatiques dans les parcs nationaux montagneux d'Espagne, en mettant l'accent sur la distribution de ces espèces et les éléments qui influencent leur diversité. **Benítez-Mora et al., (2014)** ont concentrés sur l'étude des impacts environnementaux des barrages sur les macroinvertébrés, en prenant comme cas l'étude le bassin de la rivière Henares, en Espagne centrale.



Arenas-Sánchez et al., (2021), ont exploré les préférences écologiques des espèces et les impacts anthropiques.

En Suisse, les recherches sur les macroinvertébrés ont apporté des contributions significatives à la taxonomie, à l'écologie et à la conservation des écosystèmes aquatiques. Voici quelques travaux notables :

- **Gattolliat & Sartori (1996)** : Impact des facteurs environnementaux sur les communautés de macroinvertébrés dans des canaux des Granges (Suisse).
- **Indermühle & Oertli (2007)** : Mise en place d'un suivi de la biodiversité des étangs du cirque de Macun (Parc National Suisse) : utilisation des macroinvertébrés benthiques comme bioindicateurs.
- **Dalmard & Oertli (2012)** : Bilan des neuf premières années (2002-2010) de suivi des étangs de Macun (Parc National Suisse) : changements au sein des peuplements de macroinvertébrés.
- **Mavel (2014)**. Développement d'un indice biotique pour identifier l'évolution de la biodiversité aquatique alpine en réponse aux changements climatiques.
- **Sartori (2015)** : Étude du rôle écologique, taxonomique et bioindicatif des Ephéméroptères, ainsi que leur importance dans les écosystèmes d'eau douce.

Ces travaux ont largement contribué à la compréhension des interactions complexes entre les macroinvertébrés et leur environnement, ainsi qu'à la mise en œuvre de stratégies de conservation pour les milieux aquatiques suisses. Ils soulignent également l'importance de ces entités dans le contrôle de la qualité de l'eau et dans la sauvegarde de la biodiversité face au changement climatique.



Chapitre 2 :

Biologie des macro invertébrés



2.1. Généralités sur la faune benthique

D'après Tachet et *al.*, (2006), la faune benthique d'eau douce est composée d'organismes vivants visibles à l'œil nu, qui résident essentiellement au fond des cours d'eau ou qui s'en distancient à peine durant la plus grande partie de leur existence, dépourvus de colonne vertébrale. Environ 95 % de tous les macroinvertébrés dénombrés sont de la classe des insectes (Lee et *al.*, 2006). Cette catégorie d'organismes se compose principalement d'éphémères, de Trichoptères, de Diptères, de Coléoptères, de Plécoptères d'Odonates, de lépidoptères et de mégaloptères. Certains groupes faunistiques, tel que les Ephéméroptères, habitent les cours d'eau durant leur phase larvaire tandis que d'autres, comme les Coléoptères appartenant à la famille Haliplidae, vivent entièrement en milieu aquatique tout au long de leur vie adulte (Touzin, 2008).

Par ailleurs, un grand nombre de cette faune fait partie d'autres catégories que celle des insectes, comme le montrent les Mollusques Gastéropodes par exemple. Selon les constats de Djamai (2020), ils représentent un élément crucial de la chaîne nutritionnelle des écosystèmes aquatiques, car ils servent de nourriture primordiale pour divers poissons et oiseaux d'une part, tout en étant d'excellents indicateurs biochimiques des écosystèmes aquatiques.

2.2. Morphologie générale

D'après Tachet et *al.*, (2000), la grande partie de cette faune aquatique d'eau douce faisant partie de la catégorie des insectes.

L'insecte est constitué d'une tête qui porte des antennes, des yeux et une bouche, d'un thorax qui supporte trois paires de pattes et parfois des ailes, ainsi que d'un abdomen qui renferme les organes internes (**Figure 1**).

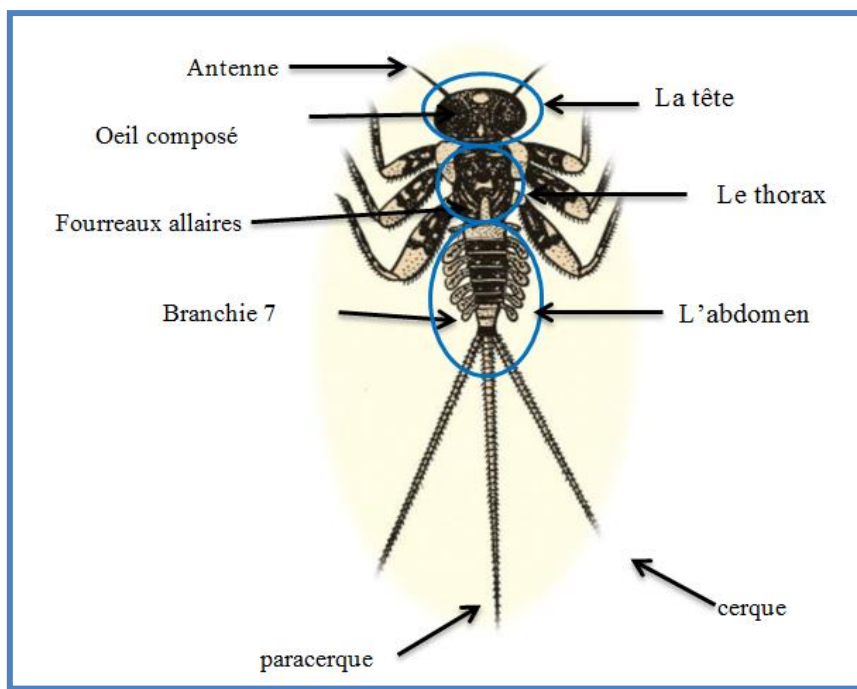


Figure 1. La morphologie de larve d'Ephéméroptères

2.3. Les différents niveaux systématiques

- ❖ Règne : Animalia
- ❖ Embranchement, ou phylum : Arthropoda
- ❖ Classe : Insectes
- ❖ Sous-classe : Pterygota
- ❖ Ordre : Odonates
- ❖ Sous-ordre : Anizoptères
- ❖ Super-famille : Calopterygoidea
- ❖ Famille : Libellulidae
- ❖ Sous-famille : Sympetrinae
- ❖ Genre : *Sympetrum*
- ❖ Espèce : *Sympetrum fonscolombii*

Le niveau taxonomique situé au-dessus de la super-famille, sera abordée en français tandis que les autres niveaux seront exprimés en latin.

2.4. Les groupes faunistiques les plus importants des macroinvertébrés aquatiques

2.4.1. Les insectes



1) Les Coléoptères

Ce groupe zoologique est considéré parmi la catégorie des insectes les plus abondants et les plus diversifiés en termes de richesse spécifique. Ils sont des holométaboles, ce qui implique qu'ils subissent des transformations totales et traversent quatre étapes de développement : Oeuf, larve, nymphe (ou chrysalide) et adulte (également appelé Imago) (Auber, 1999).

Sur le plan morphologique, ce genre d'insectes est illustré par deux paires d'ailes. Les ailes antérieures se plient sous les ailes postérieures et se métamorphosent en étuis de protection, appelés élytres. (**Figure 2**). Le dispositif buccal est de nature broyeur. Ce groupe faunistique a colonisé l'ensemble des biotopes possibles d'eau continentale. Ils sont présents dans des environnements superficiels et phréatiques, qu'ils soient eutrophes ou oligotrophes, ou en milieu saumâtre (Blot, 1993 ; Tachet et al., 2000).

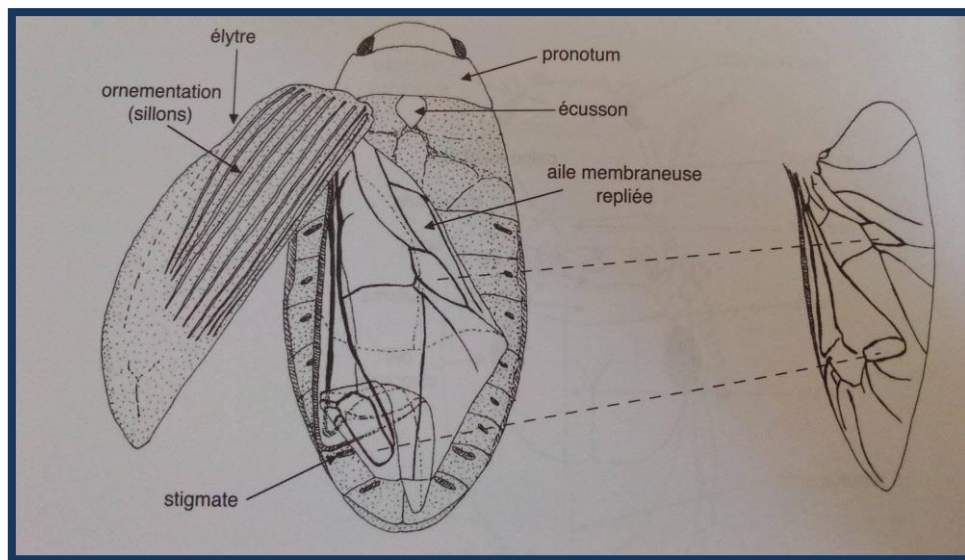


Figure 2. L'élytre et l'aile membraneuse d'un Coléoptère adulte

(Tachet et al., 2010).

2) Les Diptères

Selon Campbell & Reece (2007), ce groupe zoologique est un ordre d'insectes très varié, principalement composé de mouches et de moustiques, qui sont distingués au début du secondaire. En termes d'abondance et de dominance numérique, Les Diptères sont très nombreux, pouvant constituer jusqu'à 90% ou plus de l'entomofaune à ailes, dans les milieux les plus diversifiés, naturels ou artificiels,



grâce à leur vaste gamme d'espèces et d'individus et par leur facilité d'adaptation aux gîtes larvaires (Leclercq, 1971).

Ce groupe d'insectes présente une morphologie caractérisée par une paire d'ailes et une paire de balanciers. L'appareil buccal est soit un dispositif de succion, soit un piqueur suceur ; Métamorphose complète (Mathieu, 1995) (**Figure 3**).

D'après la littérature, il en existe 95 familles qui se répartissent sur plus de 30000 espèces, mais ce chiffre peut augmenter et atteindre les 80000 espèces (Mathieu, 1995). La famille des Chironomidae est considérée comme l'une des plus abondantes au sein des écosystèmes aquatiques continentaux, et elle est généralement qualifiée d'organismes tolérants à la pollution.

➤ Les Chironomidés

La famille des Chironomidae représente l'une des espèces les plus répandues et abondantes dans les écosystèmes aquatiques, contribuant ainsi de façon essentielle à leur bon fonctionnement (Armitage et al., 1995). Cette famille de Diptères regroupe des espèces appartenant au groupe morphologique des Culiciformes, autrement dit leur aspect général similaire à celui de certains moustiques.

De plus, sur le plan de morphologique, ce sont des nématocères pour le stade larvaire, la tête est eucéphale ; le corps est subcylindrique ; dans le thorax, Des parapodes jumelés sont présents, semblables à des crochets d'ours. La famille des Chironomidae est composée de larves qui s'alimentent principalement de matière organique fine en décomposition ainsi que des micro-organismes qui y sont associés (Courtney et al., 2017).

➤ Les Simuliidés

Selon Crosskey (1994), les Simuliidés, également connus sous le nom de mouche noires ou simules, forment un groupe morphologiquement très similaire. Cette famille des Simuliidae compte moins d'espèces que les autres familles mentionnées précédemment. Différentes des autres moustiques, elles sont plus actives lorsque le soleil brille. Selon Engelhardt et al., (1998), les larves n'habitent que les eaux courantes où elles se fixent aux plantes par une ventouse située à l'extrémité de l'abdomen.

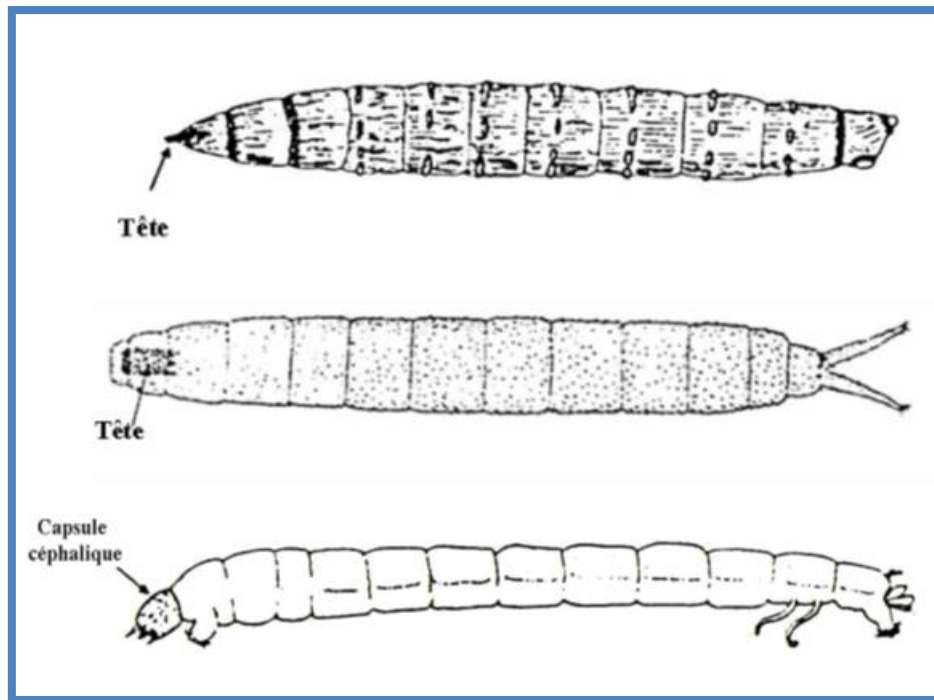


Figure 3. Larves de Diptères (Tachet et *al.*, 2010).

3) Les Hémiptères

Cet insecte est caractérisé par la transformation de l'appareil buccal en rostre. Le labium est un tube segmenté ou non segmenté. Quant à la partie interne où les maxilles et les mandibules deviennent styles. Ce changement concerne une alimentation en liquide. Ce groupe faunistique se divise en deux sous-ordres : les Homoptères et les Hétéroptères (Tachet et *al.*, 2000) (Figure 4).

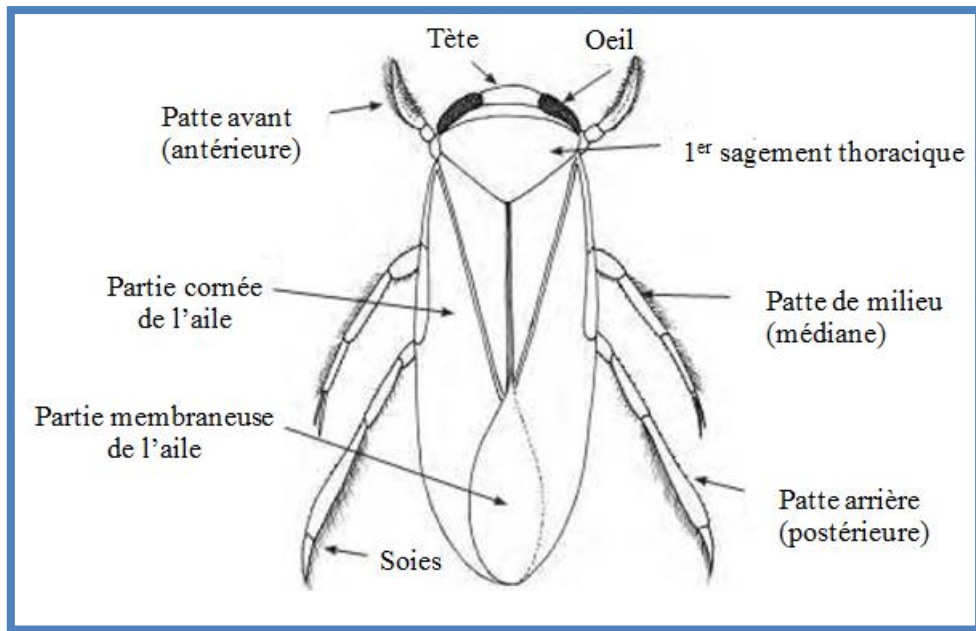


Figure 4. Vue dorsale d'un Hémiptère (Tachet et *al.*, 2010)

4) Les Éphéméroptères

Les composants de ce groupe d'éphéméroptères, faisant partie d'une catégorie d'insectes dont les larves se trouvent uniquement dans le milieu aquatique. Morphologiquement parlant, Ils se distinguent des Plécoptères par la présence de deux (ou parfois) ou trois queues cerquées et d'une unique griffe sur les pattes. Chaque individu possède des branchies abdominales sur les segments 4 à 7, et selon le sexe, sur les segments de 1 à 3. La Figure 5 illustre que l'emplacement de ces branchies est crucial pour leur reconnaissance. Globalement, ils sont vulnérables à la pollution et ont une durée de vie extrêmement courte en tant qu'adultes (Moisan, 2008).

Les observations de Wallace & Webst (1996), s'accordent à dire que dans les systèmes lotiques, ces communautés d'éphémères sont cruciales pour le transfert d'énergie et le cycle des matières.

Concernant leur présence, les éphémères se retrouvent dans différents habitats aquatiques (torrents, ruisseaux et rivières) et de nombreuses recherches ont démontré que ce groupe représente un sujet d'intérêt pour les recherches écologiques, en particulier pour l'appréciation de la qualité hydrobiologique des eaux. (Bebba, 2016).

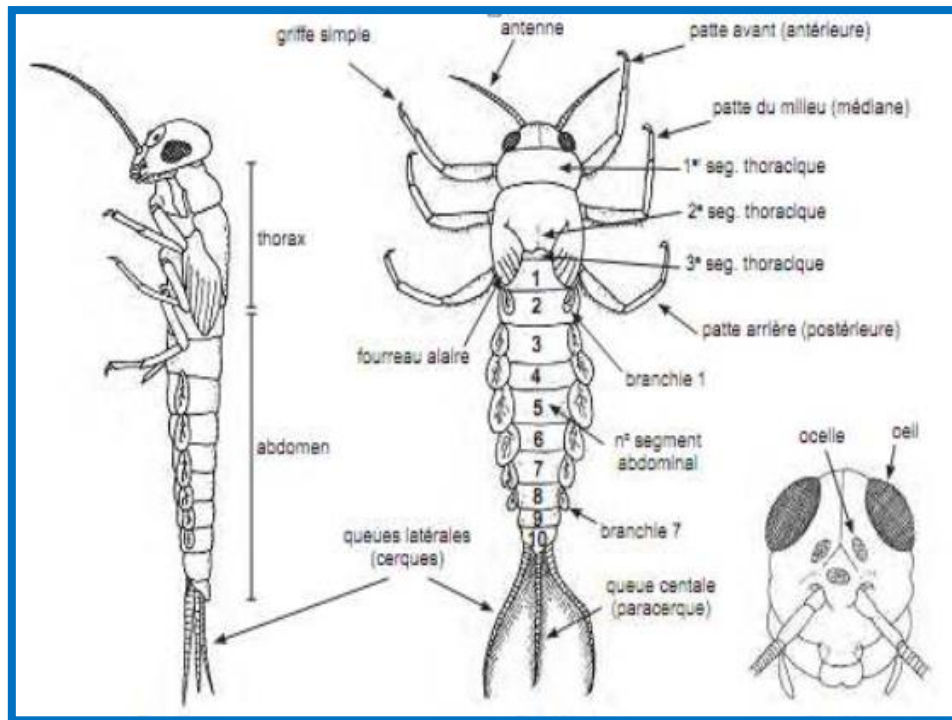


Figure 5. Vue dorsale et latérale d'un Éphéméroptère (Moisan *et al.*, 2008).

5) Les Trichoptères

Les Trichoptères sont étroitement associés au groupe des lépidoptères et constituent les taxons monophylétiques connus sous le nom d'Amphiesmenoptera (Kristensen, 1981). Les divergences des Trichoptères ont été observées du Jurassique inférieur jusqu'au Trias supérieur (Grimaldi & Engel, 2005).

Les membres de ce groupe subissent une métamorphose complète, leurs larves et nymphe vivant dans un milieu aquatique (Tachet *et al.*, 2000).

Lors du septième agencement, les Trichoptères constituent l'ordre le plus spéceux du monde des insectes ; avec 16 266 espèces existantes appartenant à 613 genres dans 46 familles. De plus, les phryganes sont le troisième ordre à avoir des espèces d'eau douce plus connues après les Coléoptères et les Diptères. Cette grande diversité d'espèces, est associée à une curieuse gamme de spécialisation des microhabitats.

Les Trichoptères ont de grandes caractéristiques fonctionnelles dans les cours d'eau. La collecte-cueillette, la collecte-filtration et les matières organiques grossières en petites particules aident les prédateurs invertébrés et vertébrés à rendre les nutriments disponibles en tant que nourriture. En d'autres termes, les larves de



Trichoptères (**Figure 6**) sont employées dans le suivi biologique des écosystèmes d'eau douce, tout comme de nombreuses espèces utilisées comme bio-indicateur de la qualité de l'eau (Morse, 2009; Morse et *al.*, 2019)

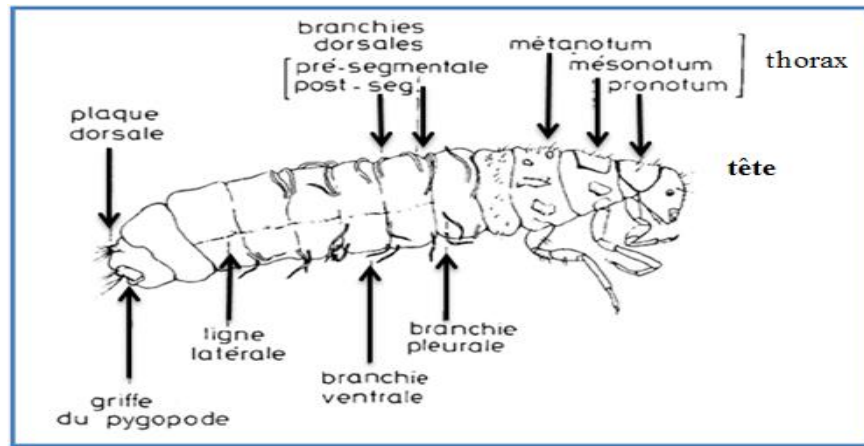


Figure 6. Une larve de Trichoptère (Faessel, 1985).

6) Les Plécoptères

Les espèces de ce groupe d'insectes constituent des éléments primitifs, comportant près de 700 espèces (Beaumont & Cassier, 1983). Il y a environ 60 millions d'années, ils ont fait leur apparition sur Terre. Les stades larvaires, qui mesurent entre 1 et 3 cm de long, sont similaires aux stades adultes ; la partie abdominale ne présente aucun appendice branchial, contrairement aux larves d'Éphémères, mais elle est toujours équipée de deux cirques (queues) à son extrémité, et les pattes sont équipées de trois segments et de deux griffes (Engelhardt et *al.*, 1998) (**Figure 7**).

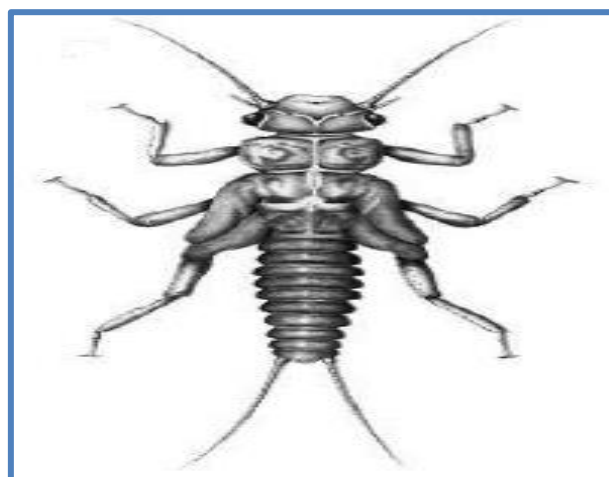




Figure 7. Larve d'un Plécoptère (Fochetti & Tierno de Figueroa, 2008).

7) Les Odonates

L'ordre des Odonates, sont connus comme un ordre d'insectes relativement limité. Environ 5500 espèces sont dénombrées à travers le monde. Les taxons connus de cet ordre se répartissent de façon presque égale sur les deux sous-ordres, les Anisoptères, également appelées « libellules » et Les Zygoptères, également appelées « demoiselles ». Le premier sous-groupe (Anisoptères) regroupe 18 familles, tandis que le second (Zygoptères) regroupe 11 familles environ.

On les désigne généralement comme des hémimétaboles aquatiques et sont prédateurs à chaque étape de leur cycle vital. De nombreux fossiles témoignent de la longévité de ce genre d'insectes. Effectivement, pour le moment, cet ordre ne se manifeste que par trois sous-ordres distincts : Zygoptères, Anisozygoptères et Anisoptères. Des représentants africains ne se trouvent que dans les Zygoptères et les Anisoptères (Bouhala, 2019).

Sur le plan systématique, Comme tous les autres groupes d'insectes, les Odonates ont une longue histoire. Il se subdivise en deux sous-ordres majeurs :

❖ Les Zygoptères

On appelle ces éléments de ce sous-ordre les petits individus et les grêles qui volent peu soutenus. Le plus souvent, lors du repos, les ailes sont jointes au-dessus de l'abdomen ou entrouvertes à l'oblique du côté postérieur (Satha, 2008) (Figure 8).

❖ Les Anisoptères

Le corps est nettement plus imposant. Ils possèdent un vol robuste et appuyé. En position de repos, les ailes se détachent du corps en position horizontale. À l'instar de tout insecte, le corps se subdivise en trois segments : la tête, le thorax et l'abdomen. L'identification des adultes se base principalement sur les critères morphologiques suivants : le type de nervation alaire (principalement lié au sexe), la coloration du ventre et la configuration des pièces copulatrices. Elles font partie de l'ordre des insectes, les larves se trouvant uniquement dans le milieu aquatique (Moisan, 2006). L'ordre des Odonates comprend 55 000 espèces et 30 familles, plus communément appelées Libellules ou demoiselles (Mc Gavin, 2000).

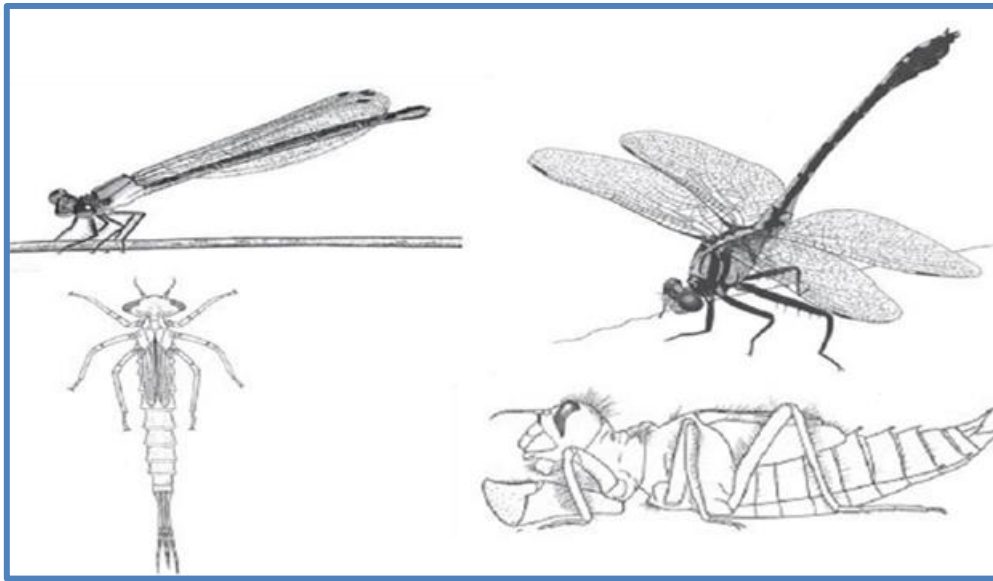


Figure 8. La morphologie des Zygoptères et Anisoptères (adulte et larve)
(Tennessen, 2009).

2.4.2. Non insectes

1) Les Crustacés

Selon Mathieu (1995), C'est dans les mers et les étangs que la plupart des crustacés se sont maintenus, avec environ 40 000 espèces. Seuls les crustacés ont deux paires d'antennes, trois paires ou plus de pièces buccales, dont les mandibules sont rigides. Leurs pattes sont nées du thorax et, à la différence des insectes, ils ne disposent pas d'appendices sur leur abdominaux. Les crustacés ont la capacité de restaurer un organe perdu.

2) Les Mollusques

Ce groupe zoologique comprend des invertébrés qui ont un corps mobile. Le massif, qui n'a pas de squelette interne et présente une unité majoritairement dotée d'une enveloppe externe solide (une coquille de calcaire) (Moisan, 2006). En revanche, Au cours du processus évolutif, certains autres mollusques ont perdu une partie de leur coquille (comme les calmars) ou l'ont entièrement perdue (comme les pieuvres). En effet, ce groupe zoologique comprend plus de 80 000 espèces identifiées (Maissait et al., 2005). Les catégories majeures de mollusques englobent: les Lycoplacophores (Chiton), les Bivalves (Huître, Moule), les Gastéropodes (Limace, Escargot), les Céphalopodes (Pieuvre, Seiche) ainsi que les Scaphopodes.



3) Les Gastéropodes

Il s'agit de mollusques habituellement conçus pour la reptation. Les Lamibranche, qui portent une coquille de disque musculaire ventral située en dehors du manteau, sont bien plus mobiles. Il entoure la masse viscérale, mais il est particulièrement petit et, en dehors du pied, on en découvre la tête, qui est bien développée chez les Gastéropodes (**Figure 9**), possède une ou plusieurs paires de tentacules. La radula, qui est une longue bande cartilagineuse ornée de petites dents chitineuses, constitue un élément distinctif des yeux et de la bouche. Les zoologistes utilisent fréquemment la forme et la configuration de ces dents en fonction des genres ([Moret, 1948](#)).

Sur le plan de la richesse particulière, plus de 40 000 espèces sont présentes dans les Gastéropodes. La majorité d'entre eux habitent en mer. Toutefois, de nombreuses espèces, comme les escargots et des limaces, se sont acclimatées à un mode de vie terrestre. On classe généralement les gastéropodes d'eau douce en deux sous-classes : les Prosobranches et les Pulmonés ([Tachet et al., 2000](#)).

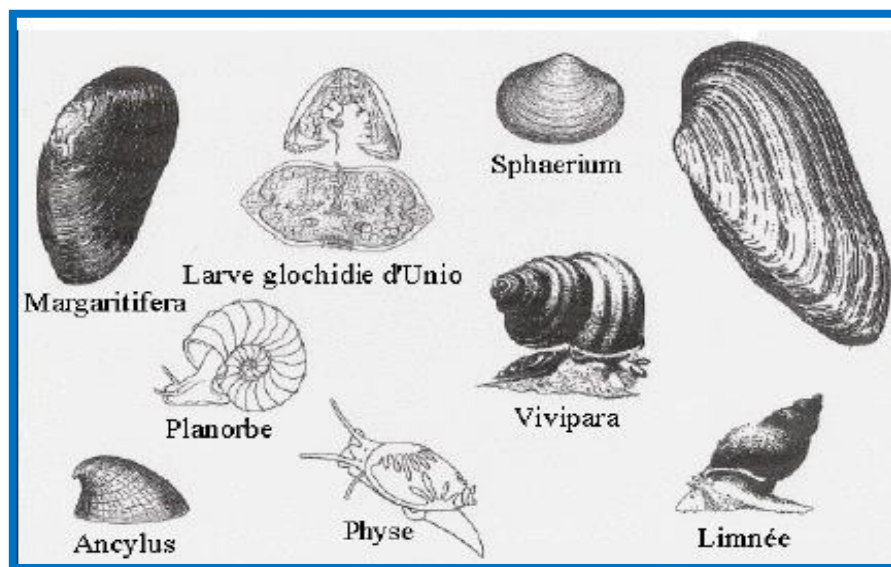


Figure 9. Les Mollusques d'eau douce.

4) Les Annélides

Les polymères Annélides ou Vers présentent un corps symétrique bilatéral, séparé en segments successifs (métamères) qui partagent presque les mêmes



composants (**Figure 10**). Bien qu'ils soient limités à des microhabitats humides, ils habitent la mer, les eaux saumâtres, en eau douce et sur la terre. Environ 15000 espèces appartiennent à cet embranchement, dont la dimension se situe entre moins de 1 mm et 3 mm (Mathieu, 1995 ; Jurd, 2000).

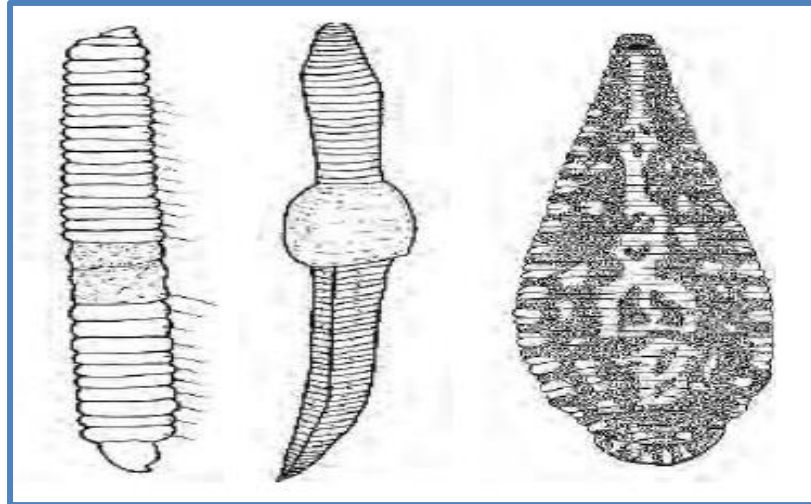


Figure 10. Annélides (Moisan et al., 2006)

5) Les Nématodes

On les qualifie d'animaux triploblastiques à symétrie bilatérale, recouverts d'une cuticule solide et souple, sans segmentation, l'épiderme enveloppe les muscles de la longévité. On recense approximativement 80 000 espèces de nématodes, bien que ce nombre soit sans doute sous-estimé. Les dimensions peuvent varier entre 100 μ et plus de 100 cm. Les nématodes sont généralement des vers de forme allongée, cylindrique, aux extrémités effilées et arrondies. Cependant, certaines espèces parasites présentent une apparence similaire à celle d'un sac (Jurd, 2000).

2.5. L'écologie des insectes aquatiques

2.5.1. Leur habitat

Comme tout autre habitat vivant, le biotope des insectes aquatiques renferme des éléments biologiques (par exemple : la flore), physiques (par exemple : le substrat et le mouvement) et chimiques (par exemple : pH, azote). La qualité de l'habitat est fortement associée à la diversité biologique des rivières. Dans un écosystème non perturbé, la répartition des macroinvertébrés est principalement influencée par les traits d'habitat (Hynes, 1970 ; Cummins, 1975 ; Hellawell, 1986).



Ces organismes habitent diverses zones aquatiques, comme les rivières, les marais en fond de boue, les lacs et les cours d'eau au fond de roche ou vaseux... Ils sont en quête de lieux pour se capturer, se nourrir, se dissimuler et parfois se reproduire (Djamai, 2020).

2.5.2. Respiration

Du fait de la variété des macroinvertébrés, les modes respiratoires présentent une grande diversité (Tachet *et al.*, 2010). De nombreuses personnes respirent l'air ambiant, renouvelant ainsi leur approvisionnement en air sur la surface de l'eau. D'autres espèces possèdent un système trachéen fermé qui les contraint à exploiter l'oxygène dissous dans l'eau. Aucun pigment respiratoire n'est présent dans l'hémolymphe, à l'exception de quelques Chironomidés qui ont une hémoglobine (Favrel, 1998).

2.5.2.1. A partir de l'atmosphère ou des plantes aquatiques

Ces deux paramètres fournissent une idée de la taille du cours d'eau dans une station donnée. Les insectes dépendants de l'oxygène ambiant se déplacent occasionnellement vers la surface ou demeurent plus ou moins durablement à l'interface entre l'air et l'eau. Ce mode respiratoire a provoqué diverses adaptations. La cuticule entière, ou au moins la zone autour des stigmates, présente des caractéristiques hydrophobes (Chapman, 1982). De nombreuses espèces d'insectes disposent de siphons respiratoires particuliers pour pénétrer le film superficiel, et plusieurs ont même créé des prolongations tubulaires qui leur permettent d'extraire l'air de la surface sans se diriger vers la surface (Ward, 1992). Certains présentent des stigmates ouverts, une pilosité hydrofuge fine et compacte qui préfère l'air à l'eau. Cela permet de maintenir une réserve d'air durable sans nécessité pour l'insecte de dépasser la surface (Eriksen *et al.*, 1984).

2.5.2.2. A partir de l'oxygène dissous dans l'eau

Un insecte, pour être entièrement aquatique, ne dispose que de l'oxygène dissous dans l'eau pour sa respiration. Il requiert donc une large zone respiratoire, constituée d'un épithélium respiratoire externe, et des changements dans le système trachéen. Par conséquent, l'oxygène se propage soit directement par la cuticule, soit via de fines membranes. Ces membranes peuvent être des trachéo-branchies



transportées par le thorax ou l'abdomen, ou bien des lamelles fortement vascularisées dotées de nombreuses prolongations trachéennes situées dans le rectum (Favrel, 1998) (Figure 11).

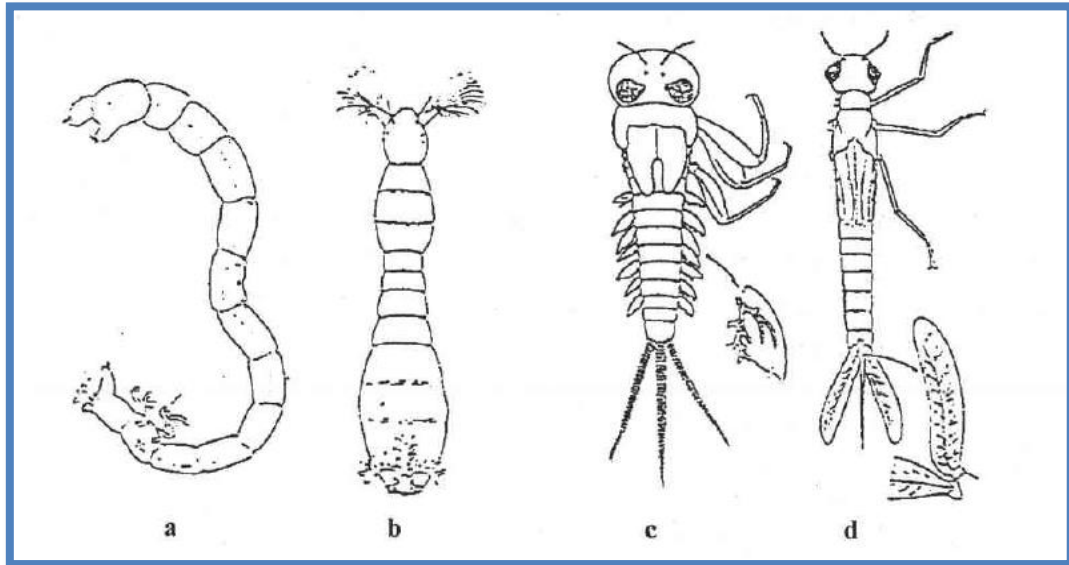


Figure 11. Appareil respiratoire des insectes aquatiques: branchies sanguines (a et b) et trachéo branchies(c et d). a : larve de Chironome (Diptères; Nématocères;) b : larve de Simulie (Diptères;Nématocères);c:larved'Ecdyonunts(Ephéméroptères):localisation Abdominale, d: larve de Zygoptère(Odonates:) localisation caudale (Favrel,1998).

2.5.3. Leur régime alimentaire

D'après Matthey (1971), Le régime alimentaire est peu souvent rigoureux. Des larves comme *Prionocera tursica* (Tipulidae), qui se cachent dans le fond, sont principalement détritivores. Cependant, si la densité de ses colonies est trop importante, elles peuvent se dévorer mutuellement.

Les macroinvertébrés se nourrissent d'organismes vivants à savoir : les végétaux (microphytes et macrophytes) et les animaux (les macroinvertébrés morts et les petits poissons et les petits tatars) (Tachet et al.,2010). Certains sont les principaux consommateurs de la tourbière (Tableau 1). On place les détritivores au même rang que les phytophages, ces deux modes de vie étant fréquemment liés.



Tableau 1. Liste des principaux consommateurs primaires de la tourbière (Matthey ,1971).

	Régime alimentaire en milieu aquatique	
	Phytophages	Détritivores
Larves d'Ephémères	X	X
Adultes d'Hydrophilidae	X	
Larves et adultes de Donaciinae	X	
Larves et adultes d'Haliplidae	X	
Larves d'Helodidae	X	X
Larves de Limnophilidae	X	X
Larves de Culicidae	X	X
Larves de Chironomidae	X	X
Larves de Tipulidae		X
Larves d'Ephydridae	X	X

L'alimentation des prédateurs aquatiques de taille moyenne, qu'ils soient adultes ou des genres *Agabus*, *Ilybius* ou *Hydrophilidae*, repose principalement sur les larves de *Chironomidae*. L'ensemble de la faune aquatique, *Gerris*, *Velia*, *Dolichopodidae*, *Lycosidae* et *Pisauridae*, mais aussi la faune aérienne, notamment les Odonates, consomment les adultes (Matthey ,1971).

2.5.4. Position des macroinvertébrés dans le réseau trophique

Dans l'écosystèmes aquatiques ou terrestres, les plantes sont les producteurs principaux ; tandis que les macroinvertébrés peuvent servir de consommateurs d'ordre I et II (**Figure 12**). Des poissons (consommateurs III) consomment ces animaux



aquatiques, tandis que les poissons carnivores les exploitent (Diomande, 2001 ; Gnohossou *et al.*, 2009). Dans cet édifice trophique, les macroinvertébrés ont une fonction cruciale dans la métamorphose de la matière organique vivante qui est le principal aliment des poissons (Tachet *et al.*, 2010).

Les macroinvertébrés qui servent de nourriture aux oiseaux d'eau agissent en tant que bioindicateurs des diverses modifications de l'environnement (Wangari, 1986) (Figure 13). Le réseau trophique comprend aussi les amphibiens, les reptiles et les mammifères. Ils peuvent également être une source importante de protéines pour l'homme, en particulier dans les régions tropiques (termite, sauterelles, chenilles, larves de Coléoptère xylophage...).

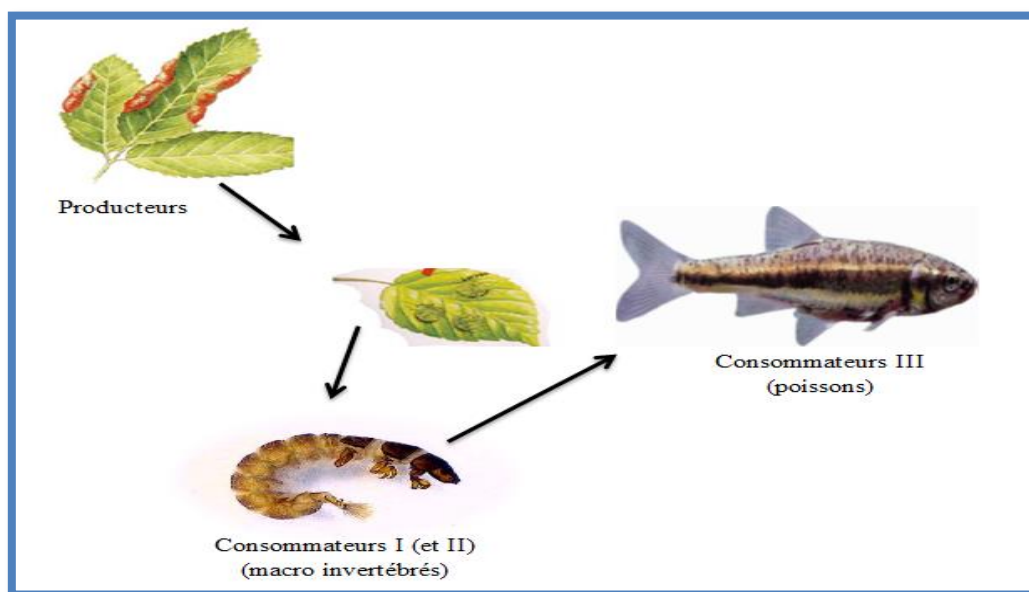


Figure 12. Position des macroinvertébrés benthiques dans le réseau trophique d'un écosystème d'eau courante.



(A)



(B)

Figure 13. Des oiseaux se nourrissent d'adulte d'Odonate : (A) un Merops ; (B) un *Falco tinnculus* ([site web 1](#))

2.5.5. Cycle de développement

En général, l'accouplement des femelles se produit dans les deux jours qui suivent leur apparition ([Elliot, 1989](#)). Une fois accouplées, elles produisent leurs œufs qui se regroupent sous l'abdomen en une masse d'ovaires. Selon Zwick en 1996, ces masses contiennent entre 114 et 2212 œufs. Ils sont petits (de 0,2 à 0,6 mm), d'un jaune-marron, solides, de forme ovoïde avec des granules et dotés d'une ventouse adhésive. Cette masse d'œufs éclate lorsqu'elle arrive dans l'eau et les œufs individuellement coulent avant de fixer un substrat. La durée d'incubation est en relation avec la température, qui devrait se situer entre 4 et 22 °C ([Lillehammer, 1987](#) ; [Zwick, 1996](#)).

Habituellement, cette phase s'étend sur une période de 70-80 jours à 12 °C, avant de se diminuer à 30 jours à 16 à 20 °C. On constate le pic d'éclosion entre 16 et 20 degrés Celsius ([Lillehammer, 1987](#) ; [Elliot, 1989](#)). Pour garantir le développement de l'œuf, il nécessite 600 jours d'échauffement à 4.5 °C. Toutefois, si une température trop basse entrave le développement des œufs, ils peuvent demeurer dans un état de quiescence et reprendre leur fonction dès que la température augmente. En laboratoire, Zwick (1996) a constaté que des œufs peuvent subir jusqu'à 6 interruptions de développement sans pour autant affecter la réussite de l'éclosion. Cette compétence a sans doute joué un rôle dans la propagation.



En moyenne, le développement des larves dure 3 ans. Cependant, Ulfstrand (1968) et Huru (1987) ont démontré que les conditions de vie peuvent prolonger la durée du cycle de vie.

2.5.7. Types de développement

D'après Tachet et *al.*, (2000), la majorité des insectes se forment sur terre au stade adulte et se développent en général en milieu aquatique au stade larvaire. Cependant, certains commandements sont totalement aquatiques. Un type de métamorphose graduelle (Hémimétaboles) est identifié, comprenant des Hémiptères, des Odonates, des Plécoptères et des Ephéméroptères. Les fourreaux alaires se forment progressivement après chaque mue. De plus, on distingue un type de métamorphose totale (Holométaboles) qui comprend les Diptères, Trichoptères, Mégaloptères, Coléoptères et Lépidoptères (Pyralidés).

Hétérométaboles : Les insectes dont les larves ressemblent à peu près aux adultes. En règle générale, elles vivent la même vie que l'imago et se distinguent uniquement par une dimension plus compacte et la présence de moignons alaires au lieu des ailes qui ne se forment entièrement qu'au stade imaginaire.

Hémimétaboles : Ce genre d'évolution est observé chez les espèces où la larve adopte un mode de vie différent de celui de l'adulte. Malgré l'absence de métamorphose réelle, la larve se distingue nettement de l'insecte idéal.

Holométabole : Ce type de développement est observé chez les insectes les plus évolués, les étapes larvaires se distinguent clairement de l'imago, tant sur le plan morphologique que biologique, comportemental ou physiologiques (**Figure 14**).

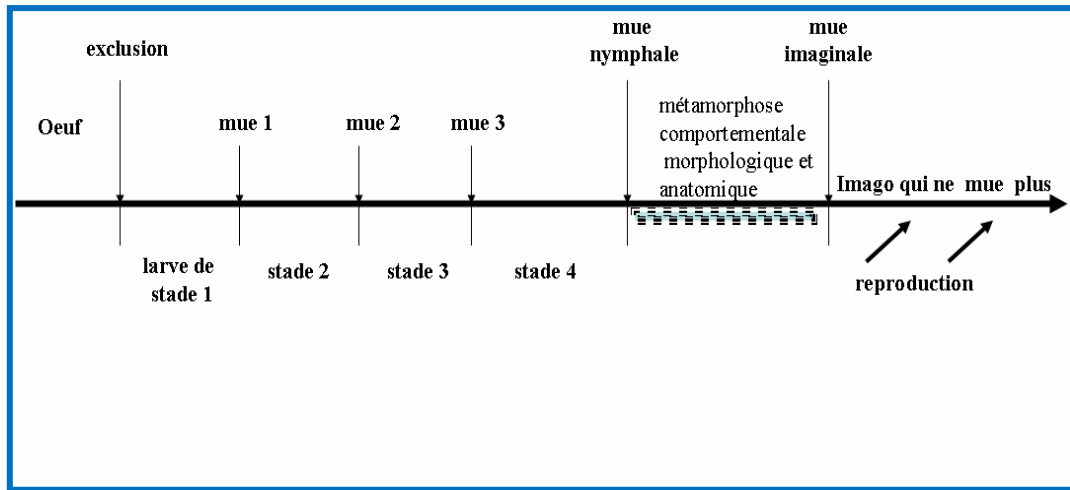


Figure 14. Diagramme résumant le développement des insectes holométaboles
(Maissiat *et al.*, 2005).

2.6. L'importance des macroinvertébrés

Les activités humaines bénéficient de la présence d'invertébrés dans trois sphères distinctes : culturelle, économique et écologique (Pyle *et al.*, 1981).

2.6.1. Le domaine culturel

Ces petits animaux constituent une mine inépuisable de connaissances pour l'esprit humain. Parce qu'ils sont magnifiques et diversifiés, ils participent à l'amélioration de notre environnement (papillons, libellules). Ils sont également des inspirations pour la peinture et ont été utilisés pour illustrer des pages de littérature célèbres dans nos diverses cultures et sociétés (Pavan, 1986).

2.6.2. Le domaine économique

On envisage d'abord les macroinvertébrés qui s'attaquent aux cultures ou aux aliments entreposés, ainsi que les maladies affectant le bétail et l'homme, les vecteurs ou les origines des maladies. Il convient de préciser que ces dommages n'affectent pas plus d'une centaine d'espèces et peuvent être compensés par d'autres (comme les coccinelles, les ichneumons ou les calosomes) ou par des produits phytosanitaires. Les parasites ou vecteurs de maladies sont plus nocifs pour l'environnement que ces



derniers. Cet aspect négatif est probablement assez faible si l'on considère les avantages que nous procurent les macroinvertébrés. Effectivement, Il est crucial de mettre en évidence l'importance économique du ver à soie (sériciculture) et des abeilles (apiculture) pour l'être humain. Actuellement, des recherches sont menées sur la pollinisation des légumineuses et des arbres fruitiers par des abeilles solitaires ou des diptères (*Osmia*, *Bombus* et *Syrphidés*) ([Gaspar, 1987](#)).

On se sert fréquemment de la structuration des communautés de macroinvertébrés pour juger les impacts de l'activité humaine sur les écosystèmes aquatiques et pour délivrer une multitude d'informations concernant la qualité de l'eau et l'environnement ([Woodcock & Huryn, 2007](#)). Ils peuvent être utilisés pour détecter différentes formes de pollution, telles que la contamination organique et métallique, ainsi que pour signaler une acidification de l'environnement. Ils sont principalement employés pour évaluer des données sur la façon dont ils se nourrissent, se reproduisent et exploitent leur environnement ([Camargo et al., 2004](#)).

2.6.3. Le domaine écologique

Il est superflu de souligner l'importance des lombrics dans le processus d'humification, une affirmation que Darwin avait déjà soutenue en 1881. Il est aussi important de noter le rôle joué par les insectes coprophages et saprophages qui, bien que nous ne le remarquions pas, contribuent à assainir notre environnement. La participation des invertébrés à la création du sol et leur impact sur la végétation assurent un bénéfice considérable pour toutes les opérations agricoles et forestières.

La deuxième fonction écologique importante des macroinvertébrés est leur implication dans la gestion biologique des nuisibles et leur rôle dans le processus appelé de lutte intégrée.

La troisième fonction est celle des insectes dans le processus de pollinisation. Il est important de garder à l'esprit qu'ils jouent un rôle non seulement dans le processus de pollinisation des plantes essentielles pour notre régime alimentaire, mais aussi dans le but d'améliorer notre milieu ([Djamai, 2020](#)).

La qualité des eaux (niveau de pollution) est également donnée par les macroinvertébrés aquatiques, Alors que les macroinvertébrés terrestres servent d'indicateurs biologiques pour évaluer la qualité de l'air et du sol. Ainsi, les



macroinvertébrés fournissent à l'humanité des ressources précieuses et sans équivalence concernant la nutrition, l'effort et l'accomplissement. Cependant, à l'échelle internationale, on constate non seulement l'extinction de diverses espèces d'invertébrés (Bernardi, 1986 ; Collins *et al.*, 1985, 1987), mais également une banalisation significative de la faune (Gaspar *et al.*, 1987).

2.6.4. Le domaine médical

Certains macroinvertébrés d'eau douce sont utilisés en médecine depuis des siècles tels que : la famille des Sangsues.

Depuis l'Antiquité, l'homme utilise les Sangsues médicinales à des fins médicales. En cas d'arthrose, d'arthrite, de varices, d'acouphènes et de caillots. Dans un premier temps, on pique la zone de la douleur pour pouvoir mordre rapidement. Après que la Sangsue se fixe sur la zone de la douleur, elle insère ses 80 dents dans la peau (**Figure 15**).

Selon Aurélie (2024), avant que la Sangsue ne commence à sucer le sang, elle met de la salive qui contient un produit chimique appelé « hirudine », cette substance a un effet inflammatoire, elle réduit les tumeurs et stimule les sécrétions lymphatiques.



Figure 15. Fixation des Sangsues sur la peau en vue de traiter l'arthrite ([site web 2](#)).



2.7. Les principales menaces affectant les macroinvertébrés

Les changements chimiques ou physiques survenant dans une rivière peuvent provoquer des fluctuations du nombre d'organismes et de la richesse spécifique. Une hausse de la pollution pourrait provoquer une réduction des espèces vulnérables, restreignant ainsi la diversité aux espèces capables de supporter des conditions extrêmes.

Ainsi, la pollution peut réduire la variété des espèces de cette faune aquatique au sein d'une communauté. En supprimant quelques espèces, la compétition pour la nourriture devient de plus en plus rare. En outre, des espèces de macroinvertébrés prédateurs peuvent également être éliminées par la pollution.

2.7.1. Les perturbations physiques

➤ Les matières en suspension

Ils contribuent à réduire la pénétration lumineuse, ce qui entrave la photosynthèse des plantes aquatiques. Ceci pourrait entraîner une baisse de l'oxygène et, par conséquent, une réduction de la diversité des macroinvertébrés ([Hébert & Légaré, 2000](#)).

➤ L'accumulation des sédiments sur le fond.

Elle provoque la dégradation de l'habitat en moulant le lit des rivières et en comblant les fissures et les entrelacs entre les roches. Ainsi, il y a moins de lieux disponibles pour que les organismes puissent se fixer ([Djamai, 2020](#)).

➤ Éliminer les débris des végétaux du bord de milieu aquatique

Cela a un impact sur les macroinvertébrés qui s'en nourrissent et provoque une augmentation de la lumière dans les strates plus profondes, réduisant ainsi le besoin d'un habitat ombré pour ces derniers. Par ailleurs, une augmentation de la lumière stimule le rendement des algues, favorisant par conséquent certaines espèces de macroinvertébrés au détriment d'autres.

➤ La construction des barrages

La construction des barrages entraîne des modifications profondes des écosystèmes aquatiques des oueds, en perturbant le régime hydrologique naturel, en fragmentant les habitats et en entravant la mobilité des organismes aquatiques.

Par conséquent, la construction des barrages doit impérativement s'appuyer sur des études environnementales et hydrologiques approfondies, ainsi que sur



l'application de critères écologiques adaptés afin de limiter leurs impacts négatifs et de préserver l'équilibre des écosystèmes aquatiques (Collen *et al.*, 2014).

2.7.2. Les perturbations chimiques

- **L'accroissement des nutriments (eaux provenant du ruissellement pluviométrique, etc...)**

Elle stimule la production d'algues et favorise le broutage de ces dernières par plusieurs macroinvertébrés, contribuant ainsi au déséquilibre des communautés (Ramulifho, 2020).

- **Les rejets industrielles (comme les métaux lourds, les pesticides, etc...)**

Étant donné que les macroinvertébrés benthiques interagissent directement avec les sédiments, ils subissent une contamination plus significative de ces derniers. Selon leur métabolisme, certains vont absorber considérablement des sédiments contaminés, ce qui les exposera à une quantité de polluant supérieure à celle de tout autre organisme situé uniquement dans la colonne d'eau au-dessus d'eux (Woodcock & Huryn, 2007). En cas de pollution organique, les particules pénètrent dans le fourreau et entravent un bon débit d'eau, diminuant ainsi les interactions d'oxygène entre l'eau et l'hémolymphe du trichoptère (**Figure 16**).

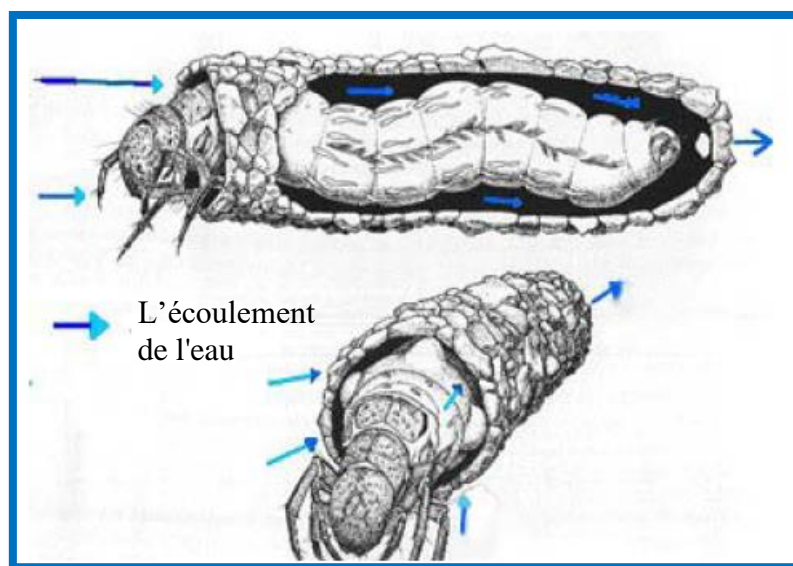


Figure 16. Circulation de l'eau dans le fourreau d'un Trichoptère (Touzin, 2008).

2.8. Les macroinvertébrés d'eau douce comme bioindicateurs

On considère les macroinvertébrés benthiques comme d'excellents indicateurs biologiques en raison de leur sédentarité, d'un cycle de vie diversifié, d'une grande



diversité et d'une résistance variable face à la pollution et à la détérioration du milieu (Foto et *al.*, 2011). Ainsi, ils illustrent les conditions environnementales d'un environnement spécifique. Selon la nature et l'intensité du stress, les réponses de leurs communautés peuvent différer. Les macroinvertébrés benthiques, grâce à leurs traits spécifiques, sont la base de nombreux instruments diagnostiques pour l'évaluation des écosystèmes aquatiques (Archaimbault & Dumont, 2010).



Chapitre 3 :

Description de la zone d'étude



3.1. Description du massif des Aurès

Le massif des Aurès est une zone montagneuse se localisée dans la partie Est de l'Algérie (**Figure 17**). Cette région était connue sous le nom "d'Aurasiusmons" depuis l'antiquité, désignation géographique qui signifiant «la montagne fauve » ([Chaker, 1990](#)).

Dans l'ensemble, les montagnes des Aurès constituent la partie Est de l'Atlas pré-Saharien avec un point culminant à 2328 m d'altitude (Chélia). C'est un massif montagneux qui offre de passages du Nord au Sud, mais partiellement du Nord- Est au Sud-Ouest au fond duquel s'écoule Oued- Labiod ([Chaker, 1990](#)). Notre zone d'étude située au niveau des Aurès Oriental, partie de l'Atlas Saharien qui se trouve géographiquement au Nord-Est de l'Algérie ([Garah et al., 2016](#)).

3.2. Caractéristiques physiques de la zone d'étude

3.2.1. Situation et cadre géographique

Le massif des Aurès se situe dans le nord-est de l'Algérie, tandis que la région de Batna s'étend sur une superficie globale de 1 201 947 hectares au même nord-est algérien. Elle combine partiellement deux cartes géologiques distinctes basées sur leur histoire : la section nord des monts de Belezma-Batna et la section sud du massif des Aurès.

Les limites de ce territoire s'étendent au nord vers les wilayas de Sétif et d'Oum-EL-Bouaghi, à l'ouest vers Msila, à l'est vers Khenchela et au sud vers Biskra ([Dekhinet et al., 2007](#)).

La wilaya de Khenchela est localisée au nord-est de l'Algérie et s'étend sur une superficie de 981100 hectares. La forêt de Kimel ainsi que la forêt domaniale des Aurès se situent à l'ouest par rapport à cette dernière ([Laamari, 2004](#)).

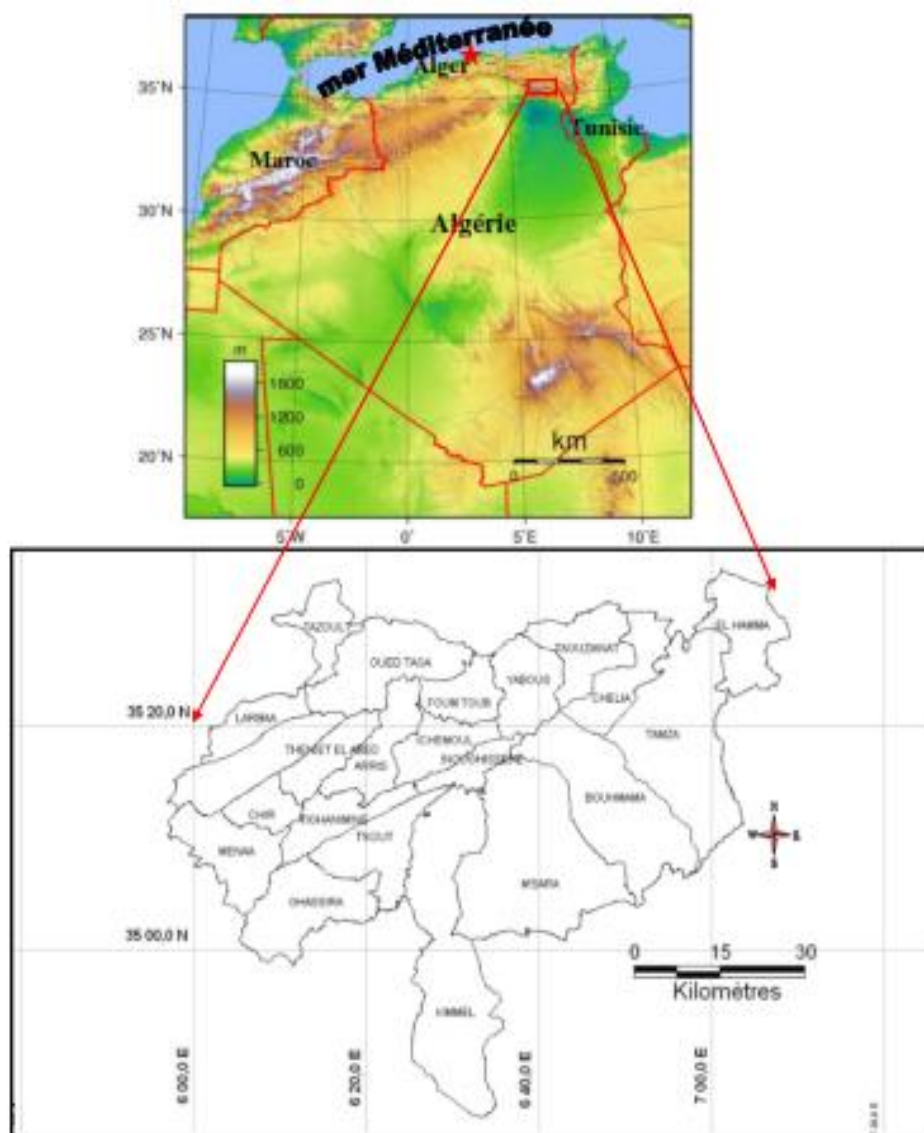


Figure 17. Carte de localisation géographique du massif des Aurès dans l'Est Algérien (Beghami, 2013)

3.2.2. Relief

Les reliefs des environs de Batna et Khenchela présentent d'importantes similitudes. Ils se composent de trois vastes zones relativement uniformes. La première est une région steppique extrêmement aride, ouverte sur le Sahara et habituellement plate. La deuxième est une montagne constituée du massif des Aurès, tandis que la troisième est constituée d'une succession de plaines plutôt propices aux cultures importantes (Laamari, 2004).



3.2.3. Contexte édaphique

Les Aurès se sont formées lithologiquement de nature calcaire datant du Crétacé et de l'Eocène, Par conséquent, le sol est argileux avec des blocs rocheux composés de calcaire. Il est possible que ce soit un calcaire homogène ou coquillier, ou un boudin en blocs qui, suite à sa désagrégation, se transforme en un sol argileux riche en graviers (Gouat, 1983). De même, le grès et la dolomitique sont des formations générales dans la région. Pour cela, les principales catégories de sols que l'on peut trouver dans les Aurès sont :

- **Sol brun calcaire :**

Existent dans la forêt de Cèdres de Djbal Faraoun " Khenchela" et à Belezma où limite inférieure d'altitude, de 1500 à 2000 m.

- **Rendosol :**

Ce type de sol se présente généralement sur un substrat calcaire craquelé ou sur dolomies et calcaires dolomitiques plus ou moins altérés. Suite à la dégradation très importante de l'environnement, ce sol est devenu très rare. D'après Abdessemed (1981), on le trouve à Belezma et sous les forêts de cèdres les plus méridionales.

- **Orthents**

Il s'agit d'un sol appauvri, principalement recouvert de dalles de grès et de galets roulés. Nécessitant une grande quantité d'engrais, ce sol de composition marneuse ou argilo-calcaire est fréquent dans les régions de Mchounech, Ghassira ou El Kantra.

3.2.4. Couverture végétale

Les forêts des Aurès sont relativement importantes et les principales espèces sylvatiques rencontrées sont : *Cedrus atlantica* (Begnoune), *Juniperus communis* (en langue locale Taga), *Fraxinus* (Touzzelte), *Juniperus phoenicea* (Araar), *Quercus ilex* (Kerrouch), *Juniperus oxycedrus*, *Quercus suber*, *Pinus halepensis* (Snoubre), *Taxus baccata* (Tiffouzel). À 1400 mètres d'altitude, une forêt de cèdres commence, mais n'est visible à aucune altitude sur le flanc sud exposé au souffle du désert. Après les cèdres, les pins constituent l'accessoire naturel des Aurès.

Le massif des Aurès est classé parmi les 21 Zip (Zone Importante pour les Plantes d'Algérie) (Benhouhou et al., 2010 et Yahi et al., 2012). Les forêts de cèdres, de



chênes verts et de pins d'Alep constituent une barrière géographique et de véritables remparts biologiques contre le grand désert du Sud de la région de Biskra, grâce à la diversité végétale des montagnes des Aurès.

3.3. Contexte géologique

Le massif des Aurès est généralement constitué de couches sédimentaires plissées et disloquées. La partie importante de la formation du bâtisseur des Aurès au Crétacé (**Figure 18**), ayant subi des plis dont l'axe orienté du Nord et du Sud-Ouest. À l'échelle géologique, une série de modifications constitue la formation des Aurès (Bureau, 1971 ; Ballais & Vogt, 1979) :

- Les bosses de la croûte primitive correspondent aux sols stratifiés les plus anciens. Ils sont à Batna (Trias, Jurassique), qui affleurent dans le Chellalah et à l'Est à El Outaya.
- La majorité des autres territoires ont une formation plus récente, et la période prédominante est le Crétacé, qui comprend principalement les parties des Aurès suivantes: Tarbent, Kasrou, Tafrent, Metlili, Chelia et Fedjouj.
- Durant le Tertiaire, notamment le Miocène inférieur et l'Éocène inférieur, les crêtes et contreforts de ces massifs prennent forme et s'étendent en vastes étendues : le premier est situé à l'est et à l'ouest de Batna, tandis que le second se trouve au sud-est de Batna (sud et nord des coteaux des Aurès).
- Strates Quaternaires, alluviales ou calcaires et gypseuses, dunes du Sahara (Sahara, sud de la vallée des Aurès d'El Kantara). Tout ceci a conduit à la formation d'une vallée parallèle dans cette direction, créée par l'érosion et remplie de dépôts plus récents (Eocène, Oligocène), ce qui a donné à cette région l'aspect topographique qu'elle présente. Les caractéristiques dominantes de la tectonique sont repérées Sud-West-Nord-Est et le relief est suffisamment développé pour que ses lignes principales, ses vallées et, par conséquent, ses crêtes soient positionnées dans la même direction.

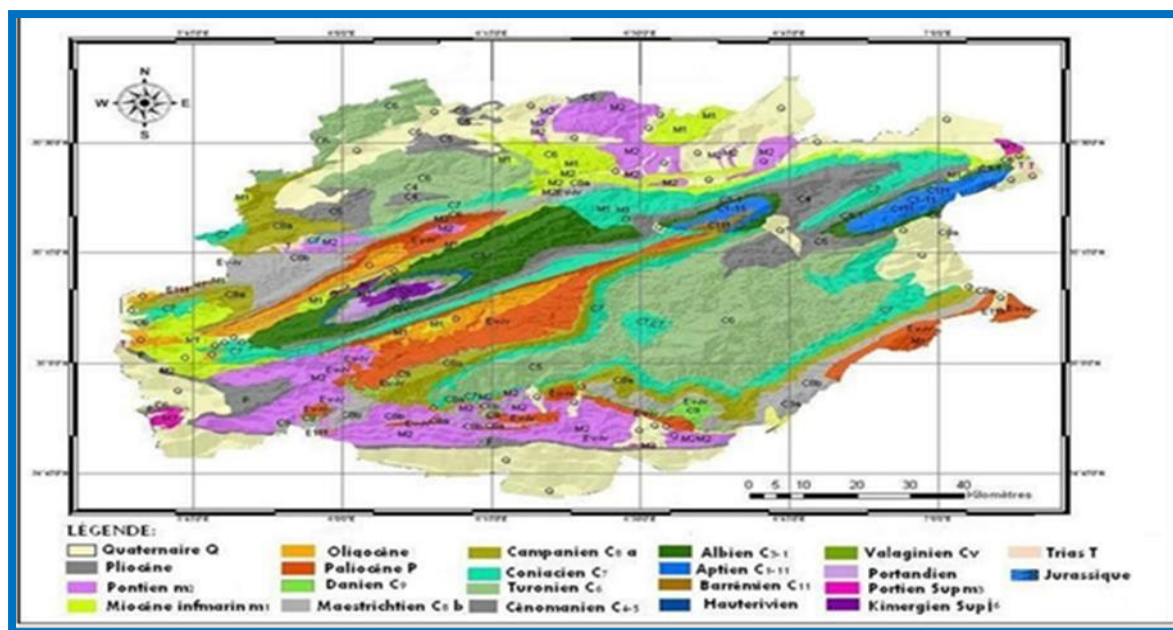


Figure 18. Carte géologique des Aurès (Benmessaoud, 2010)

La région des Aurès est caractérisée par trois types de faciès différents :

1. Le massif est dominé par les plateaux Nord, comprenant toute la façade Nord et les parties Nord des façades Ouest. Toute la base est écrasée par des bandes d'alluvions, séparées des massifs voisins (Belezma, Bou Arif). Avec des degrés d'altitude de (800 -1000 m), entre Khenchela, Tamagra, et Douffana jusqu'à mi-chemin entre Lambiridi.
2. Au Sud-Ouest et au Sud, l'arc sub-Aurasien semi-désertique se divise en trois dépressions majeures (la Plaine du Hodna, la Plaine des Outayas et les Zibans Orientaux, de Biskra jusqu'à Khanga-Sidi-Nadji), comprenant deux zones moins évidentes. Effectivement, tantôt sous le Hodna et les Outayas à l'ouest, tantôt (entre ces deux plaines et au sud des Outayas), les plis des Aurès se prolongent par de vastes crêtes fines et séparées par les montagnes du Zab.
3. Dans la partie Sud de la bordure Orientale, entre Bled Kalaa-et-Trab et Khanga-Sidi-Nadji : le Mont Cherchar, où le lien entre les altitudes et la ressemblance des formes font la distinction entre ce qu'est l'Aurès et ce qui est artificiel qui n'est pas l'Aurès. Si l'on regarde de plus près la composition du noyau des Aurès, on trouve une différenciation des régions sur le plan géographique ; en combinant les nuances du climat et du relief (Djebaili, 1978 ; Ballais, 1982 ; Meharzi, 2010), on peut arriver à distinguer :



Le Nord est subdivisé à son tour en :

- à l'Ouest, le massif isolé de Metlili ;

- le Nord-Ouest qui est subdivisé en :

- une partie Nord (forêt d'Ich Ali, plateau de Stah, vallées de l'Oued Fedhala et ses affluents).
- la région de Maafa, très originale, avec ses roches claires, pleines de sels de manganèse, transitions vers la Sud.

3. Le Nord comprend :

- Le flanc nord à l'Ouest : au pied du grand clinal perché et du dôme anticlinal dénudé de la Temagoult; la grande vallée de l'Oued Taga, séparée de la plaine de la Marcouna par une glaise ouverte.
- Le flanc Nord à l'Est : série de crêtes et de plaines, orientées Ouest-Est.
- Les Hauts Chelia : ensemble de sommets bien caractérisés (Mahmel, Ichmoul, Chelia) séparés par des plaines ou des vallées.

4. Le Nord-Est est composé de deux régions bien distinctes :

- la plaine du Mellagou est un peu difficile d'accès par le Nord ; soit du côté du Chelia il mène au Sud-Est.
- les arêtes Nord-Est, presque entièrement isolées par cette plaine, sauf au Nord, et formées par de grands alignements Nord Est-Sud-Ouest, coupés par des vallées Nord-Sud.

5. Le centre est subdivisé en plusieurs compartiments:

- le berceau du synclinal de Bouzma, est des transitions vers le Sud, est presque entièrement fermé sauf que les gorges, qui débouchent vers Maafa au Nord-Ouest.
- la vallée monoclinale de l'Oued Abdi en amont de Menaa fait une transition admirable de la Hauteurs (Guerza) au Sud (Chir et Menaa) par la région de Teniet-el-Abed.
- le Massif Azreg (crêtes entre Oued Abedi et Oued Abiod).



6. La partie Nord du Sud-Est :

Région à caractère septentrional paradoxalement séparée des autres par le berceau de la Rassira, s'élargit considérablement dans le Cherchar où se situait le Chelia.

Au Sud :

- la région au relief confus et à l'aspect désertique de Dekhlat et Guergit, dans la partie Sud des massifs du Sud-Est.
- le Sud-Ouest, largement ouvert sur les dépressions des monts Zab et les Outayas comprend le berceau synclinal d'El Kantara.

À l'Ouest :

Le parc national de Belezma, situé au Nord-Ouest de la province de Batna, est délimité par la plaine de Merouana et d'Ain Djasser au nord, la plaine d'El-Madher à l'est et l'Oued Barika à l'ouest (Chohra & Ferchichi, 2019).

3.4. Le Réseau hydrographique des Aurès

Sur 7 000 Km² d'espace et de structure montagneuse, le massif des Aurès se caractérise par un réseau hydrographique très dense (**Figure 19**). Contrairement aux plaines, où les bassins versants sont clairement délimités, l'Aurès comprend six bassins-versants, tous à écoulement endoréique. Pourtant, leurs actions hydrologiques se différencient par leur première étendue et par la topographie. Il s'agit de cours d'eau à débit permanent et à débit temporaire, mais quatre directions principales, quatre au Sud et trois au Nord (Meharzi, 1994).

- Du côté saharien : ce massif est traversé par quatre vallées. Il s'agit de ceux de l'Oued El Kantara, Oued Abdi, Oued El Abiod et Oued El Arab.
- Au nord, on retrouve l'Oued Taga, l'Oued Boulefreis et l'Oued Issaoul.
- L'Oued El-Maadher, l'Oued Chemorra et l'Oued Foun El Gueiss sont les cours d'eau majeurs de l'ouest.

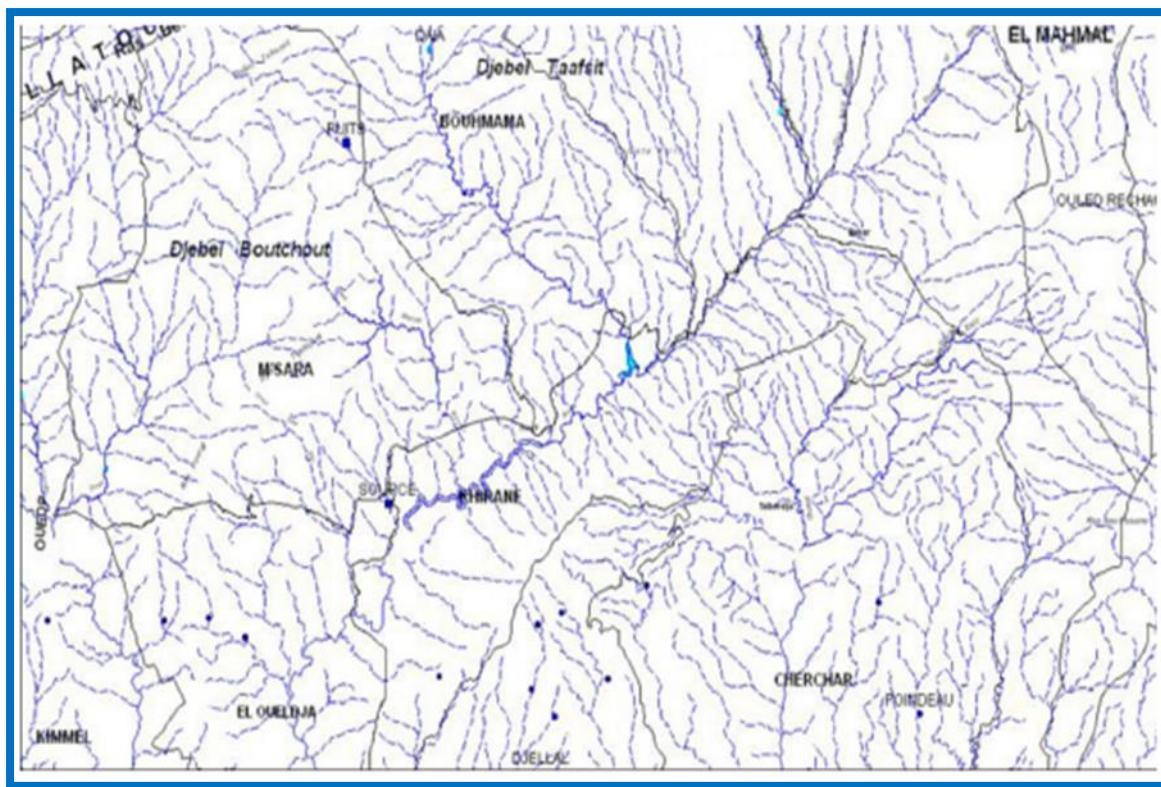


Figure 19. Réseau hydrographique dans l'Aurès oriental (Benmessaoud, 2010)

3.5. Climatologie des Aurès

La sensibilité du milieu physique en Afrique du Nord et donc en Algérie est renforcée par les fluctuations pluviométriques et thermiques, où les amplitudes ont toujours été très importantes (sur le plan spatio-temporel) (Quezel & Barbero, 1990). Dans cette entité géographique des Aurès, on observe des différences évidentes entre le piémont Nord et le Sud, ainsi qu'entre l'Est et l'Ouest, tant en termes de précipitations que de chaleur. En comparaison avec son environnement immédiat et sa situation méridionale, le massif des Aurès présente une variété de climats ; le contrôleur central de la distribution des pluies dans cette région respecte deux paramètres (Seltzer, 1946 ; Meharzi, 1994) :

- Distribution hypsométrique : les plus arrosées sont les plus hautes ;
- Disponible dans le relief NE-SO, donc perpendiculaire au flux NW.

En accord avec cela, la région peut être divisée en trois secteurs pluviaux distincts (Meharzi, 1994) :



❖ **Secteur humide** : correspond aux montagnes qui s'élèvent à près de 1800m d'altitude avec une exposition au flux du Nord-Ouest, Ichemoul, Condorssi, Bouhmar.

❖ **Secteur des précipitations moyennes** : il s'étend plus profondément vers l'Ouest et culmine à des altitudes inférieures à 1300 m d'altitude, Timgad, Bouailef.

❖ **Secteur sec** : intéressant le corridor orienté NE-SW situé au Sud du massif des Aurès. La zone orientale concerne les retombées d'auras où les précipitations décroissent rapidement jusqu'à 200 mm voire 150 mm / an Ghoufi et Arris.

3.6. Etude climatique de la zone d'étude

Selon Mutin (1977), Duvigneaud (1980) et Dajoz (2000), Le diagramme ombrothermique de Bagnols et Gaussen sert à établir les conditions bioclimatiques d'une région en fonction de la durée de la saison sèche. Selon Bagnouls & Gaussen (1953), un mois est considéré comme sec si les précipitations, mesurées en millimètres, sont égales ou inférieures à deux fois la température moyenne en degrés Celsius. Cette recherche se concentre sur les sites de Khenchela, dont le climat est semblable à celui de Batna, avec des niveaux de précipitations et des températures annuelles comparables.

3.6.1. Les températures des deux régions (Khenchela et Batna)

La température a un impact crucial sur la vie des animaux. Ramade (1994) met l'accent sur le fait que ce facteur mésologique est un facteur limitant majeur. En effet, il supervise tous les processus métaboliques et détermine par conséquent la distribution de toutes les espèces et communautés d'organismes vivants dans la biosphère. (Ozenda, 1982).



Tableau 2. Evolution des températures moyennes mensuelles de la région de Batna durant la période 2000-2016. (Station météorologique de Batna).

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Moy. Annuels.
T moy. max. (°C)	12.4	13.73	17.53	21.29	26.2	32.23	36.53	35.69	29.44	24.93	17.55	13.22	23.4
T moy. min. (°C)	0.23	0.62	2.86	6	9.92	14.2	17.35	17.22	13.97	10.42	4.43	0.93	8.2
T moy. (°C)	6.315	7.175	10.195	13.645	18.06	23.215	26.94	26.455	21.705	17.675	10.99	7.075	15.8

Tableau 3. Evolution des températures moyennes mensuelles de la région de Khenchela durant la période 2000-2017. (Station météorologique d'El-hamma).

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Moy. Annuels.
T moy. mx. (°C)	13.28	12.96	15.46	20.66	26.04	30.56	34.64	33.98	28.42	23.38	17.06	11.02	22.3
T moy. min. (°C)	2.1	2.8	4.64	7.84	11.76	15.86	18.74	18.78	15.06	11.82	6.94	4.38	10.06
T. moy. (°C)	7.69	7.88	10.05	14.25	18.9	23.21	26.69	26.38	22.01	17.6	12	7.7	16.2

Les températures annuelles moyennes de l'air fluctuent d'une année à l'autre. Dans la zone d'étude, les températures moyennes annuelles oscillent entre 15,8 °C (Batna, alt. XX m) et 16,2 °C (Khenchela, alt. XX m). La zone de Batna enregistre une amplitude thermique annuelle de 20,62°C, tandis que la région de Khenchela atteint 19°C.



Les températures maximales sont observées en juillet et en août, atteignant respectivement 36,53°C et 35,69°C dans la zone de Batna, tandis que 34,64°C et 33,98°C se situent dans la zone de Khenchela.

Dans la région de, les températures les plus basses se produisent en janvier, février et décembre, atteignant respectivement 6,315 °C, 7,175 °C et 7,075 °C. (Tableaux 2 et 3).

3.6.2. Les précipitations des deux régions (Khenchela et Batna)

L'étroite correspondance entre la pluviométrie globale et la distribution des principales biocénoses suffit à illustrer le rôle crucial du facteur d'eau dans la localisation des organismes vivants.

D'après les constatations de Meharzi (1994), l'origine des précipitations en Algérie est principalement liée aux orages. Effectivement, les précipitations changent selon l'altitude, la direction des chaînes de montagne et l'exposition. Par conséquent, les régions du Nord et du Nord-Ouest subissent une augmentation des précipitations. Par conséquent, les volumes de précipitations sont en hausse graduelle en fonction d'un gradient pluviométrique altitudinal.

Tableau 4. Evolution des précipitations moyennes mensuelles de la région de Batna pendant la période 2000 - 2016. (Station météorologique de Batna).

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Précipitations	11,15	24,95	20,95	41,49	51,09	40,22	46,65	20,58	32,78	22,72	13,98	12,3

Tableau 5. Evolution des précipitations moyennes mensuelles de la région de Khenchela durant la période 2000-2017. (Station météorologique d'El-hamma).

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Précipitations	32,4	31	34	45,9	47,3	40	37	32	35,3	29,3	11,5	26,1



L'analyse des graphiques de précipitations mensuelles moyennes sélectionnées (**Figures 20 et 21**) indique que celles-ci affichent globalement un profil pluviométrique similaire, caractérisé par une notable déficit des précipitations du mois de septembre pour la région de Batna. Nous pouvons constater globalement, l'apparition de deux périodes distinctes pour les deux stations météorologiques légèrement différentes l'une par rapport à l'autre :

Pour la région de Batna :

- La saison des pluies s'étale de décembre à mars.
- La saison sèche se prolonge d'avril à novembre.

En ce qui concerne la région de Khenchela :

- Une phase de pluie qui dure de novembre à mai.
- Une période sans pluie s'étalant de juin à octobre.

Dans la région de Batna, les mois de décembre à mars sont les plus arrosés, constituant 53 % du cumul annuel, avec des sommets notables en décembre et janvier ainsi qu'au printemps (mars) (**Figure 20**). Chaque mois de la saison humide, on observe une moyenne de plus de 40 mm (**Tableau 4**).

En ce qui concerne la station de Khenchela (**Figure 21 et Tableau 5**), les précipitations les plus élevées ont été enregistrées également entre décembre et mars avec une intensité pluviométrique faible comparativement à la station précédente (Batna) (42 % du total annuel) Avec un pic en décembre et janvier : les moyennes mensuelles de précipitations dépassent 40 mm (**Tableau 5**).

Par ailleurs, pour la zone de Batna, la saison aride dure huit mois et se situe principalement entre **avril et novembre**. Juillet, août et septembre sont les mois les plus secs, marqués par un manque significatif de pluie. Pour la seconde région (Khenchela), la saison sèche est un peu rétrécie par rapport à la précédente. En effet, elle s'étale uniquement sur cinq mois de **juin à octobre** avec juillet et août comme les mois les plus secs qui se caractérisent eux aussi par une insuffisance pluviométrique. Il convient de souligner pour les deux stations que les précipitations des mois d'août et septembre sont orageuses, marquant ainsi la fin de la saison estivale.



Entre les deux saisons mentionnées, il existe des phases de transition marquées par une importante variabilité du régime mensuel. Pour la région de Batna, on parle des mois de mars, juin et novembre, tandis que pour Khenchela, il s'agit des mois de mai, juin, juillet et novembre.

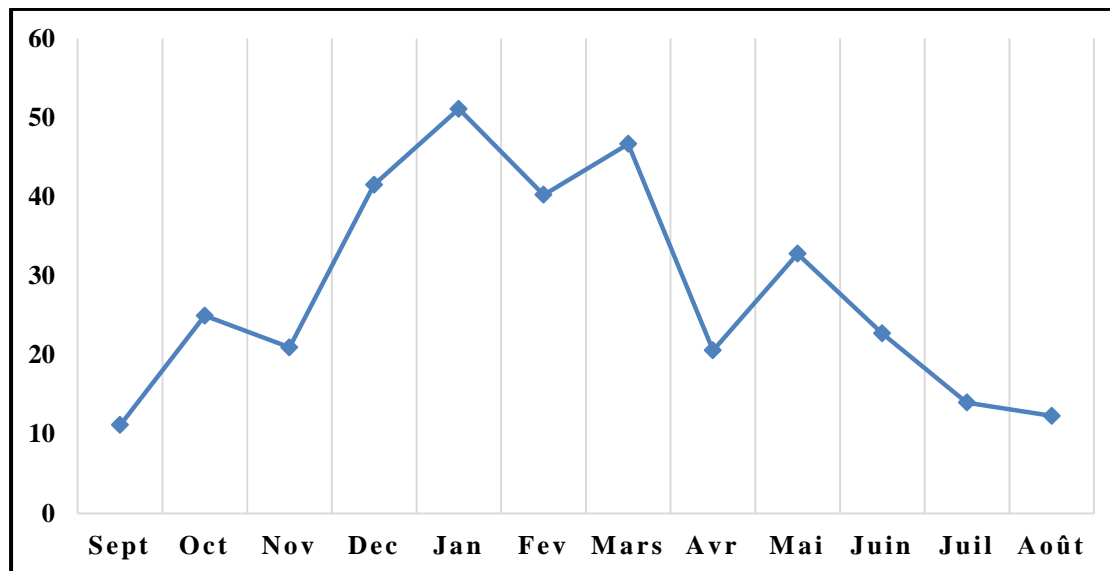


Figure 20. Précipitations moyennes mensuelles de la région de Batna (Station météorologique de Batna).

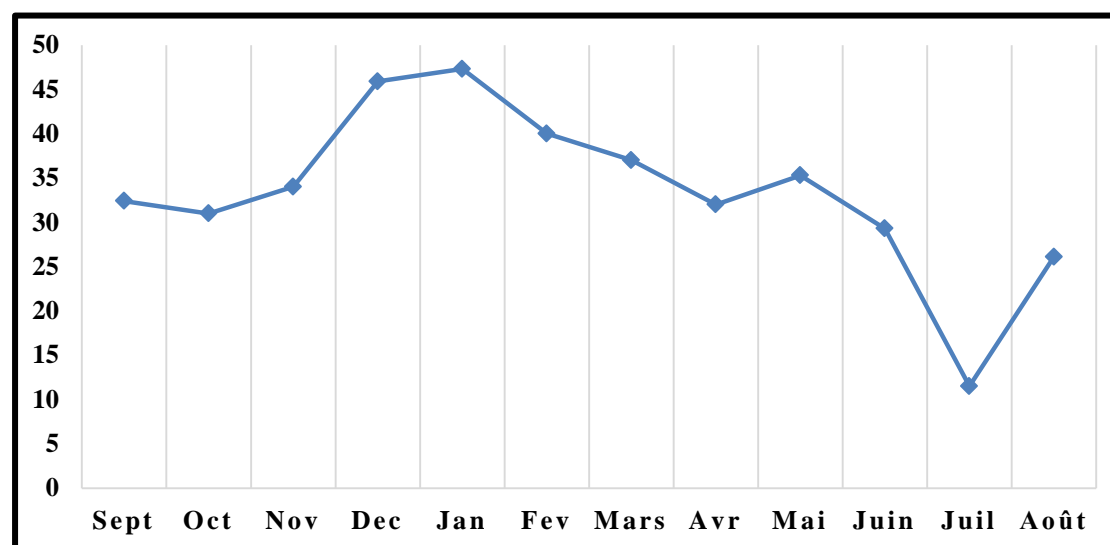


Figure 21. Précipitations moyennes mensuelles de la région de Khenchela (Station météorologique d'El-hamma).

3.6.3. Le climatogramme d'Emberger

On utilise le système Emberger pour ranger les différents climats de la Méditerranée. Selon Dajoz (1985-2006), cette décision repose sur trois critères principaux : température moyenne supérieure (M) durant le mois le plus chaud, la



température moyenne minimale (m) durant le mois le plus froid, ainsi que les précipitations annuelles moyennes.

Le mois le plus froid est caractérisé par une température minimale moyenne et une moyenne annuelle des précipitations (P). Ce pourcentage est plus important dans les zones plus humides (Stewart, 1969). La formule suivante permet de le calculer.

$$Q = 1000 * P / (((M+m)/2) * (M-m))$$

Où :

- M : Température maximale du mois le plus chaud ;
- m : Température minimale du mois le plus froid ;
- P : Précipitations annuelles moyennes pour les années considérées.

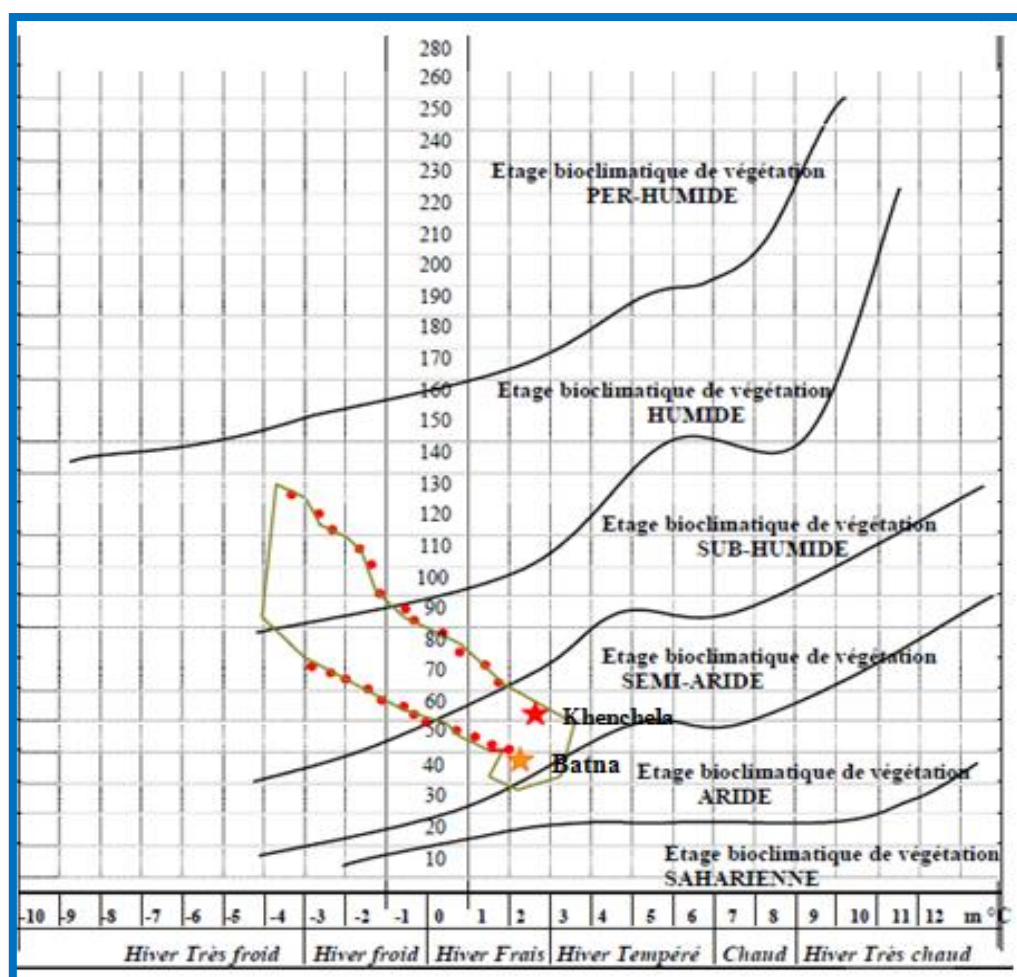
On n'établit cet indicateur que pour la zone méditerranéenne, et selon la valeur de ce coefficient, on identifie les régions suivantes :

- Humide pour : $Q > 100$;
- Subhumide pour : $100 > Q > 50$;
- Semi-aride pour : $50 > Q > 25$;
- Aride pour : $25 > Q > 10$;
- Déserts pour : $Q < 10$.

Le Tableau 6, montre la valeur de Q calculé pour les deux régions Batna et Khenchela et la Figure 22 représente l'étage bioclimatique auquel appartiennent.

**Tableau 6.** Etage bioclimatique des deux régions de Batna et Khenchela.

Région	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q2	Etage Bioclimatique
Batna	338.86	23.4	8.2	35.51	Semi-aride avec un printemps humide
Kenchela	401.8	22.3	10.06	32.3	Semi-aride avec un printemps humide

**Figure 22.** Climagramme d'Emberger de la région d'Aurès (Emberger, 1955)



Chapitre 4 :

Matériel et méthodes



4.1. Description des stations d'étude

Ce chapitre consacré à une description des 16 Stations étudiées, un aperçu global du contexte environnemental, le matériel et les méthodes utilisés pour l'échantillonnage de la faune benthique.

Dans ce présent travail, nous avons sélectionné 16 stations qui sont réparties sur les deux wilayas : Batna (12 stations) et Khenchela (quatre stations).

Les 16 sites échantillonnés sont indiqués par des points sur la Figure 23. Ils portent la localisation de chaque station et la dénomination du cours d'eau sur lequel ils se trouvent.

Le Tableau 7 montre la localisation géographique, l'hydropériode et type de chaque station.

Tableau 7. Les caractéristiques des stations étudiées

Wilaya	Région	Stations	Altitude (m)	Longitude (N)	Latitude (E)	Type de station	Hydro période
Batna	Kasrou	Oued Bouilef 1	1220	35° 61' 20"	06° 15' 06"	Forêt	Temporaire
	Kasrou	Oued Bouilef 2	1100	35° 61' 60"	06° 19' 00"	Forêt	Permanent
	Fisdis	Oued Bouilef 3	1000	35° 60' 26"	06° 20' 37"	Urbain	Permanent
	Bouhmar	Oued Rbaa 1	1449	35° 24' 32"	06° 23' 43"	Forêt	Permanent
	Timgad	Oued Rbaa 2	1011	35° 27' 48"	06° 31' 11"	Verger	Permanent
	Timgad	Oued Rbaa 3	1040	35° 27' 48"	06° 31' 11"	Urbain	Permanent
	Bouzina	Oued Bouzina 1	1318	35° 29' 39"	06° 32' 12"	Forêt	Permanent
	Bouzina	Oued Bouzina 2	1299	35°44' 54"	06° 50' 20"	Urbain	Permanent
	Thnaïet El-aabed	Oued Aabdi	1608	35° 19' 29"	06° 19' 30"	Verger	Temporaire
	Ghoufi	Oued Labyadh 1	1226	35° 03' 02"	06° 10'09"	Verger	Temporaire
	Inoughissen	Oued Labyadh 2	1259	35° 16' 72"	06° 32' 47"	Verger	Temporaire
	Arris	Oued Labyadh 3	610	35° 14' 83"	06° 21' 48"	Urbain	Temporaire
Khenchela	Lamsara	Oued Assoul	1310	35° 10' 47"	06° 38' 43"	Forêt	Temporaire
	Yabous	Oued Lakehal 1	1341	35° 21' 29"	06° 38' 62"	Forêt	Permanent
	Yabous	Oued Lakehal 2	1303	35° 22' 12"	06° 39' 05"	Urbain	Temporaire
	Yabous	Oued Lakehal 3	1246	35° 21' 29"	06° 38' 62"	Verger	Temporaire

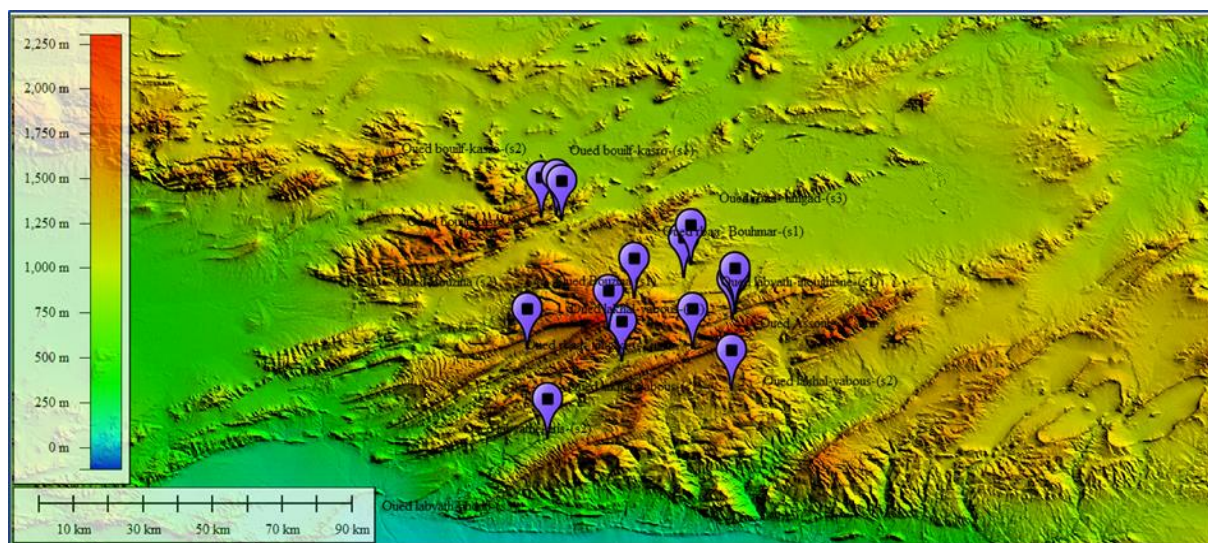


Figure 23. Situation géographique des 16 stations d'étude dans la région des Aurès.

➤ **Les stations de la région de Batna.**

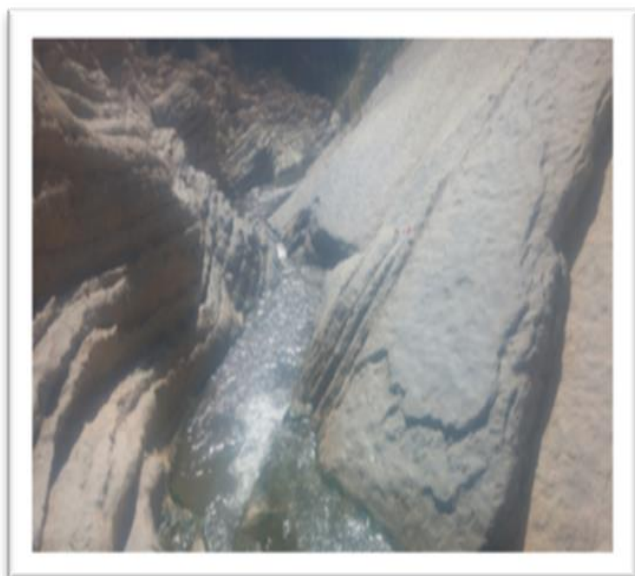


Figure 24. Oued Bouilef 1(Taferghoust, 2019).



Figure 25. Oued Bouilef 2(Taferghoust, 2019).



Figure 26. Oued Bouilef 3(Taferghoust, 2019).



Figure 27. Oued Rebaa 1(Taferghoust, 2019).



Figure 28. Oued Rebaa 2(Taferghoust, 2019).

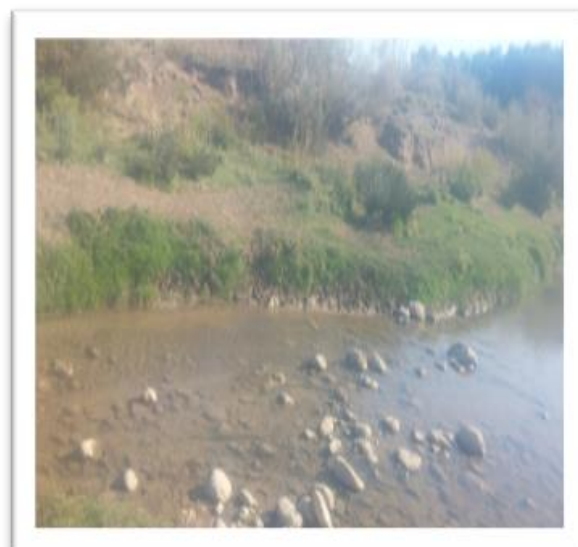


Figure 29. Oued Rebaa 3(Taferghoust, 2019).

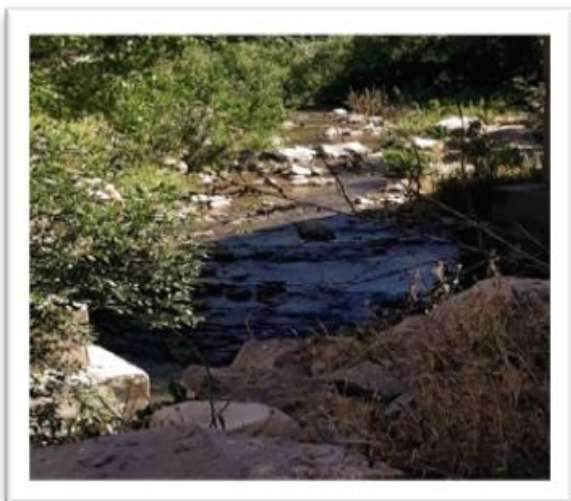


Figure 30. Oued Bouzina 1(Taferghoust, 2019).

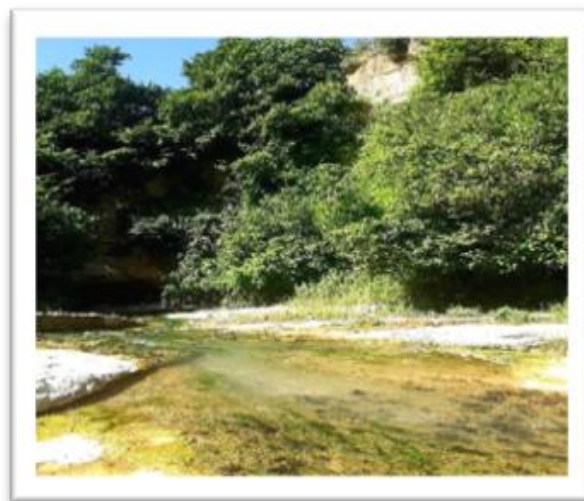


Figure 31. Oued Bouzina 2(Taferghoust, 2019).

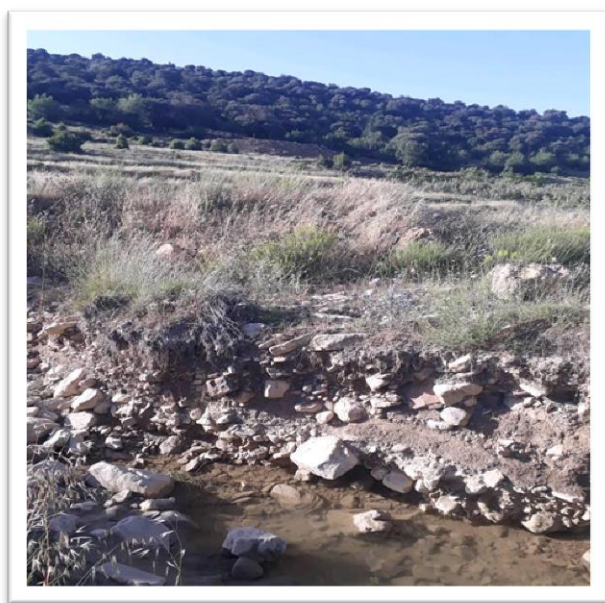


Figure 32. Oued Aabdi (Taferghoust, 2019).



Figure 33. Oued Labyadh1(Taferghoust, 2019).



Figure 34. Oued Labyadh 2(Taferghoust, 2019).



Figure 35. Oued Labyadh 3(Taferghoust, 2019).

➤ **Les stations de la région de Khenchela.**



Figure 36. Oued Assoul (Taferghoust, 2019).

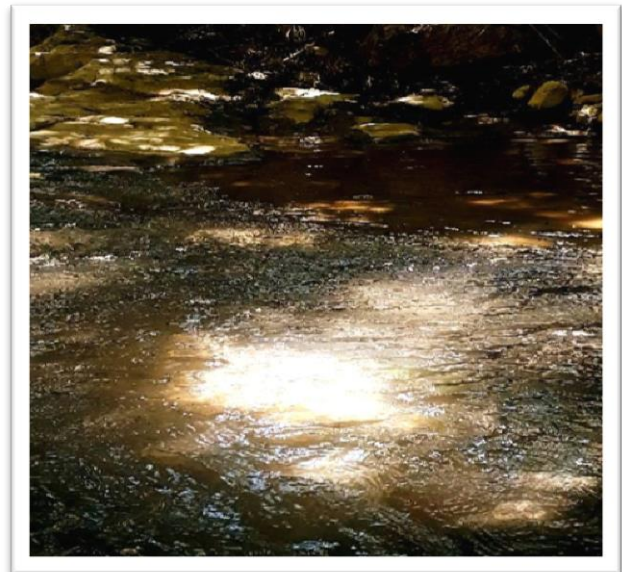


Figure 37. Oued Lakehal 1(Taferghoust, 2019).



Figure 38. Oued Lakehal 2(Taferghoust, 2019).



Figure 39. Oued Lakehal 3(Taferghoust, 2019).

Dans le cadre de l'échantillonnage des Hémiptères (famille des Notonectidae), la zone d'étude a été élargie grâce à une collaboration scientifique avec : Hezil.W, Satour. A et Boucenna. H.

Cette démarche vise à approfondir l'analyse de la distribution de cette famille à travers différents régions, caractérisées par une hétérogénéité notable des conditions climatiques, édaphiques et de la couverture végétale.

Cette zone est située au nord-est de l'Algérie et s'étend de la bande côtière le long de la mer Méditerranée jusqu'à l'Atlas saharien, qui borde le nord du Sahara. La zone comprend quatre régions : Batna, Khenchela, Oum El Bouaghi et Collo (Skikda). Ces régions représentent une vaste zone géographique caractérisée par une grande diversité de paysages, de topographie, de climat, de flore et de faune. Par rapport au reste de l'Algérie, la zone d'étude peut être divisée en deux zones climatiques distinctes. La région de Collo bénéficie d'un climat méditerranéen caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. Les précipitations annuelles moyennes sont comprises entre 800 et 1 400 mm et la température annuelle moyenne est d'environ 20,2 °C (Boudemagh et al. 2013). Les trois autres régions se caractérisent par un climat semi-aride, avec une pluviométrie annuelle moyenne de 350 mm à Oum El Bouaghi, située dans les Hauts Plateaux, et une température annuelle moyenne de 17,51 °C. Cette zone se caractérise principalement par des lacs salés temporaires, connus localement sous le nom de « chotts », « garaas » ou



« sebkhas » (Samraoui et al. 2006). Les précipitations moyennes sont de 496,8 mm à Khenchela et de 563,33 mm à Batna. L'altitude varie de 14 à 1 550 m et est la plus basse de la région du Collo.

4.2. Échantillonnage des macroinvertébrés

4.2.1. Choix des stations d'étude

En général Il n'existe pas de caractéristiques spécifiques pour sélectionner des sites d'échantillonnage, il suffit d'être seulement simple et valable dans n'importe quelle situation.

Il est essentiel que les sites sélectionnés reflètent les particularités des cours d'eau ou des tronçons spécifiques et soient adaptés aux objectifs de l'étude. En évitant les sites qui ne reflètent pas les traits caractéristiques de ces cours d'eau.

En outre, les sites à prospector lors de l'inventaire des macroinvertébrés peuvent être sélectionnés de manière aléatoire ou selon des critères spécifiques. En effet, pour obtenir une évaluation plus globale de la qualité des eaux d'une zone géographique comme un bassin versant, il est recommandé de choisir les stations au hasard afin d'assurer l'objectivité de la méthode (Barbour et al., 1999; Lazorchak et al., 1998). Dans cette étude, la sélection des sites à étudier a été motivée par le souhait de prendre en compte une variété de situations environnementales. Ces paramètres varient en fonction de :

- Le type de station ;
- La présence de poissons dans certaines stations, afin d'analyser les diverses caractéristiques des niches écologiques dans les rivières ;
- Variables régionales et locales, telles que l'altitude ;
- Facilité d'accès aux stations en raison de leur proximité avec la route, de leur sécurité et de leur densité équilibrée de végétation, ce qui favorise une visite régulière.

4.2.2. Matériel d'échantillonnage

4.2.2.1. Sur le terrain

- GPS 72. Int' L 13415 014.
- Ethanol à 80-96%.
- Epuisette.
- Les Etiquettes.



- Les bouteilles en plastique.
- Des fiches techniques.
- Des bottes.
- Un Tamis.



Figure 40. Matériel utilisé sur le terrain.

4.2.2.2. Au laboratoire

- Loupe binoculaire.
- L'Ethanol.
- Pinces entomologiques.
- Les Etiquettes.
- Pinceaux.
- Les boites de pétri.
- Guide pour l'identification.
- Les tubes.



Figure 41. Matériel utilisé Au laboratoire.

4.2.3. Méthode d'échantillonnage, tri et identification des macroinvertébrés

4.2.3.1. Sur le terrain

Les macroinvertébrés ont été échantillonnés mensuellement, de juin 2019 à juin 2020 avec un seul prélèvement effectué dans chacune des 16 stations.

Les méthodes de collecte des macroinvertébrés benthiques sont de différents types. Pour le prélèvement d'espèces en eaux profondes, on utilise un filet du type troubleau à long manche, d'un diamètre de 25 cm et d'un maillage de 500 μ m. Pour les espèces confinées au faciès lénitique (bordures) du cours d'eau, le filet le plus adapté

c'est celui qui est en forme d'une passoire. Les spécimens collectés ont été conservés dans de l'éthanol à 80-96%. En parallèle, nous avons prélevé des échantillons de sol pour déterminer le type de substrat à l'aide d'analyses granulométriques. Alors que les coordonnées géographiques ont été définies à l'aide du Global System Positionning GPS 72.Int'L 13415 014.

L'objectif de l'échantillonnage consiste à recenser une diversité plus représentative des macroinvertébrés dans chaque station étudiée.

L'échantillonnage se fait en trois étapes :



Première étape : préparation du matériel

Elle est effectuée le jour suivant la sortie

- Il est impératif de contrôler minutieusement le matériel incluant les divers appareils de mesure.
- Les boîtes sont nettoyées et marquées.
- Les fiches techniques conçues.

Deuxième étape : les descripteurs abiotiques

Après notre arrivée sur le site, nous consignons la date de sortie, l'heure d'échantillonnage et les conditions climatiques. Ensuite, nous effectuons une mesure et un relevé de certains éléments abiotiques tels que : le débit d'eau, la turbidité, la profondeur du lit, la largeur du lit et la teinte de l'eau.

Troisième étape : l'échantillonnage

La méthode de récolte implique l'emploi d'un filet trouble au diamètre de 25 cm et au maillage de 500 µm. Les coups de filet se déroulent au centre et en bordure des côtes dans les zones aquatiques abondantes, mais aussi au fond dans les zones boueuses et sablonneuses. Nous collectons simultanément deux ou trois pierres, puis nous les disposons dans un baquet en plastique blanc afin de séparer les organismes par des pinces et de préserver le reste du filet.

Une fois l'échantillon prélevé, il est nécessaire d'étendre le contenu sur un tissu blanc pour faciliter la suppression des composants minéraux et végétaux les plus importants. On récupère les larves et macroinvertébrés, puis on les conduit au laboratoire pour qu'ils soient stockés dans de l'éthanol afin d'être identifiés. On peut également collecter les macroinvertébrés des pierres et les mettre dans des flacons en plastique, tout en gardant toutes les données météorologiques et stationnelles (noms et dates des prélèvements).

4.2.3.2. Au laboratoire

Les individus de chaque espèce animale collectée ont été recensés et comptabilisés, ce qui nous a permis de dresser une liste des seize stations. Ensuite, on a conservé les larves des insectes tels que les Coléoptères, les Diptères, les Hémiptères, les Trichoptères et les Odonates dans une solution d'éthanol à 98%. Tandis que les Adultes ont été éliminés et conservés dans des boîtes de stockage.

• Les macroinvertébrés ont été identifiés jusqu'au niveau taxonomique de la famille à l'aide d'une loupe binoculaire et de différents ouvrages et guides : [Tachet et](#)



al., 2000 ; Moisan *et al.*, 2006. Cependant, le mérite revient principalement au Pr. Samraoui Boujéma, qui a finalisé l'identification jusqu'au niveau de l'espèce.

4.2.4. Les variables mésologiques mesurées

La description des rivières analysées se concentre principalement sur les 16 stations sélectionnées et les facteurs qui y sont considérés, pouvant affecter la répartition de la faune.

4.2.4.1. La profondeur et la largeur du lit mouillée

Les deux variables mésologiques permettent d'avoir une idée de la taille du cours d'eau dans une station donnée (Touati, 2008). La profondeur du lit mouillée influence la quantité d'O₂. Il a aussi un impact sur le réchauffement des eaux, favorisant par conséquent la mise en place et la multiplication des espèces faunistiques et floristiques thermophile (Engelhardt *et al.*, 1998). La surface à faible profondeur favorise la diffusion de l'air et son mélange harmonieux, tandis que dans les lacs, la profondeur est si importante qu'elle engendre des stratégies thermiques (Chakri, 2007).

Selon Dajoz (2000), l'étendue du lit des cours d'eau a un impact sur la vitesse du courant, l'oxygénation de l'eau et la température. Ce phénomène est influencé par les précipitations, la température et le climat. Elle varie d'une rivière à une autre et de la même rivière tout au long de l'année.

4.2.4.2. Vitesse du courant

Vitesse de déplacement d'une masse d'eau. On peut la quantifier en utilisant un dispositif ou différentes méthodes basiques, comme le temps de mouvement d'un objet qui flotte sur une distance déterminée (Moisan *et al.*, 2006). La mesure de la vitesse de la couche supérieure de l'eau est quasiment inutile (en général, en mesurant le temps que mettent des flotteurs pour effectuer un certain trajet), car la vitesse du courant diminue à partir des couches supérieures et moyenne de l'eau, vers les rives et le fond (Engelhardt *et al.*, 1998).

Cette variable mésologique joue un rôle essentiel dans les écosystèmes aquatiques, jouant un rôle essentiel. Selon Ramade (2003), elle contrôle le déplacement des nutriments et ainsi assure le cycle vital de nombreux animaux. La variété et la répartition de la faune aquatique sont également influencées par son déplacement de l'amont vers l'aval le long des réseaux hydrographiques étudiés.



En raison des difficultés rencontrées lors de sa mesure, nous avons employé la valeur moyenne de chaque station pour évaluer la vitesse du courant dans notre étude en cours. On a effectué les mesures sur la surface du cours axial à l'aide d'un flotteur. La formule suivante permet d'estimer la vitesse du courant en fonction du temps nécessaire pour que le flotteur traverse 10 mètres :

$$V = d/t : \text{distance de 10 mètres (m)}$$

v : vitesse du courant (m/s)

t : temps de parcours (s)

Le Tableau 8 est représenté l'évaluation de la vitesse du courant dans chaque station étudiée, selon classification de berg ([Decamps, 1971](#)):

Tableau 8. Normes de vitesse de l'eau selon l'échelle de Berge

Vitesse très lente	Inférieur à 0.1 m/s
Vitesse lente	0.1 à 0.25 m/s
Vitesse moyenne	0.25 à 0.50 m/s
Vitesse rapide	0.50 à 1 m/s
Vitesse très forte	Supérieur à 1 m/s

4.2.4.3. Le substrat

Le terme substrat fait référence à tous les matériaux immergés qui peuvent servir de base vitale aux invertébrés benthiques. La qualité du fond du lit joue un rôle capital dans la détermination d'une diversité faunistique primordiale. Le type de ce variable a été déterminé par l'analyse granulométrique.

4.2.4.4. Le couvert végétal

La végétation joue un rôle crucial dans la préservation des habitats aquatiques. En cas de crue, elle réduit le ruissellement et atténue la pointe de crue en ralentissant l'écoulement et en l'étendant. Cette composante a été évaluée par observation directe à l'échelle de la station.



4.2.4.5. La turbidité de l'eau

La turbidité est un indicateur de la clarté de l'eau. Elle signifie le volume de lumière qui est dispersé ou bloqué par les particules flottantes dans l'eau. Ces particules confèrent à l'eau une apparence trouble ou opaque. Dans les rivières et les lacs, ces particules peuvent être issues d'algues ou d'autres substances provenant des plantes, du sol, du limon et de l'argile, et d'autres éléments comme : les métaux, les sels et les minéraux (Ballet *et al.*, 2018). Pendant l'étape de nos collectes, nous avons réalisé une estimation visuelle de la turbidité de l'eau dans les stations étudiées.

4.3. Les indices de diversité

La définition la plus précise de la diversité est donnée par Margalef (1958) : « La diversité spécifique est déterminée par le nombre d'espèces dans le monde et la distribution des individus dans ces espèces ». En d'autres termes, elle dépend du nombre d'espèces (S) et de la concentration relative de chaque espèce (N). Cet indicateur de structure peut être décrit comme une "Diversité écologique" ou une "Diversité spécifique" (Djamai, 2020).

4.3.1. Indices écologiques de composition

La richesse spécifique (S), la fréquence relative (F%) ou l'abondance relative (AR) et la fréquence d'occurrence (Fi%) sont des indices écologiques de composition utilisés.

- **Richesse spécifique (totale)**

La richesse spécifique, d'après Blondel (1979), est le nombre total d'espèces présentes dans un peuplement au sein d'un écosystème spécifique. Elle joue un rôle essentiel dans la description de la structure d'un peuplement et est l'une des mesures les plus fréquemment employées pour évaluer la biodiversité (Ramade, 2003).

- **Abondance des espèces**

Le nombre total d'individus d'une espèce est appelé abondance d'une espèce, ou bien leur nombre par unité de surface ou de volume (Djamai, 2020).

- **Abondance relative ou fréquence relative**

L'abondance relative (AR) permet d'évaluer la proportion d'une espèce, d'une catégorie, d'une classe ou d'un ordre (ni) par rapport au total des individus de tous les



peuplements animaux observés (N) dans un inventaire (Faurie et al., 2003). Elle se calcule selon la formule suivante :

$$F (\%) = (n_i / N) * 100$$

n_i = nombre d'individus de l'espèce i.

N = nombre total d'individus.

Fréquence d'occurrence ou constance

La constance mesure la régularité de présence d'une espèce dans les différents relevés réalisés. Selon Dajoz (1985), elle est calculée en fonction du rapport entre le nombre de relevés où l'espèce est observée et le nombre total de relevés réalisés. On peut calculer la constance en utilisant la formule suivante :

$$F_i (\%) = (P_i / P) * 100$$

P_i = nombre de relevés contenant l'espèce étudiée.

P = nombre total des relevés effectués.

Selon la valeur de F_i , on distingue les catégories suivantes :

- Si $F_i = 100\% \rightarrow$ l'espèce est omniprésente ;
- Si $75\% \leq F_i < 100\% \rightarrow$ l'espèce est constante;
- Si $50\% \leq F_i < 75\% \rightarrow$ l'espèce est régulière;
- Si $25\% \leq F_i < 50\% \rightarrow$ l'espèce est accessoire;
- Si $5\% \leq F_i < 25\% \rightarrow$ l'espèce est accidentelle;
- Si $F_i < 5\% \rightarrow$ l'espèce est rare.

4.3.2. Les indices écologiques de structure

• Indice de diversité de Schannon H'

La variété d'un peuplement témoigne de sa complexité. Elle est évaluée par un indice qui tient compte à la fois de la richesse particulière et des abondances des espèces. L'indice de Shannon est un indice utilisé pour décrire la structure et l'équilibre d'un peuplement dans un écosystème :

$$H' = - \sum P_i \log_2 P_i$$

Où

$$P_i = n_i / N$$

H' : indice de biodiversité de Shannon.

n_i = Effectif de l'espèce i.



N = Effectif total du peuplement.

$\text{Log } 2$ = logarithme à base de 2

Cet indice est exprimé en Bit (unité d'information) et explique la complexité d'une population. Meziane (2009) souligne qu'une valeur élevée de cet indice correspond à une population riche en espèces dont la distribution d'abondance est équilibrée.

•Indice d'Equitabilité (E)

Ainsi, des peuplements de diversité égale mais d'abondances différentes peuvent avoir des physionomies assez différentes. Il est donc nécessaire de calculer, en plus de l'indice de diversité, l'équivalence. Cet indice indique la régularité des individus entre les espèces dans un même peuplement. L'indice d'équivalence varie entre 0 et 1. C'est-à-dire que si E tend vers 1 alors le peuplement est en équilibre tandis que la répartition des individus entre les espèces est correcte. Dans le cas contraire une équivalence qui tend vers zéro caractérise un état de déséquilibre du peuplement (Barbault, 1981).

$$H' \text{ max} = \text{Log}_2 S$$

H' = indice de Schannon-Weaver.

S = Richesse spécifique

• Indice de Margalef

Cet indice n'inclut pas la diversité relative des taxons. On le détermine selon la relation suivante :

$$\alpha = (n_i - 1) / \log N$$

n_i = nombre d'individus de l'espèce de rang i

N = nombre total d'individus

La diversité est la plus faible lorsque α tend vers zéro (0) et la plus élevée lorsque α tend vers ∞ .

• Indice de Simpson

Simpson a introduit cet indice en 1965 en tant que probabilité que deux individus pris au hasard soient de la même espèce. La diversité au sein de la



communauté des macroinvertébrés benthiques a été décrite à l'aide de l'indice de Simpson, calculé de la manière suivante :

$$D - 1 = 1 - \sum_{i=1}^s (ni)^2$$

ni = la proportion d'individus dans le taxon "i" de la communauté

S = le nombre total de taxons dans la communauté.

4.4. Traitement statistique des données

Nous avons effectué une analyse multivariée de type analyse des correspondances factorielles (AFC) sur les résultats de notre étude afin de déterminer les principales familles observées dans les seize sites. Les données physico-chimiques des milieux étudiés ont été interprétées en utilisant l'analyse en composantes principales (ACP). L'analyse de corrélation canonique (ACC) a permis de déterminer les interactions entre les variables domestiques et environnementales.

Les données sont présentées graphiquement à l'aide d'histogrammes et de courbes tracées à l'aide d'Excel.

4.4.1. Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse des correspondances factorielle (AFC), aussi connue sous le nom d'analyse des correspondances bivariées, est un outil statistique qui vise à décrire les liens (ou correspondances) qui peuvent exister entre deux ensembles.

L'objectif est de proposer une meilleure représentation simultanée des groupements de variables et de diminuer la dimensionnalité des nuages de points liés aux profils de lignes en utilisant une décomposition factorielle. Les correspondances entre les groupes d'espèces et les groupes de stations peuvent être obtenues, et les colonnes des tableaux de contingence couvrent deux modèles de variables.

4.4.2. Étude de la corrélation factorielle (AFC)

L'analyse des correspondances factorielle (AFC), aussi connue sous le nom d'analyse des correspondances bivariées, est un outil statistique qui vise à décrire les liens (ou correspondances) qui peuvent exister entre deux ensembles.

Le but consiste à fournir une représentation simultanée optimale des groupements de variables et à réduire la dimensionnalité des nuages de points associés aux profils de lignes en utilisant une décomposition factorielle. Cela permet d'obtenir des



correspondances entre les groupes d'espèces et les groupes de stations, et les colonnes des tableaux de contingence s'étendent sur deux modèles de variables.

4.4.3. Analyse de corrélation canonique (ACC)

Une analyse typique examine la relation entre les variables de deux ensembles différents mais liés. Il recherche une combinaison linéaire d'un ensemble de variables dépendantes (taxons) qui présente la plus grande corrélation avec une combinaison linéaire d'un ensemble de variables indépendantes (variables environnementales) (Rossaro et al., 2006).

L'ACC est utilisé pour résumer les changements dans les communautés et relier ces changements aux gradients environnementaux (Boissonneault, 2006). Il a été développé pour permettre aux écologistes de relier l'abondance des espèces aux variables environnementales.

4.5. La cartographie

La localisation des stations a été cartographiée par le logiciel ArcGIS 10.4.1 en Windows 2013. Cela facilite la compréhension de la distribution spatiale et l'analyse des relations entre les sites et les facteurs environnementaux étudiés.



Chapitre 5 :

Résultats et discussion



5.1. Résultats

5.1.1. Variation mensuelle des paramètres biotiques et abiotiques des 16 stations étudiées

Durant la période d'échantillonnage, nous avons mesuré quelques paramètres biotiques et abiotiques où nous avons observé une variation notable de ces variables d'une station à une autre.

A/ Les paramètres abiotiques (physicochimiques)

A partir de cette étude, nous avons constaté une variation remarquable des paramètres abiotiques, due à la géologie et à la topographie de la région, ainsi qu'à leur climat. Les résultats de chaque paramètre de chaque station sont décrits dans les paragraphes suivants.

➤ La largeur du lit

Selon la lecture du tableau 9, on constate une différence importante dans la largeur du lit. La période d'étiage est marquée par des valeurs faibles, tandis que les mois de forte pluie sont marqués par des valeurs plus élevées. La largeur de lit mouillée dans les 16 stations, retenues pour cette étude, varie entre 1m dans les stations (OAL 1, OLY 6, OBF 10, OBF 11) à 11.58 m dans la station (OLG 13).

Tableau 9. Variation mensuelle de la largeur du lit aux stations étudiées (m).

	J-2019	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J-2020
OAL 1	3	1.5	1	2.1	2.5	3	3	4	4.2	3	2.6	2.2	1
ORB 2	4	4.5	3.7	4	4.3	3	2.5	5	3	3.6	3.6	3.45	2.7
ORT 3	4	3.7	2.7	3.5	4	5	5.4	6	6	6.14	6.2	5	3.2
ORT 4	4.5	2.5	2	3	3.8	4	4	5.5	5	5	4.15	3	1.5
OLY 5	2	1.7	1.5	3	5.6	7	7.5	6	6.5	6	5.95	5.88	5.1
OLY 6	3	2.9	1	3.9	5	6	6.5	6	6	5.7	5	5	4.3
OLY 7	6	5.5	5	5.2	4	6.5	7	6.5	7	5.2	5	4.6	2
OBK 8	4	3.6	2.6	2.5	3	3.1	5.25	5.4	4.5	3.6	3.15	3.12	3
OBK 9	2	3.6	3	3.5	3	3.55	4	4.5	4.2	3.5	3.19	3	2
OBF 10	1	3	2	1	2.5	2.5	3	3.5	3.55	3.4	3	3	1
OLI 11	3.8	3.3	3	2	2.46	2.5	4.6	4	4	3.5	3	2.5	1
OLA 12	4	3.5	2	3.2	4	4	5.12	5.92	5	4	4	4	3
OLG 13	6	5	4.5	4	4.9	7	11.58	10	11	10.9	6	5	4.5
OBB 14	0	0	0	0	0	0	0	3.12	3.92	3	3	3.4	1.3
OBB 15	0	0	0	0	0	0	0	6.5	7	6.15	6	5.1	3
OAT 16	0	0	0	0	0	0	0	4	3.5	2.25	2.12	2	1.4



➤ La profondeur de l'eau

Ce paramètre a une relation étroite avec le niveau d'eau, Où on observe une augmentation notable des valeurs de la profondeur en cas d'élévation du niveau d'eau et notamment en cas des crues.

La visualisation du Tableau 10, met en évidence une fluctuation importante des valeurs de la profondeur de l'eau, selon les stations et les mois. Elle varie de 5 cm à OBF 10 pendant les mois d'août et juin à 45 cm à OLY 5 en décembre.

Tableau 10. Variation mensuelle de la profondeur des stations étudiées (cm).

	J-2019	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J-2020
OAL 1	12	10	0	15	15	17	20	21	18	17	17	13	0
ORB 2	20.5	11	10	13	15	17	18	20	21	23	21	22	14
ORT 3	24	23	20	22	25	25	27	25	27	25	26	15	11
ORT 4	18	20	9	11	15	19	20	18	20	21	19	12	8
OLY 5	40	37	31	36	40	43	45	42	43	40	36	33	30
OLY 6	19	14	0	16	19	19	22	20	21	18	15	13	12
OLY 7	0	30	24	27	29	30	31	27	30	25	20	18	10
OBK 8	35	30	12	13	15	25	28	25	26	23	20	11	10
OBK 9	0	14	8	9	9	10	11	13	15	17	18	15	12
OBF 10	0	10	5	0	11	12	12	15	17	14	10	7	5
OLI 11	0	18	14	10	11	15	18	20	21	21	17	11	0
OLA 12	10	6	0	10	13	15	20	22	23	20	20	18	15
OLG 13	0	10	12	13	15	16	18	20	21	18	15	14	11
OBB 14	0	0	0	0	0	0	0	20	23	20	21	18	17
OBB 15	0	0	0	0	0	0	0	25	26	25	20	18	15
OAT 16	0	0	0	0	0	0	0	29	31	29	25	25	23

Remarque : nous avons mis zéro (0) en cas de sécheresse estivale (OAL 1, OLY 6, OBK 9, OBF 10, OLI 11, OLA 12 et OLG 13) et en cas de non prélèvement pour les stations où nous avons réalisé un échantillonnage de manière irrégulière (OBB 14, OBB15, OAT 16).

La lecture du Tableau 13 indique que :

- Les stations de faible profondeur sont : OAL 1, OBK 9, OBF 10, ORT 4, OLY 6, OLI 11, OLG 13.
- Les stations de grande profondeur sont : OLY 5, OBK 8, ORB 2, ORT 3, OLY 7, OLA 12, OBB 14, OBB 15, OAT 16.
- La période de basses eaux est caractérisée par des valeurs faibles, tandis que les mois de forte pluie sont caractérisés par des valeurs plus élevées.



➤ La pente

La pente est l'un des paramètres les plus importants qui a un impact sur la vitesse du courant, sur le substrat, sur le débit...

Ce paramètre de manière étroite est associé avec d'autres facteurs environnementaux tel que : le débit, l'oxygène dissous, la température, ... etc., Il s'agit d'un élément essentiel du relief, qui influence presque toutes les caractéristiques hydriques et morphodynamiques des eaux courantes (Mebarki, 2017).

La lecture du Tableau 11, montre que les pourcentages des pentes dans nos zones d'étude varié entre 6 % au niveau de la station (OAT 16) , 50 % pour la station (OLY 6) et 50 % de nos stations étudiées (8) ont une pente dépassant les 30 %.

Tableau 11. La pente dans les 16 stations étudiées

Station	OAL 1	ORB 2	ORT 3	ORT 4	OLY 5	OLY 6	OLY 7	OBK 8
Pente (%)	20	16	24	32	10	50	40	36
Station	OBK 9	OBF 10	OLI 11	OLA 12	OLG 13	OBB 14	OBB 15	OAT 16
Pente (%)	25	20	32	6	33	34	32	13

➤ La vitesse du courant

Suite à l'interprétation du Tableau 12, nous pouvons constater que la vitesse de l'eau augmente pendant les mois d'hiver, par rapport aux mois d'été. Les résultats de la vélocité sont variés entre 0.11 m/s (OAL 1) à 0.55 m/s (OLG13).

- Les stations qui sont caractérisées par une vitesse rapide sont : ORB 2, OLY 5, OLY 7, OLI 11, OLA 12 et OLG 13.
- Les stations qui se caractérisent par une vitesse moyenne sont : ORT 4, OLY 6, OBK 8, OBK 9.
- Les stations qui sont dotées d'une vitesse lente sont : OAL 1, ORT 3, OBF 10, OBB 14, OBB 15, OAT 16.



Tableau 12. Variation mensuelle de la vitesse de l'eau dans des stations étudiées (m/s).

	J-2019	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J-2020
OAL 1	0.066	0.056	0	0.083	0.095	0.16	0.16	0.2	0.17	0.18	0.13	0.1	0
ORB 2	0.28	0.26	0.05	0.16	0.17	0.5	1	1	0.83	0.5	0.5	0.83	0.5
ORT 3	0.14	0.18	0.06	0.08	0.15	0.16	0.21	0.19	0.2	0.19	0.17	0.16	0.08
ORT 4	0.18	0.06	0.05	0.12	0.83	0.16	0.2	0.65	0.6	0.15	0.16	0.2	0.061
OLY 5	0.18	0.2	0.17	0.53	0.67	0.33	0.8	0.77	0.83	0.43	0.29	0.25	0.11
OLY 6	0.09	0.15	0	0.17	0.16	0.2	0.5	0.66	0.83	0.43	0.22	0.17	0.16
OLY 7	0	0.1	0.21	0.33	0.37	0.66	0.76	0.83	0.9	0.59	0.53	0.45	0.4
OBK 8	0.2	0.15	0.11	0.14	0.1	0.28	0.58	0.5	0.4	0.4	0.34	0.32	0.35
OBK 9	0	0.2	0.22	0.37	0.17	0.33	0.71	0.4	0.37	0.35	0.34	0.32	0.2
OBF 10	0	0.25	0.2	0	0.15	0.27	0.83	0.1	0.33	0.4	0.22	0.14	0.066
OLI 11	0	0.17	0.05	0.33	0.13	0.17	0.66	1.25	1	0.83	0.33	0.27	0
OLA 12	0.29	0.23	0	0.33	0.35	0.4	2	0.5	0.66	0.4	0.1	0.08	0.041
OLG 13	0	0.1	0.16	0.2	0	0.38	0.66	1.11	0.9	1.11	0.66	0.52	0.9
OBB 14	0	0	0	0	0	0	0	0.33	0.27	0.25	0.23	0.09	0.083
OBB 15	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.4	0.23	0.2	0.16
OAT 16	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0.2	0.17	0.11	0.08	0.09

➤ L'altitude

A partir de notre étude, nous avons remarqué que l'altitude a un effet très important sur l'abondance et la distribution des taxons faunistiques. La Figure 42 montre que :

- ❖ Les stations de grande altitude sont : OAT 16, ORB 2, OLA 1, OLY 5, OLY 6, OBB 14.
- ❖ Les stations de moyen altitude sont : ORT 3, ORT 4, OLY 7, OBK 8, OBK 9, OBF 10, OBB 15, OLI 11, OLA 12.
- ❖ Une seule station qui a une faible altitude : OLG 13.

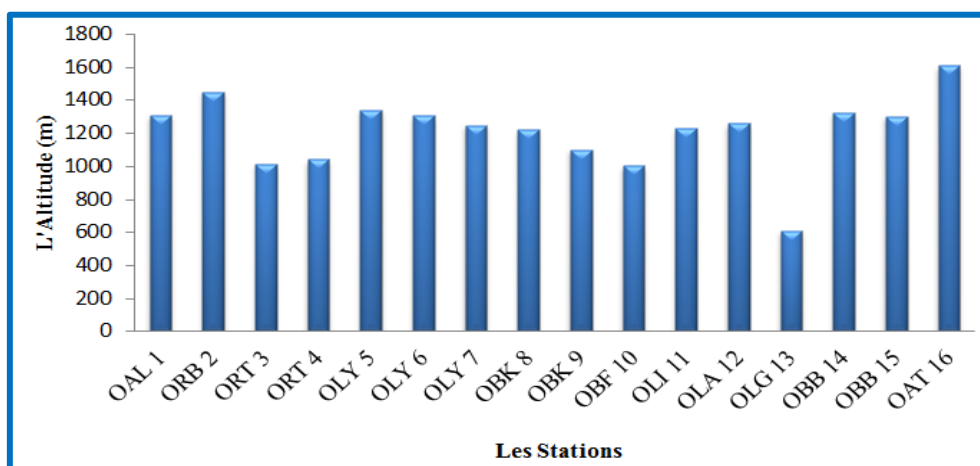


Figure 42. Variation de l'altitude aux stations étudiées.



➤ Type de substrat

Ce terme désigne tous les matériaux immergés pouvant former le support vital des invertébrés benthiques. La qualité du fond du lit des cours d'eau, a un rôle capital dans la diversification des microhabitats et par conséquent la mise en place d'une faune riche et diversifiée: diamètre des pierres et des graviers, répartition hétérogène des différents substrats. Le Tableau 13 montre l'hétérogénéité du substrat au sein de même site d'échantillonnage et, sa différence d'un site à un autre.

Tableau 13. Type et l'hétérogénéité du substrat dans les 16 stations étudiées.

St	OAL 1	ORB 2	ORT 3	ORT 4	OLY 5	OLY 6	OLY 7	OBK 8
Ts	Ar, Gr et Ga	Ga, Gr et Ro	Ar,Ro	Li, Gr et Ro	Ga, Gr et Ro	Ga, Gr et Ro	Ar, Ro	Li, Gr et Ro
St	OBK 9	OFB 10	OLI 11	OLA 12	OLG 13	OBB 14	OBB 15	OAT 16
Ts	Ar, Gr et Ga	Ar, Gr et Ga	Ga, Gr et Ro	Ar,Ga	Sa, Ga	Li, Gr et Ro	Li, Gr et Ro	Ar, Ro

St : Station, Ts. : Type de substrat, Ar. : Argile, Gr. : Gravier, Ga. : Galets, Ro : Rochets, Li. : Limon, Sa. : Sable.

➤ Les activités anthropiques

L'homme a exercé une pression notable sur tous les écosystèmes en plus particulier sur les écosystèmes aquatiques, où La société humaine utilise les tous les formes d'eau comme ressources en eau pour des différentes activités urbaines, agricoles et industrielles. Ces activités ont des effets nocifs sur ces écosystèmes qui se traduisent par des modifications des caractéristiques fonctionnelles et structurelles des communautés biologiques. La pression anthropique varie d'une station à l'autre selon le type et l'altitude de station concerné.

Les principales perturbations manifestées par l'homme dans nos stations :

- le pompage de l'eau pour l'irrigation ;
- Le surpâturage ;
- l'utilisation intensive des engrais chimique ;

Toutes ces activités irrationnelles affectent la qualité d'eau et du milieu et entraînent ainsi des modifications plus ou moins notables sur les communautés



vivantes en générale, et particulièrement sur les macroinvertébrés. Le Tableau 14 montre le type d'activité anthropique exercée sur chacune des seize stations prospectées durant notre présente étude.

Tableau 14. Types d'activités anthropiques appliquées sur les 16 stations étudiées.

Station	Le pompage de l'eau pour l'irrigation	Le surpâturage	L'utilisation intensive des engrais chimique
OAL 1		*	
ORB 2		*	
ORT 3	*	*	
ORT 4		*	
OLY 5		*	
OLY 6	*	*	*
OLY 7		*	*
OBK 8		*	
OBK 9		*	
OBF 10		*	*
OLI 11	*		*
OLA 12	*		*
OLG 13		*	*
OBB 14	*		
OBB 15			*
OAT 16	*		*

➤ La turbidité

Cette variable a été estimée à l'échelle des seize stations étudiées par des observation directes. Elle exprimée en pourcentages. Nous avons classé ces pourcentages en quatre classes selon le degré de turbidité. 0 % - 5 % (non turbide), 10 % -20 % (moyennement turbide), 30 % - 50 % (turbide), 60 % - 90 % (très turbide).

Le Tableau 15 montre les valeurs de la turbidité dans les 16 stations étudiées. Nous avons observé une forte turbidité dans les stations où il y a un pompage d'eau et après la pluie où l'eau se charge énormément de quantités de particules, qui troublent l'eau.

**Tableau 15.** La valeur de turbidité dans les 16 stations étudiées.

St	OAL 1	ORB 2	ORT 3	ORT 4	OLY 5	OLY 6	OLY 7	OBK 8
Tur (%)	5	0	95	35	0	45	40	30
St	OBK 9	OBF 10	OLI 11	OLA 12	OLG 13	OBB 14	OBB 15	OAT 16
Tur (%)	40	45	75	60	90	85	15	90

St. : Station ; Tur. : Turbidité

➤ La pollution

Cette composante a été estimée par observation directe à l'échelle de la station. Elle est exprimée en chiffres : 0 (non perturbé), 1 (moyennement perturbé), 2 (perturbé) et 3 (fortement perturbé). Le Tableau 16 est montre le taux de cette composante dans les les 16 stations étudiées.

Tableau 16. Taux de pollution dans les 16 stations étudiées.

St.	OAL 1	ORB 2	ORT 3	ORT 4	OLY 5	OLY 6	OLY 7	OBK 8
Pol.	0	0	0	2	0	3	3	1
St.	OBK 9	OBF 10	OLI 11	OLA 12	OLG 13	OBB 14	OBB 15	OAT 16
Pol.	1	3	1	2	3	0	3	3

St. : station ; Pol. : Pollution

B/ Les paramètres biotiques (biologiques)

➤ La végétation bordante

Cette composante a été aussi estimée par observation directe à l'échelle de la station. Elle est exprimée en pourcentage par trois classe d'abondance : de 1% à 10% (rare), 15% à 25% (abondante) et de 35% à 55% (très abondante) (**Tableau 17**).

Tableau 17. Pourcentage de la couverture végétale dans les 16 stations étudiées.

St	OAL 1	ORB 2	ORT 3	ORT 4	OLY 5	OLY 6	OLY 7	OBK 8
VB (%)	55	45	55	50	27	35	35	55
St	OBK 9	OBF 10	OLI 11	OLA 12	OLG 13	OBB 14	OBB 15	OAT 16
VB (%)	45	35	25	15	25	55	10	25

VB. : Végétation Bordante, St. : Station



➤ Présence / absence des poissons

Durant la période d'échantillonnage, nous avons récolté 281 individus de poissons dans 5 stations (ORT3, ORT4, OLY7, OBK8, OLG13) où nous avons enregistré le plus grand nombre d'effectif dans la station ORT3 avec un total de 118 individus, notamment en mois du juin-2019 où nous avons récolté 19 individus (**Figure 43**).

Les poissons sont des consommateurs primaires des macroinvertébrés, leur présence affecte la diversité et l'abondance de ces derniers.

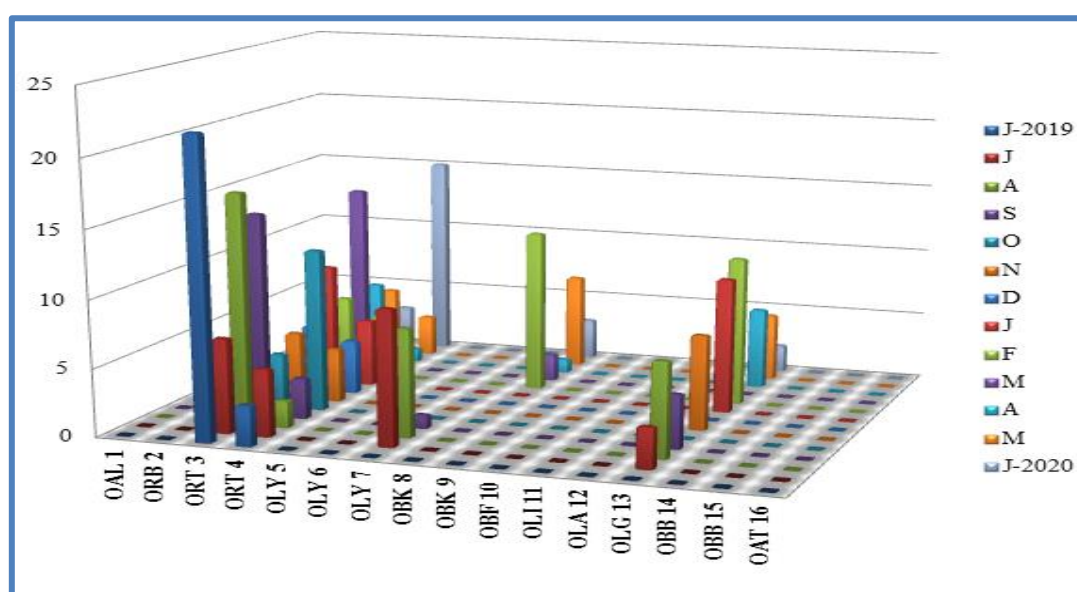


Figure 43. Nombre de poissons par station dans chaque mois.

5.1.2. Analyse générale des taxons faunistiques récoltés

Au cours de ce présent travail, 10642 individus ont été collectés dans les seize stations étudiées, appartenant à 62 taxons. Les peuplements de ces stations sont constitués essentiellement d'invertébrés représentant ainsi 99.10% et de vertébrés avec 0.90% (**Figure 44**).

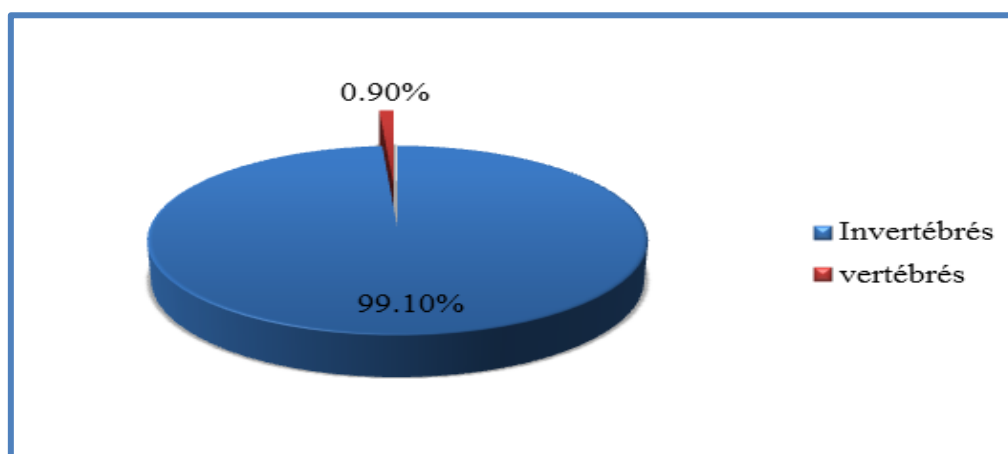


Figure 44. Pourcentages des peuplements d'invertébrés et de vertébrés du Massif des Aurès Oriental.

Les poissons représentent la majorité des vertébrés collectés dans cette étude (81 %), tandis que les amphibiens ne représentent que (19 %) de la totalité des vertébrés recensés (**Figure 45**).

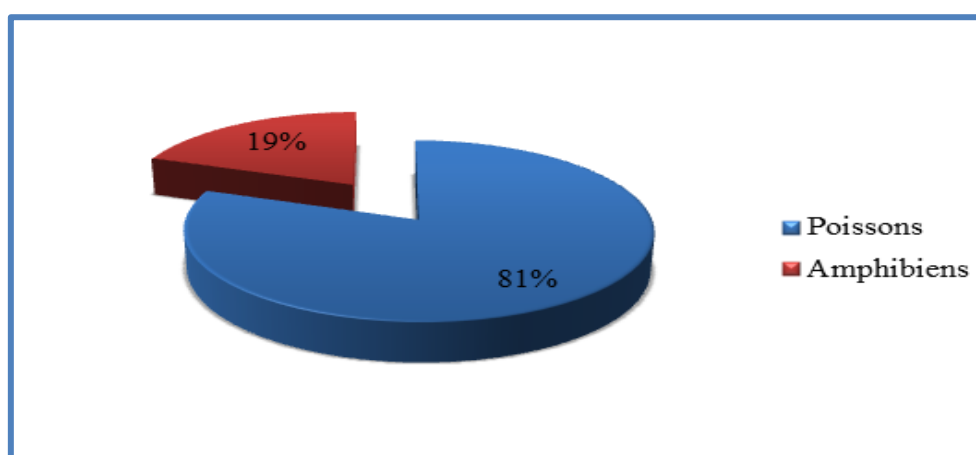


Figure 45. Répartition taxonomique des vertébrés recensée pendant la période d'étude.

Tandis que les populations d'invertébrés observées sont principalement composées d'arthropodes, qui représentent à leur tour 98,13% de la faune totale recensée dans cette étude. La deuxième place est occupée par les Annélides avec 1,62%, suivis des Mollusques avec seulement 0,25% du total (**Figure 46**).

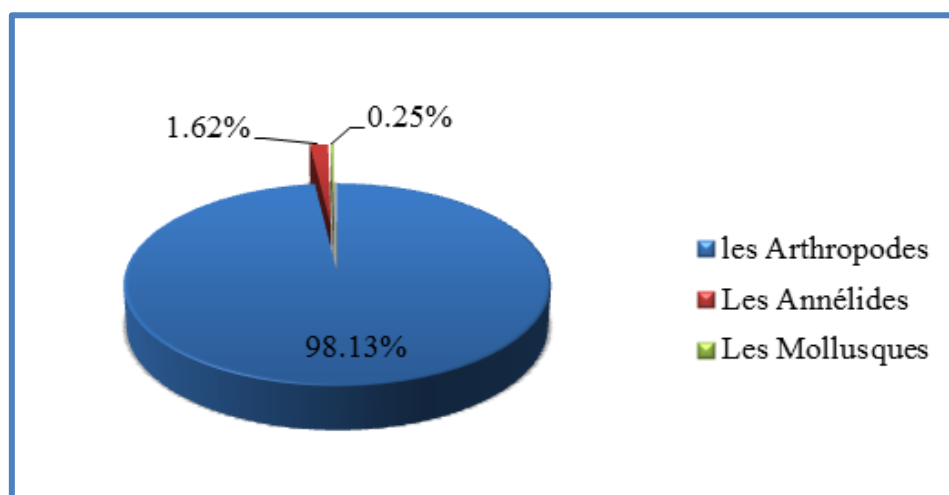


Figure 46. Pourcentages des Embranchements d'invertébrés dénombrés au cours de la période d'étude.

Les gastéropodes sont les plus importants des mollusques, tandis que les annélides ne sont représentés que par une seule classe : Clitellata. Les Arthropodes, en revanche, se divisent en deux catégories : les Crustacés et les Insectes. Avec un pourcentage de 77,48%, ces dernières sont les plus prédominantes sur le plan numérique par rapport aux autres classes (**Figure 47**).

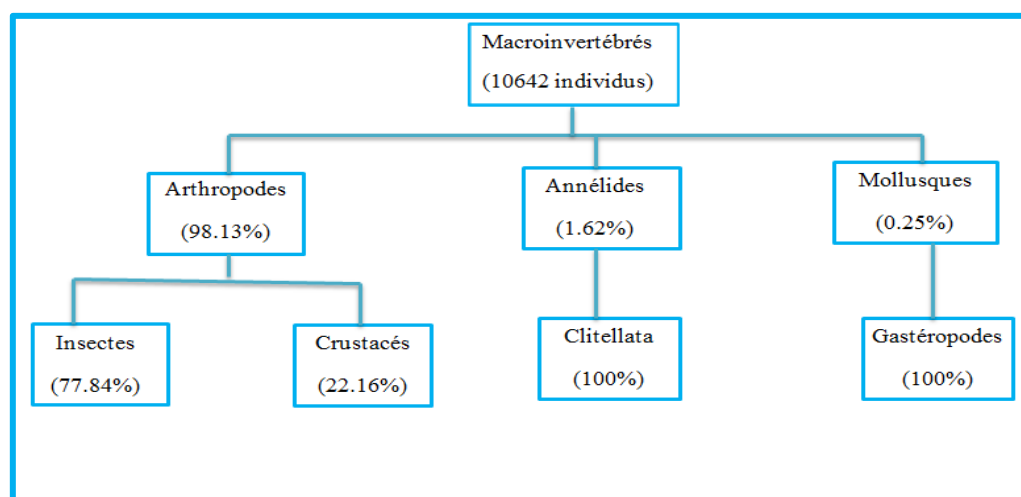


Figure 47. Abondance relative des classes d'invertébrés inventoriés pendant la période d'étude.



5.1.3. Les indices de diversité

5.1.3.1. Indices écologiques de composition

- **Richesse taxonomique**

Le massif des Aurès Oriental est riche en nombreux biotopes aquatiques très diversifiés, grâce à son relief et sa topographie. La lecture de la Figure 48 montre que la richesse en espèce varie entre 2 et 14 taxons.

Durant nos prospections, nous avons observé une richesse maximale dans les stations : OLY7, OLY6, OBF10, ORB2, ORB3, ORB14 : $Nt > 10$. Cette richesse assez importante en espèce, est certainement dû aux conditions mésologiques favorables (couvert végétal dense, courant rapide à moyen, température relativement fraîche) à l'installation d'une faune riche et bien diversifiée.

Concernant les stations OLY5, OBK9, OBB14, OBK8, OBB15 et OAT16, quant à elles, renferment une richesse moyenne, variante entre 5 et 6 taxons. En revanche, pour les stations OLI 11, OLG 13, OLA 12 et OAL1, sont très peu diversifiées avec un nombre d'espèces inférieur ou égale à 2 taxons.

Cette diminution de diversité spécifique, peut s'expliquer par la détérioration de certains facteurs écologiques différents notamment la structure granulométrique du fond des cours d'eau, l'intensité de la pollution, la végétation bordante et la température de l'eau élevée.

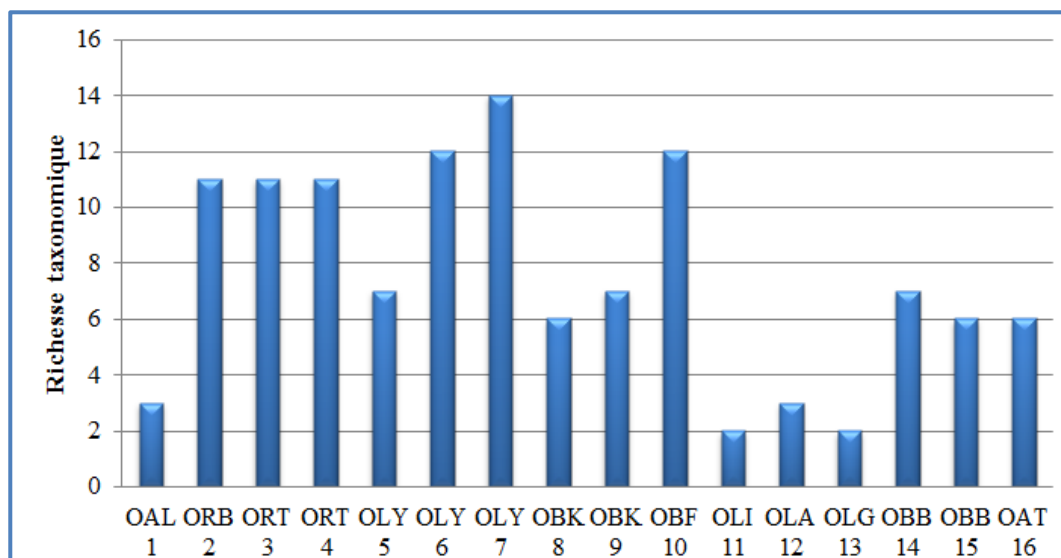


Figure 48 : Richesse taxonomique des différentes stations étudiées.

- **Abondance**

La Figure 49 visualise graphiquement, les 11 ordres de macroinvertébrés énumérés durant la période d'étude : Coléoptères, Trichoptères, Diptères, Hémiptères, Plécoptères, Ephéméroptères, Odonates, Amphipodes, Décapodes, Sangsues et Basommatophora.

Les plus importants sont les ordres des ephéméroptères et des amphipodes. Quant aux autres ordres, les Odonates, les Plécoptères, les Basommatophora et les Décapodes, ils ne sont représentés que par de faibles effectifs par rapport aux précédents.

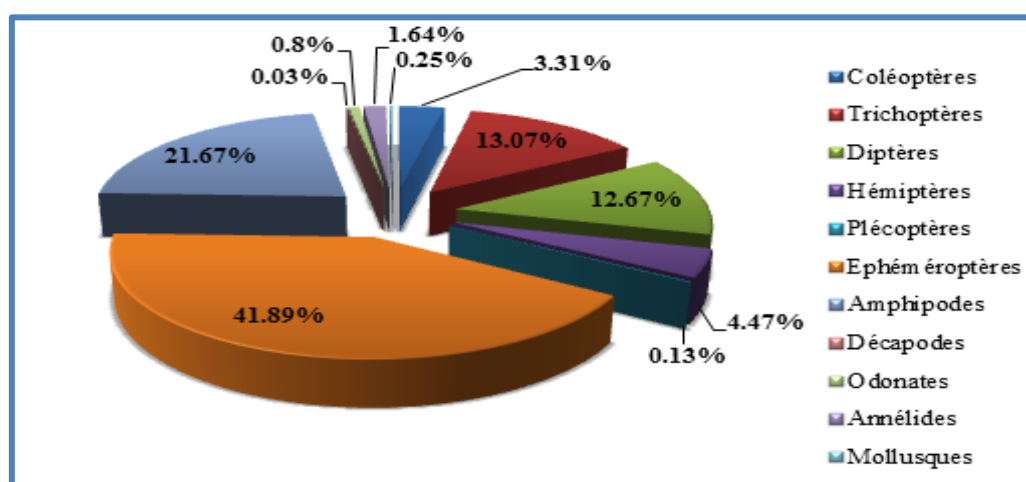


Figure 49. Abondance relative des ordres d'invertébrés recensée durant la période d'étude.



Ces ordres sont répartis d'une manière hétérogène sur l'ensemble des 16 stations échantillonnées (**Figure 50**). En termes d'abondance numérique, la station OLA 12 renferme le plus grand nombre d'éléments d'Ephéméroptères avec 300 individus (soit 80 % de la faune totale recensée) et la station OLA1 se trouve dominée essentiellement par les Hémiptères avec 125 individus (soit 73 % de l'ensemble de la faune recensée).

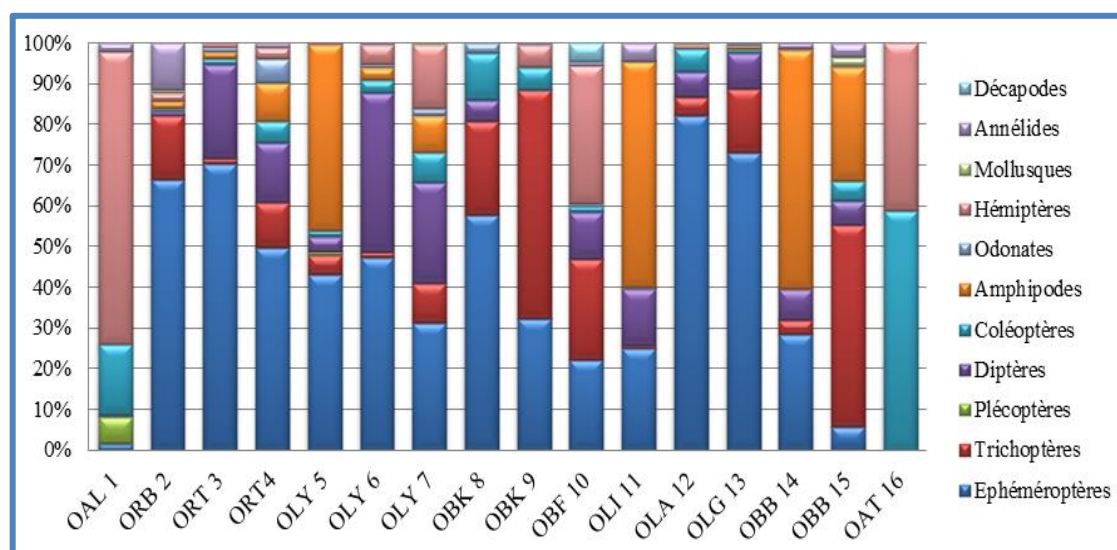


Figure 50. Proportion de chaque ordre dans les 16 stations prospectées.

- **Le fréquence d'occurrence des taxons**

Analyse des fréquence d'occurrence à partir de l'ensemble des prélèvements réalisés dans les seize stations étudiées et pendant toute la période d'étude (**Tableau 18**) :

- un seul taxon omniprésent : Les Dytiscidae ;
- Les taxons constants sont : les Baetidae, les Hydrophilidae et les Simuliidae.
- Les taxons réguliers sont Notonectidae, Gammaridae et Hydrophilidae.
- Les taxons additionnels sont Chironomidae, Corexidae, Gerridae, Veliidae, Hydrometridae, Hydraenidae, Elmidae, Glossosomatidae, Hydroptilidae, Limnephilidae, Leptoceridae, Caenidae, Heptageniidae, Tipulidae, Tabanidae et Planorbidae.
- Les vingt-et-un taxons accidentels sont : Potamonidae, Nepidae, Libellulidae, Gomphidae, Aeshnidae, Platycnemididae, Lestidae, Coenagrionidae, Calopterygidae, Gyrinidae, Helophoridae, Rhyacophilidae, Goeridae, Polycentropidae, Sericostomatidae, Lepidostomatidae, Leptopheliidae, Capniidae, Perlodidae, Culicidae et Lymnaeidae.



Tbleau 18: Fréquence d'occurrence des taxons recensés au niveau des sieze stations.

Familles	Accidentelle 0-25	Accessoire 25≤F<50	Régulière 50≤F<75	Constante 75≤F<100	Omnipresente 100%
Gammaridae			X		
Potamonidae	X				
Notonectidae			X		
Corexidae		X			
Gerridae		X			
Nepidae	X				
Veliidae		X			
Hydrometridae		X			
Libellulidae	X				
Gomphidae	X				
Aeshnidae	X				
Platycnemididae	X				
Lestidae	X				
Coenagrionidae	X				
Calopterygidae	X				
Dytiscidae					X
Hydrophilidae			X		
Hydraenidae		X			
Elmidae		X			
Gyrinidae	X				
Helophoridae	X				
Glossosomatidae		X			
Rhyacophilidae	X				
Hydroptilidae		X			
Limnephilidae		X			
Goeridae	X				
Polycentropidae	X				
Leptoceridae		X			
Sericostomatidae	X				



Lepidostomatidae	X				
Hydropsychidae				X	
Baetidae				X	
Caenidae		X			
Heptageniidae		X			
Leptophlebiidae	X				
Capniidae	X				
Perlodidae	X				
Simuliidae				X	
Chironomidae		X			
Culicidae	X				
Tipulidae		X			
Tabanidae		X			
Planorbidae		X			
Lymnaeidae	X				

5.1.3.2. Les indices écologiques de structure

- **Indices de diversité de Schannon H' , l'équitabilité, l'indice de Margalef et l'indice de Simpson**

Dans cette étude nous avons analysé les données d'abondance des espèces aquatiques collectées dans différents échantillons afin d'évaluer la diversité de ces populations (**Tableau 19**), afin de mieux comprendre l'organisation des communautés d'invertébrés dans les écosystèmes étudiés, en mettant l'accent sur la distribution des espèces et leur homogénéité.



Tableau 19. Résumé des indices de diversité pour chaque échantillon (Shannon, Simpson, Équitabilité, Margalef)

Sample	Shannon	Simpson	Equitability	Margalef
1	0.495341	0.2627135	0.4508788	0.4661505
2	1.2424533	0.6666667	0.8962406	1.2072888
3	1.3208883	0.71875	0.9528195	1.442695
4	1.427061	0.7160494	0.8866829	1.8204785
5	0.5623351	0.375	0.8112781	0.7213475
6	0.6615632	0.46875	0.954434	0.4808983
7	1.5440091	0.710775	0.7934637	1.9135739
8	0	0	NaN	0
9	1.1209504	0.6115702	0.8085948	1.2510972
10	1.1367617	0.6131687	0.6344388	1.253452
11	0	1	0	0
12	0	1	0	0
13	0	0	NaN	0
14	0	0	NaN	0
15	0	1	0	0
16	0.6001661	0.3140496	0.5462947	0.8340648

- **Indice de Shannon (H')**

Cet indice mesure la diversité des espèces en tenant compte à la fois du nombre d'espèces (richesse) et de leur abondance relative. Un indice de Shannon plus élevé indique une plus grande diversité, tandis qu'un indice plus bas montre une communauté dominée par quelques espèces. L'échantillon 7 a la plus grande diversité ($H' = 1.54$), ce qui indique une répartition relativement uniforme des espèces. Certains échantillons (8, 11, 12, 13, 14, 15) ont un indice de Shannon de 0, ce qui signifie qu'ils ne contiennent aucune espèce ou qu'ils sont dominés par une seule espèce.

- **Indice de Simpson (D)**

Cet indice évalue la probabilité que deux individus choisis au hasard soient de la même espèce. La diversité est plus élevée lorsque l'indice est proche de 1. Les



échantillons 3, 4, 7 montrent une grande diversité avec des valeurs proches de 0.7, suggérant une répartition plus égale des individus entre les espèces. Les échantillons sans diversité (8, 13, 14) ont un indice de Simpson de 0, indiquant qu'il n'y a pas de répartition des individus entre plusieurs espèces.

- **Équitabilité (E)**

L'équitabilité mesure la distribution relative des individus entre les espèces. Elle varie de 0 à 1, où 1 signifie que toutes les espèces ont le même nombre d'individus (parfaite équitabilité). L'échantillon 6 présente la plus grande équitabilité ($E = 0.95$), indiquant une répartition presque égale des individus entre les espèces présentes. Les échantillons sans diversité ont une équitabilité de 0 ou NaN (division par zéro), car il n'y a pas de distribution entre plusieurs espèces dans ces échantillons.

- **Indice de Margalef (DMg)**

L'indice de Margalef est un indicateur de la richesse spécifique. Il est sensible au nombre d'espèces présentes dans un échantillon, indépendamment de leur abondance relative. Plus cet indice est élevé, plus la richesse spécifique est importante. L'échantillon 7 a la plus grande richesse spécifique avec un indice de Margalef de 1.91, indiquant une diversité taxonomique importante. Les échantillons avec une absence de diversité (comme les échantillons 8, 13, 14) ont un indice de Margalef de 0, car il n'y a pas d'espèces ou très peu.

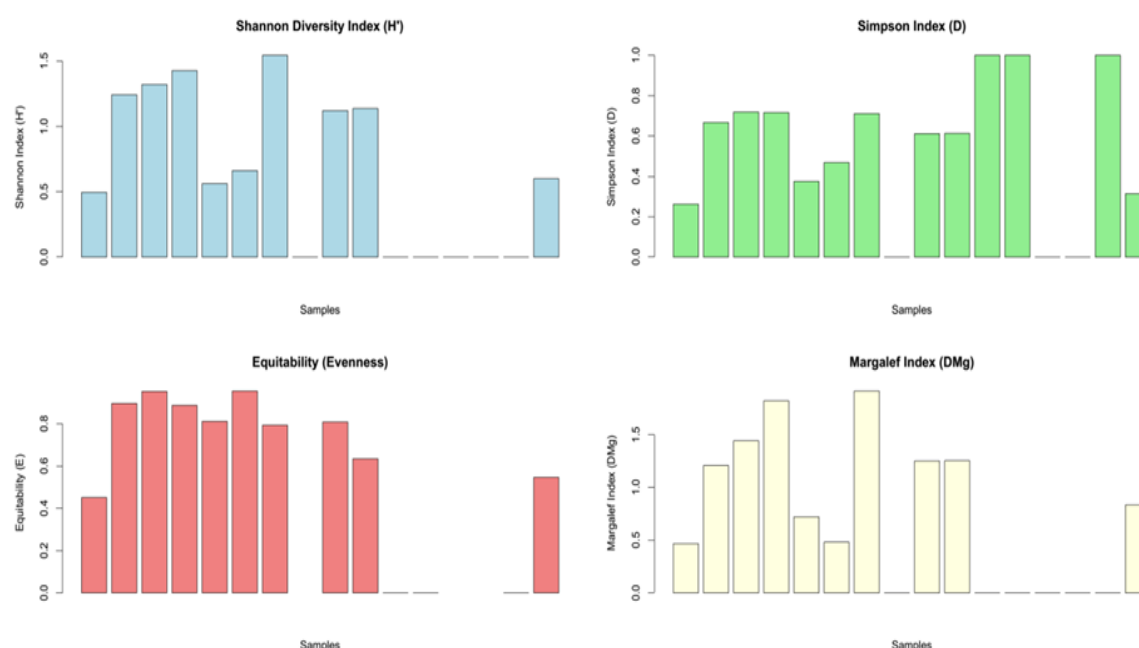


Figure 51. Variation de l'indice de diversité par site.



Les graphiques présentés représentent plusieurs indices de biodiversité pour différents échantillons (**Figure 51**).

Le graphique en haut à gauche montre la diversité des espèces mesurée par l'indice de Shannon. Plus cet indice est élevé, plus la diversité des espèces dans un échantillon est grande. On observe que certains échantillons, comme le 7, ont une diversité très élevée, tandis que d'autres, comme les échantillons 8 à 15, affichent une diversité nulle.

En haut à droite, ce graphique représente l'indice de Simpson, qui mesure la probabilité que deux individus choisis au hasard appartiennent à la même espèce. Un indice de Simpson plus élevé (proche de 1) signifie une plus grande uniformité. Ici, les échantillons 7 et 4 montrent une uniformité élevée.

En bas à gauche, ce graphique mesure l'équitabilité ou la régularité des espèces. Un indice proche de 1 signifie que les espèces sont réparties de manière presque égale. Les échantillons comme le 3 et le 6 montrent une répartition très égale des individus entre les espèces.

Enfin, le graphique en bas à droite représente l'indice de Margalef, qui mesure la richesse spécifique. Il reflète la diversité des espèces sans tenir compte de leur abondance relative. Les échantillons 4 et 7 présentent une richesse spécifique particulièrement élevée.

L'analyse des indices de diversité révèle une grande variabilité dans la composition des espèces parmi les échantillons. L'échantillon 1 présente une faible diversité (Shannon de 0.495) avec une distribution légèrement déséquilibrée des espèces (équitabilité de 0.45). En revanche, l'échantillon 2 montre une diversité modérée (Shannon de 1.24) et une équitabilité élevée (0.89), suggérant une répartition relativement uniforme des espèces. L'échantillon 3 se distingue par une diversité élevée (Shannon de 1.32) et une équitabilité proche de l'idéal (0.95), indiquant une forte égalité entre les espèces. L'échantillon 4 atteint la plus grande diversité de l'ensemble avec un Shannon de 1.42 et un indice de Margalef de 1.82, signifiant une richesse spécifique notable. À l'inverse, l'échantillon 5 présente une diversité faible (Shannon de 0.56) mais une équitabilité modérée (0.81). L'échantillon 6, bien que faible en diversité (Shannon de 0.66), affiche une équitabilité extrêmement élevée (0.95), traduisant une répartition égale des espèces présentes. L'échantillon 7 présente les valeurs les plus élevées pour la diversité et la richesse spécifique avec un Shannon



de 1.54 et un Margalef de 1.91, soulignant une diversité maximale dans ce groupe. Les échantillons 8 à 15 montrent une absence de diversité, avec des indices de Shannon et Margalef égaux à 0, et des équivalences nulles, reflétant la domination d'une seule espèce ou l'absence de diversité. Ces résultats mettent en lumière des dynamiques écologiques variées au sein des différentes communautés étudiées.

5.1.4. Analyse quantitative et qualitative de la faune aquatique recensés

Suite à l'identification taxonomique effectuée au laboratoire, nous avons établi une liste faunistique globale des macroinvertébrés benthiques. Les résultats obtenus pour chaque station sont présentés sous forme d'un tableau, ce qui nous a permis d'analyser et de comparer les différentes distributions des macroinvertébrés entre les différentes stations étudiées (**Tableau 20**).

Tableau 20. Inventaire faunistique des macroinvertébrés du massif des Aurès oriental

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Taxon	Localisations
Arthropodes	Crustacés	Amphipodes	Gammaridae	<i>Gammarus sp</i>	ORB 2, ORT 3, ORT 4, OLY 5, OLI 11, OLA 12, OLG 13, OBB 14, OBB 15
		Décapodes	Potamonidae	<i>Potamon sp</i>	OBF 10
	Insectes	Hémiptères	Notonectidae	<i>Notonecta meridionalis</i>	OLY 7, OBK 9
				<i>Notonecta maculata</i>	OAL 1, ORT 3, ORT 4, OLY 6, OLY 7, OBK 9, OBF 10
			Corexidae	<i>Corixa affinis</i>	ORT 3
				<i>Corixa sp</i>	ORT 4
				<i>Sigara sp1</i>	ORT 3, OLY 5
				<i>Sigara sp2</i>	ORT 3
			Gerridae	<i>Aquarius sp1</i>	ORB 2, OBF 10
				<i>Aquarius sp2</i>	ORB 2, OLY 7, OBF 10
				<i>Aquarius sp3</i>	ORB 2, OLY 7, OBK 9, OBF 10
				<i>Aquarius sp4</i>	OBF 10
				<i>Aquarius sp5</i>	OBF 10
			Nepidae	<i>Nepa cinerea</i>	OLY 6, OLY 7, OBB 15
			Veliidae	<i>Veliidae sp</i>	OAL 1, ORB 2, ORT 4, OLY 7
			Hydrometridae	<i>Hydrometra sp</i>	OLY 7, OBK 9, OBB 14, OBB 15
		Odonates	Libellulidae	<i>Orthetrum chrysostigma</i> (Burmeister, 1839)	OBK 8



			Gomphidae	<i>Onychogomphus uncatus</i> Charpentier, 1840)	OLY 6
			Aeshnidae	<i>Boyeria irene</i> (Fonscolombe, 1838)	OLY 7
			Platycnemididae	<i>Platycnemis subdilatata</i> Selys, 1849	ORT 3, ORT 4
			Lestidae	<i>Chalcolestes viridis</i> (Vander Linden, 1825)	OLY 6, OLY 7
			Coenagrionidae	Coenagrionidae	OLI 11
			Calopterygidae	<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i> (Vander Linden, 1825)	OBK 10
		Coléoptères	Dytiscidae		OAL 1, OBK 8, OBK 9, OBF 10, OLY 5, OLY 6, OLY 7, ORB 2, ORT 3, ORT 4, OBB 14, OBB 15, OLI 11, OLA 12, OLG 13, OAT 16
			Hydrophilidae		OLA 12, OLG 13, OLY 5, OLY 7, OAL 1, OBK 9, ORB 2, ORT 4, OBB 15, OAT 16
			Hydraenidae		OAL 1, OLA 12, OBK 9, OBB 15
			Elmidae		OAL 1, OLY 7, OBF 10, ORT 3
			Gyrinidae		OLY 7, OBK 9
			Helophoridae		OAL 1, OLA 12, OBK 9
		Trichoptères	Glossosomatidae	<i>Agapetus sp2</i>	ORB 2, ORT 5, OLI 11, OBK 8, OLY 6, OBB 15
			Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila munda</i> McLachlan 1862	OLY 5
			Hydroptilidae	<i>Hydroptila sp.</i>	OLY 6, OLY 7, OBB 14, OBB 15, ORT 3
				<i>Agraylea sp.</i>	OLY 6
			Limnephilidae	<i>Limnephilus sp.</i>	OLY 5, OLY 7, OAT 16, ORT 4, OBK 9
			Goeridae	<i>Silonella aurata</i> (Hagen 1864)	OBB 14, OBB 15, ORB 2
			Polycentropidae	<i>Plectrocnemia sp.</i>	OLY 5
			Leptoceridae	<i>Setodes acutus</i> Navás 1936	OBK 8, OBK 9, OBF 10, OBB 15
			Sericostomatidae	Sericostomatidae	OBB 14, OAT 16
			Lepidostomatidae	Lepidostomatidae	ORB 2
			Hydropsychidae	<i>Cheumatopsyche lepida</i> (Pictet 1834)	OLY 6, OLY 7, OBK 8
				<i>Hydropsyche maroccana</i> Navás 1936	OBK 8, OBK 9, OBF 10; OLY 5, OLY 6, OLY 7, OAT 16, ORT 3
				<i>Hydropsyche obscura</i> Navás 1928	OBB 15, OLY 6
				<i>Hydropsyche lobata</i> McLachlan 1884	OBB 14, OBB 15



				<i>Hydropsyche siltalai</i> Döhler 1963	ORB 2
				<i>Hydropsyche resmineda</i> Malicky 1977	ORB 2, OBF 10, OLA 12
				<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis 1834)	ORT 4, OLA 12
		Ephéméroptères	Baetidae		OBK 8, OBK 9, OBF 10, OLY 5, OLY 6, OLY 7, ORB 2, ORT 3, ORT 4, OBB 14, OBB 15, OLI 11, OLA 12, OLG 13, OLA 1
			Caenidae		OLY 5, OLY 6, OLA 1, OBK 8, OBK 9, ORB 2, ORT 3
			Heptageniidae		OLI 11, OLY 5, ORB 2, ORT 4
			Leptopheliidae		OLA 1, OBK 8, OBF 10,
		Plécoptères	Capniidae		OLY 5
			Perlodidae		OLA 1
		Diptères	Simuliidae		OBK 8, OBF 10, OLY 5, OLY 6, OLY 7, ORB 2, ORT 3, ORT 4, OBB 14, OBB 15, OLI 11, OLA 12, OLG 13
			Chironomidae		OLA 12, OLG 13, OBB 15, ORT 3, ORT 4, OLY 7,
			Culicidae		OLY 5
			Tipulidae		OLA 1, OLY 5, OLY 6, ORB 2, OBK 8, OBF 10, OLI 11
			Tabanidae		OLY 6, ORB 2, ORT 3, ORT 4
Mollusques	Gastéropodes	Basommatophora	Planorbidae		OLA 1, ORB2, OLY5, OLI 11, OBB 14
			Lymnaeidae		OLG 13, ORB 2
Annélides	Clitellata	Sangsues (Hirunées)			ORB 2, ORT 3, ORT 4, OLY 5, OLI 11, OLA 12, OLG 13, OBB 14, OBB 15

A. Les non insectes

➤ Les Crustacés

Cette classe des Crustacés est représentée ici par deux ordres, les Décapodes et les Amphipodes ; chacun d'eux est représenté par une seule famille.



Les Décapodes : une seule famille et un seul genre appartenant à cet ordre respectivement ((Potamonidae ; *Potamon sp*) avec seulement 11 individus prélevés dans une seule station (OBF10).

Les Amphipodes : de même pour ce deuxième ordre, une seule famille et un seul genre le représentent respectivement (Gammaridae ; *Gammarus sp*) avec 2262 individus, où le plus grand effectif de ce genre a été observé à la station ORB 2 avec 609 individus (soit 26.92 % de la faune totale) des Gammaridae collectés.

En revanche, le plus faible effectif a été énuméré au niveau de la station OLY 7 avec seulement 7 individus (soit 0.30 % de la faune totale des Gammaridae) (**Figure 52**). Dans cette dernière, ce faible effectif, ne peut s'expliquer que par la transmission de ce taxon par le courant et, que ce site aquatique n'est pas un biotope favorable pour l'installation et la pullulation des éléments de cet ordre, comparativement à la station précédemment citée.

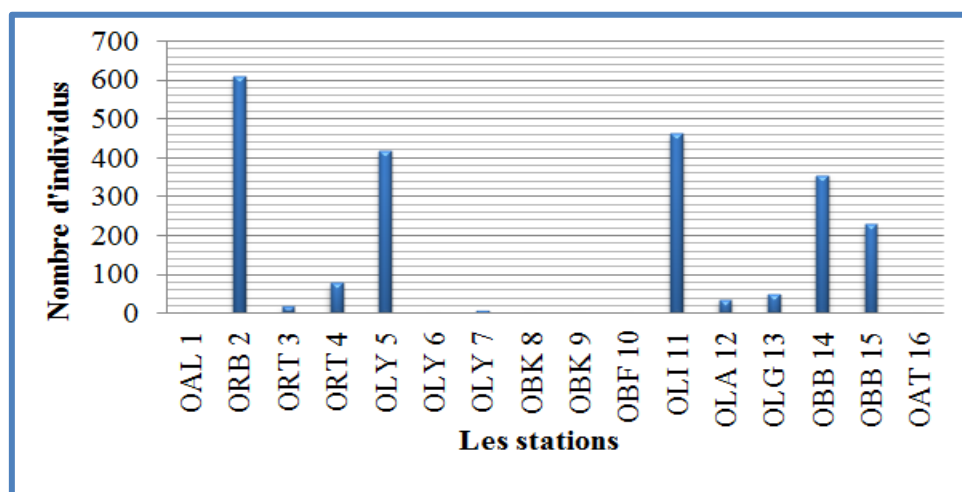


Figure 52. Abondance de taxon *Gammarus sp* récolté dans les stations échantillonnées.

B. Les Insectes

Durant notre présente étude, la classe des insectes est représenté, par 7 Ordres : Hémiptères, Odonates, Coléoptères, Trichoptères, Ephéméroptères, Plécoptères et Diptères. L'ordre des Ephéméroptères paraît le plus abondants avec un effectif de 4791 (soit 54.34% de la faune totale d'insectes), suivis par les Trichoptères avec un



total de 1999 individus (soit 22.67 % de la faune totale d'insectes), viennent par la suite, les Diptères avec un total de 1663 individus (soit 15.46 % de la faune totale).

Les deux ordres à savoir les Coléoptères et les Hémiptères, sont qualifiés comme éléments peu abondants respectivement (344 individus soit 3.92 % ; 217 individus soit 3.46%), par rapport aux autres ordres cités précédemment.

Concernant les deux derniers groupes zoologiques (Odonates et Plécoptères) sont qualifiés quant eux, comme éléments très peu abondants. Ils ne sont représentés que par une faible fraction de la totalité de taxons d'insectes dénombrés représentés respectivement (86 individus soit 0.97% ; 14 individus soit 0.15% de la faune totale). **(Figure 53).**

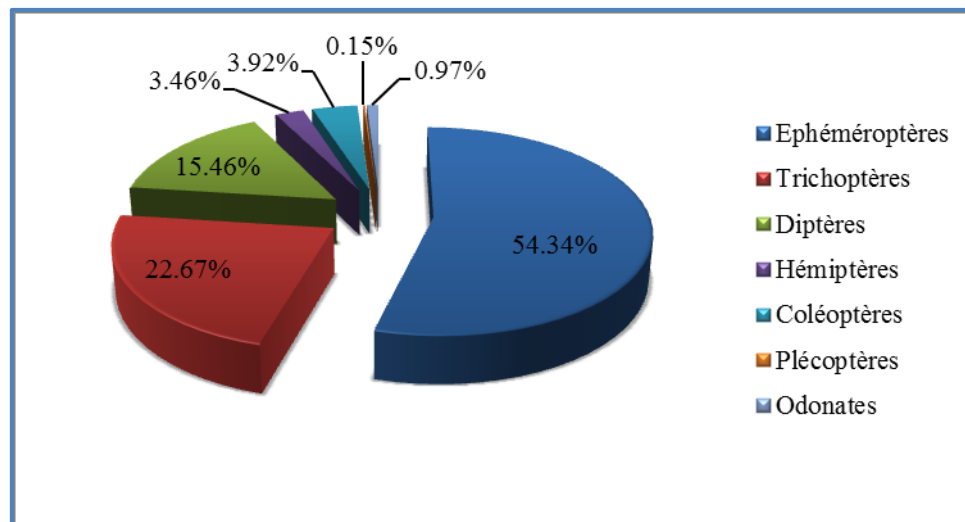


Figure 53. Abondance relative des Ordres récoltés dans les 16 stations du massif des Aurès Oriental.

➤ Coléoptères

Un total de 344 individus appartenant à 7 familles a été inventorié. La famille Dytiscidae domine le peuplement Coléoptérologique, avec 276 individus (soit 80.23 % de la faune totale des Coléoptères), suivie par les Hydrophilidae avec 57 individus (soit 16.56 % du total du peuplement), vient par la suite la famille d'Hydraenidae avec seulement 5 individus soit 1.45 % de l'ensemble des Coléoptères recensés).

La famille des Gyrinidae est représentée par 0.87 % de la faune totale des Coléoptères avec 3 individus. Les deux dernières familles ; les Elmidae et



Helophoridae ne sont représentées que par 1% de la faune totale avec seulement 2 individus pour première et un seul individu pour la seconde (**Figure 54**).

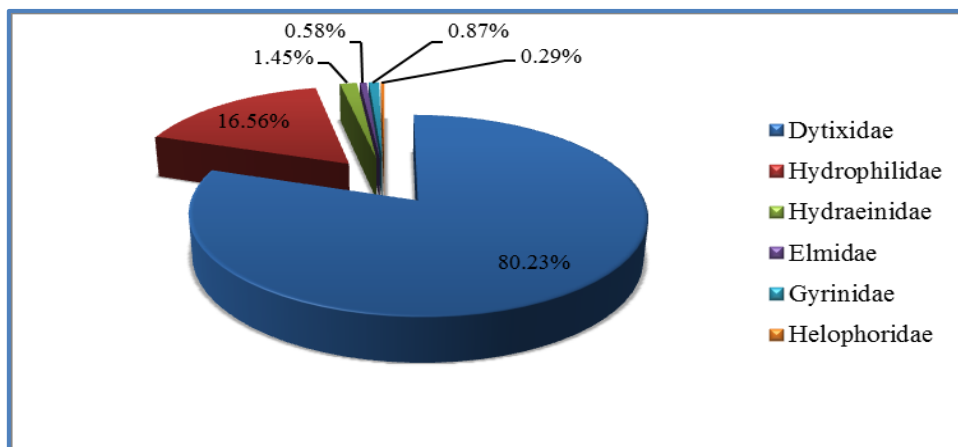


Figure 54. Abondance des familles de Coléoptères récoltés.

➤ Diptères

Dans ce présent travail, un total de 1663 individus a été collecté de ce groupe faunistique, appartenant à 5 familles identifiées. Sur le plan d'abondance numérique, la famille des Simuliidae est la mieux représentée (1262 individus soit 75.88 %) de ce peuplement. Les deux familles (Culicidae et Chironomidae) occupent la deuxième et troisième place respectivement (254 individus, soit 15.27 % ; 125 individus, soit 7.51%). Pour les deux dernières familles à savoir ; Tabanidae et Tipulidae, n'enregistrent qu'une faible fraction de la faune Diptérologique récoltée respectivement (14 individus, soit 0.84 % ; 2 individus, soit 0.12% du total du peuplement) (**Figure 55**).

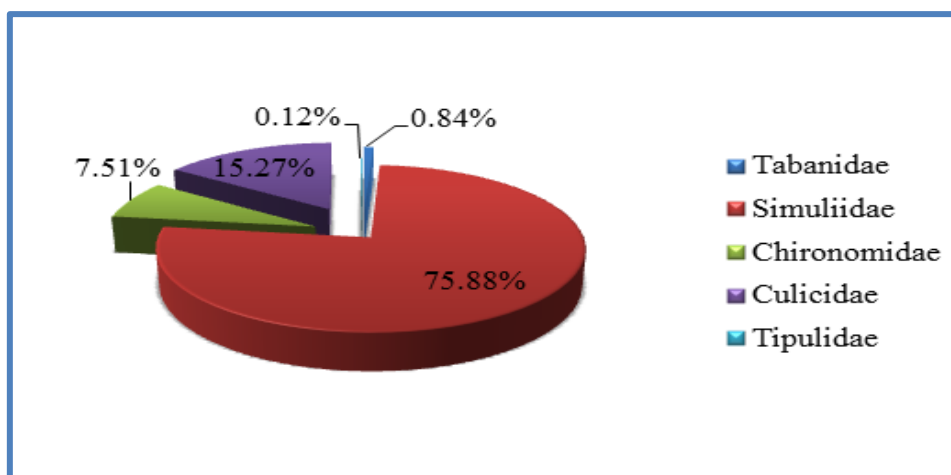


Figure 55. Abondance des familles de Diptères récoltées.



➤ Ephéméroptères

La Figure 56 analyse graphiquement l'abondance de différentes familles d'Ephéméroptères dénombrées au cours de nos prélèvements.

Un total de 4791 individus d'Ephéméroptères a été recensé. Ils se répartissent sur 4 familles identifiées (Leptophlebiidae, Heptageniidae, Baetidae et Caenidae).

Les Baetidae sont de loin la plus riche famille d'ephéméroptères. Elle est peuplée de 3428 personnes, ce qui représente 71,55 % de la population totale. Les Heptageniidae et les Caenidae sont respectivement les deuxième et troisième plus abondants de la famille, avec une abondance plus importante que celle de la famille précédente (735 individus, soit 15,34 % ; Caenidae avec 619 individus, soit 13,92 % de la faune totale des Ephéméroptères).

Les Leptophlebiidae sont faiblement représentés comparativement aux autres familles susmentionnées. En effet, seulement 9 individus ont été inventoriés, soit 0.18 % de la faune totale d'éphéméroptérologique recensée.

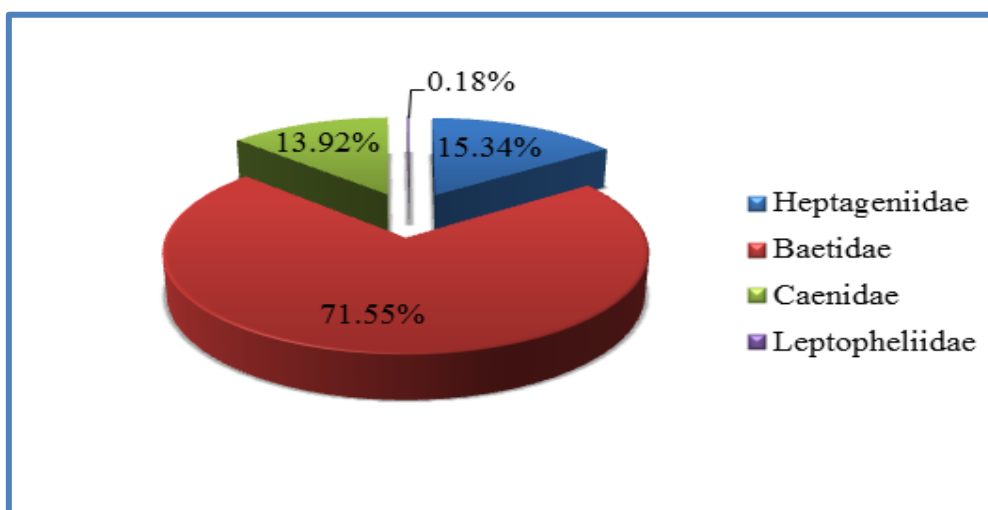


Figure 56. L'abondance des familles des Ephéméroptères récoltées.

➤ Hémiptères

La faune des Hémiptères aquatiques enregistrée dans ce travail, se compose de 217 individus appartenant à 6 familles englobant 8 genres et 4 espèces identifiés .

Le Tableau 21 récapitule la liste des taxons d'Hémiptères récoltés dans les 16 stations étudiées avec leurs abondances moyennes correspondantes.



Tableau 21 : Liste des taxons d'Hémiptères récoltés dans les 16 stations étudiées avec leurs abondances moyennes correspondantes.

Stations	OAL 1	ORB 2	ORT 3	ORT 4	OLY 5	OLY 6	OLY 7	OBK 8	OB K 9	OBF 10	OLG 13	OBB 14	OAT 16
<i>Notonecta meridionalis</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0
<i>Notonecta maculata</i>	62	0	2	2	0	5	11	5	0	0	0	0	11
<i>Corixa affinis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corixa sp</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sigara sp1</i>	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sigara sp2</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gerris sp</i>	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aquarius sp1</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0
<i>Aquarius sp2</i>	0	2	0	0	3	0	0	0	0	4	0	0	0
<i>Aquarius sp3</i>	0	6	0	0	0	0	4	0	3	25	0	0	0
<i>Aquarius sp4</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Aquarius sp5</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Nepa cinerea</i>	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0
<i>Vellia sp</i>	9	2	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Hydrometra sp</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	6	0	2	2	0

Les familles dénombrées présentent une variabilité en termes de richesse taxonomique. Les mieux représentées sont les Gerridae avec 7 taxons, suivis par les Corixidae avec 4 taxons. Ensuite, les Notonectidae avec deux espèces. Les Veliidae, Nepidae et Hydrometredae viennent en troisième position avec un seul taxon pour chacune de ces familles.

En termes d'effectif, l'espèce *Notonecta maculata* est la plus abondante (98 individus ; soit 45.16% de la faune totale). *Aquarius sp3* occupe la deuxième position avec un effectif de 38 individus, soit 17.51 % de la faune totale collectée. *Aquarius sp1* a enregistré 11.05 % de la faune totale soit 24 individus. *Veliidae sp* a enregistré 6.45 % de la faune totale soit 14 individus. *Hydrometra sp* compte 13 individus soit 5.99 % de la faune totale. Les autres taxons (*Notonecta meridionalis*, *Corixa affinis*,



Corixa sp, *Sigara sp1*, *Sigara sp2*, *Gerris sp*, *Aquaris sp1*, *Aquarius sp2*, *Aquarius sp4*, *Aquarius sp5*, *Nepa cinerea* et *Hydrometra sp*) ne sont représentés qu'une par une faible fraction de l'ensemble de la faune énumérée (**Figure 57**).

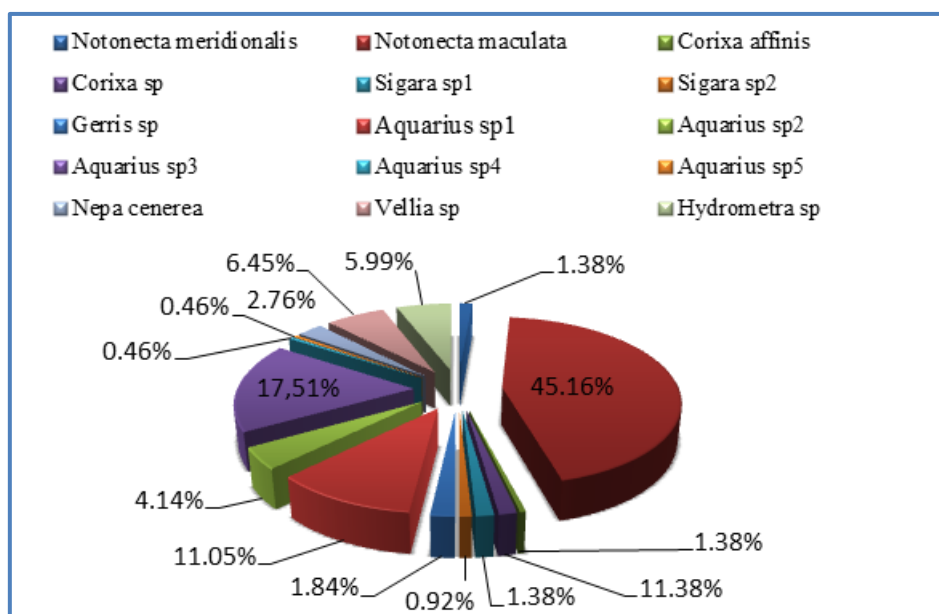


Figure 57. Abondance des taxons des Hémiptères récoltés.

Répartition spatiale des taxons inventoriés

La répartition stationnelle de ces taxons, montre que la station OLY7 présente la plus grande diversité avec 7 taxons identifiés. Par contre, les diversités les plus faibles ont été observées au niveau des stations : OLG13 et OBB14 avec seulement une seule espèce dans chaque site (**Figure 58**).

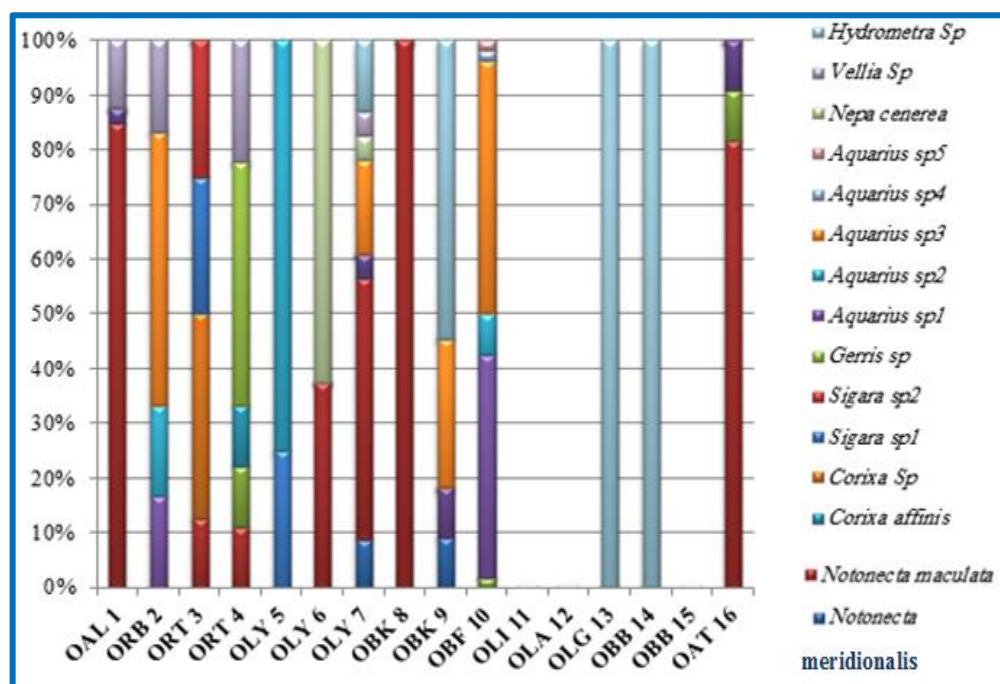


Figure 58. Répartition spatiale des espèces des Hémiptères récoltées dans les 16 stations étudiées

En plus de la région des Aurès dont les résultats ont été présentés précédemment, l'étude a également couvert d'autres régions où les échantillons de la famille Notonectidae ont été collectés, à savoir : la région de Collo et celle des hauts Plateaux d'Oum El Bouagh (**Figure 59**). Ci après, les résultats des autres régions (Khenchela et Batna (Aurès), les hauts Plateaux, Collo) seront présentés, tels qu'ils ont été publiés dans l'article scientifique (Taferghoust et al., 2025), afin de compléter l'analyse comparative entre les différentes zones étudiées.

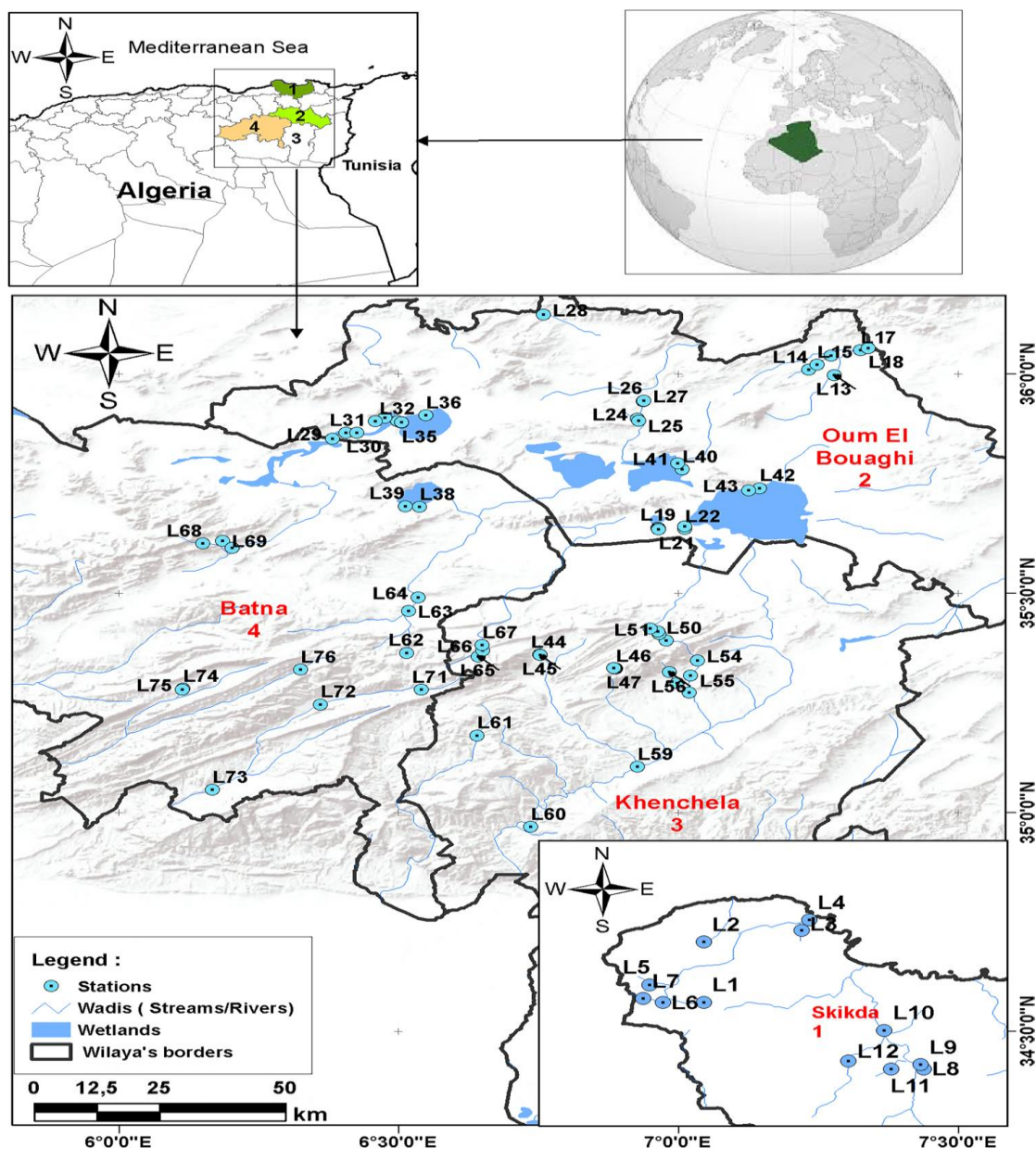


Figure 59. Carte des principaux sites d'échantillonnage dans le nord-est de l'Algérie.

L'échantillonnage des Notonectidea a été réalisé dans 76 stations réparties sur les quatre régions, de manière mensuelle, avec la mesure de certaines variables (Tableau 22).

**Tableau 22 :** Inventaire des sites d'échantillonnage dans le nord-est Algérien.

Code	Nom	Région	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)	Hydroperiod	Type de station
L5	O. Kfayoun	Collo	36°56'16.20"	6°18'7.31"	194	Temporaire	Foret
L11	O. Gratam	Collo	36°47'37.41"	6°37'35.95"	108	Temporaire	Semi-urbain
L12	O. Di El Habal	Collo	36°48'25.29"	6°34'4.60"	73	Temporaire	Semi-urbain
L13	O. Dhimine	Oum El Boughi	35°59'49.16"	7°16'46.99"	803,2	Temporaire	Agriculture
L14	O. Dahmen_0	Oum El Boughi	36° 0'31.28"	7°14'1.33"	817,7	Permanent	Agriculture
L15	O. Dahmen_1	Oum El Boughi	36° 1'13.20"	7°14'55.50"	799,3	Permanent	Agriculture
L16	O. Dahmen_2	Oum El Boughi	36° 2'26.44"	7°16'23.63"	779	Permanent	Agriculture
L17	O. Dahmen_3	Oum El Boughi	36° 3'12.09"	7°19'33.95"	754,5	Permanent	Agriculture
L18	O. Dahmen_4	Oum El Boughi	36° 3'29.21"	7°20'24.68"	746,9	Permanent	Agriculture
L19	Timerganine_1	Oum El Boughi	35°38'55.15"	6°57'52.84"	836	Temporaire	Agriculture
L20	Timerganine_2	Oum El Boughi	35°38'48.91"	6°57'53.24"	835,3	Temporaire	Agriculture
L21	Timerganine_3	Oum El Boughi	35°38'42.00"	6°57'56.93"	836,1	Temporaire	Agriculture
L22	jemott_1	Oum El Boughi	35°38'44.04"	7° 0'45.17"	832,7	Temporaire	pâtorage
L23	Jemott_2	Oum El Boughi	35°39'3.85"	7° 0'42.63"	829,2	Temporaire	pâtorage
L24	Ourkis Dam_1	Oum El Boughi	35°53'48.86"	6°55'38.87"	946,5	Permanent	pâtorage
L26	Touzline_1	Oum El Boughi	35°56'15.37"	6°56'14.47"	994,8	Permanent	Agriculture
L27	Touzline_2	Oum El Boughi	35°56'18.03"	6°56'19.85"	996,6	Permanent	Agriculture
L29	O. Zerhaib_0	Oum El Boughi	35°51'3.96"	6°22'56.44"	798,4	Temporaire	Agriculture
L37	L.Ezzemoul_1	Oum El Boughi	35°53'20.43"	6°30'22.24"	791,2	Temporaire	Agriculture
L44	O. Lazrag_1	Khenchela	35°21'32.63"	6°45'9.91"	1214	Permanent	Agriculture
L49	O. Noghis_4	Khenchela	35°19'42.17"	6°53'7.75"	1492	Permanent	Foret
L50	O. Ibikan_1	Khenchela	35°23'26.61"	6°58'42.29"	1280	Permanent	Foret
L52	O. Ibikan_3	Khenchela	35°24'43.16"	6°57'51.11"	1071	Permanent	Agriculture
L61	O. Assoul	Batna	35°10'28.33"	6°38'26.01"	1310	Temporaire	Foret
L63	O. Rbaa_S2	Batna	35°27'28.99"	6°31'7.28"	1040	Permanent	pâtorage
L64	O. Rbaa_S3	Batna	35°29'23.58"	6°32'7.62"	1011	Permanent	Semi-urbain
L65	O. Lakhal_S2	Batna	35°22'7.22"	6°39'3.04"	1303	Permanent	Agriculture
L67	O. Lakhal_S3	Batna	35°22'50.76"	6°39'1.50"	1246	Temporaire	Semi-urbain
L69	O. Bouilef_S2	Batna	35°37'7.06"	6°11'11.35"	1068	Temporaire	Foret
L70	O. Bouilef_S3	Batna	35°36'8.70"	6°12'12.68"	1000	Temporaire	Agriculture
L76	O. Labiod_S2	Batna	35°14'42.79"	6°21'38.26"	610	Temporaire	Agriculture

Nous avons identifié cinq espèces de Notonectidea : *Notonecta glauca*, *N. maculata*, *N. meridionalis*, *N. viridis* et *Anisops sardeus* (**Tableau 23**). L'espèce de loin la plus abondante est *N. maculata*, qui n'est pas présente dans la région de Collo. Cette région abrite les espèces les moins abondantes, *N. glauca* et *N. meridionalis* (**Figure 60**).



Tableau 23 : Liste des Notonectidea récoltés dans les 4 régions avec leur répartition.

Espèces	Sites
<i>Notonecta glauca</i> Linnaeus, 1758	L5, L11, L12
<i>Notonecta maculata</i> Fabricius, 1794	L13 - 24, L26, L27, L29, L36, L44, L49, L50, L52, L61, L63, L64, L66, L67, L69, L70, L72, L76
<i>Notonecta meridionalis</i> Poisson, 1926	L15, L67, L69
<i>Notonecta viridis</i> Delcourt, 1909	L13 - 17, L20, L21, L23, L24, L26, L27
<i>Anisops sardeus</i> Herrich-Schäffer, 1849	L13, L15, L16, L18 - 24, L27, L36

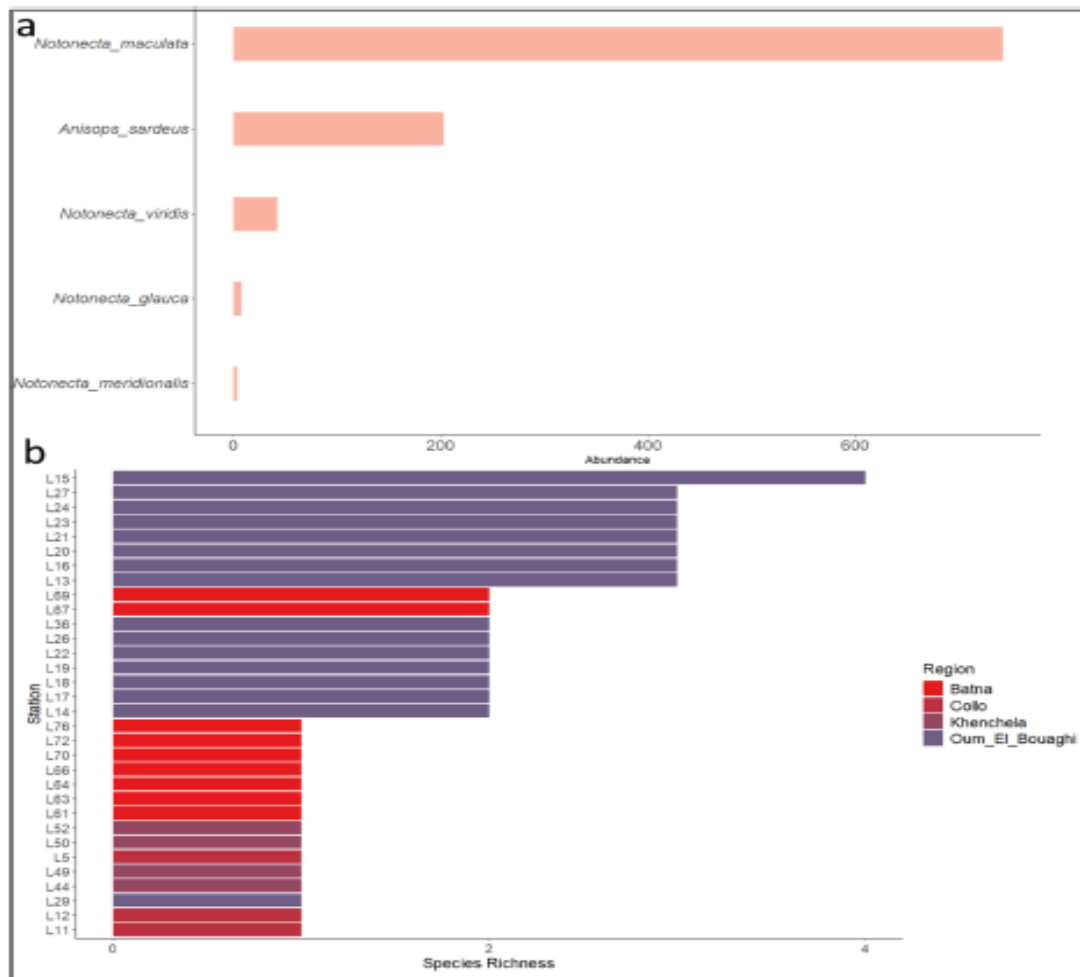


Figure 60. a.l'Abondance des espèces des Notonectidea récoltées dans les quatre régions, b. Diversité Spécifique des Notonectidea par site.



L'analyse préliminaire des données a révélé de fortes corrélations entre l'altitude et la latitude (Y), la vitesse du courant et la largeur du lit, ainsi que les hydrophytes et les héliophytes.

En raison de ces corrélations hautement significatives, la latitude, la largeur du lit et les hydrophytes ont été exclus de la suite de l'analyse afin d'éviter toute redondance. La première composante principale de l'ACP des données sur les espèces, représentant 28 % de la variance, a séparé les sites de Batna, caractérisés par *N. maculata* et *N. meridionalis*, des autres. La deuxième composante (25,5 %) distingue les sites de Collo de ceux d'Oum El Bouaghi, caractérisés par *N. viridis* et *A. sardeus* (**Figure 61**).

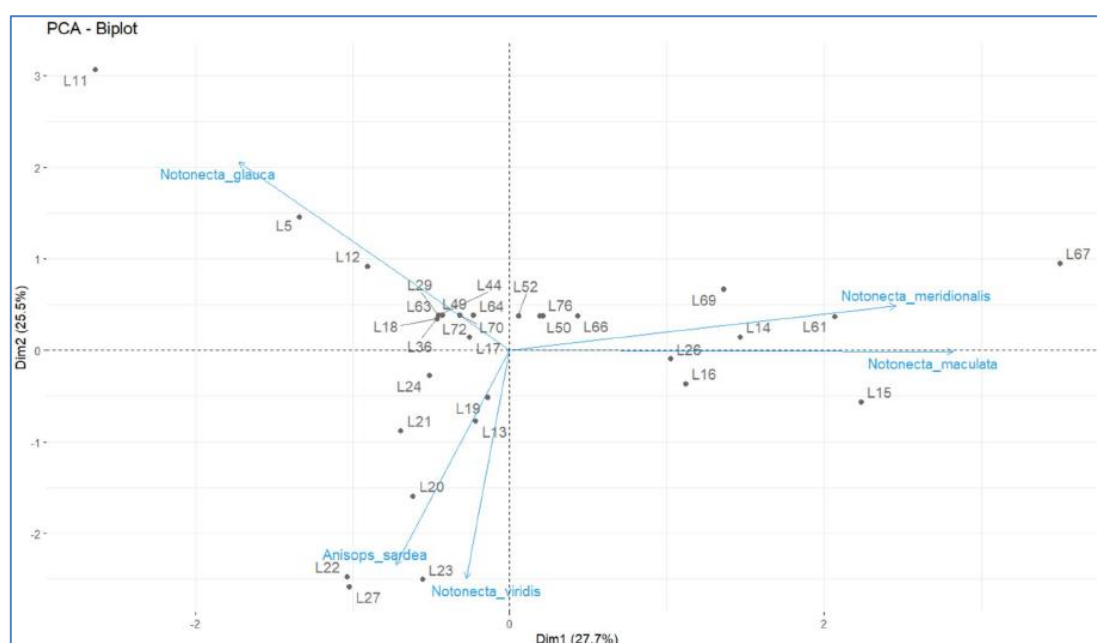


Figure 61. Biplot de l'ordination PCA des assemblages de Notonectidea dans la zone d'étude.

Les assemblages de Notonectides se distinguent nettement entre les régions étudiées, sauf à Khenchela (**Figure 62**).

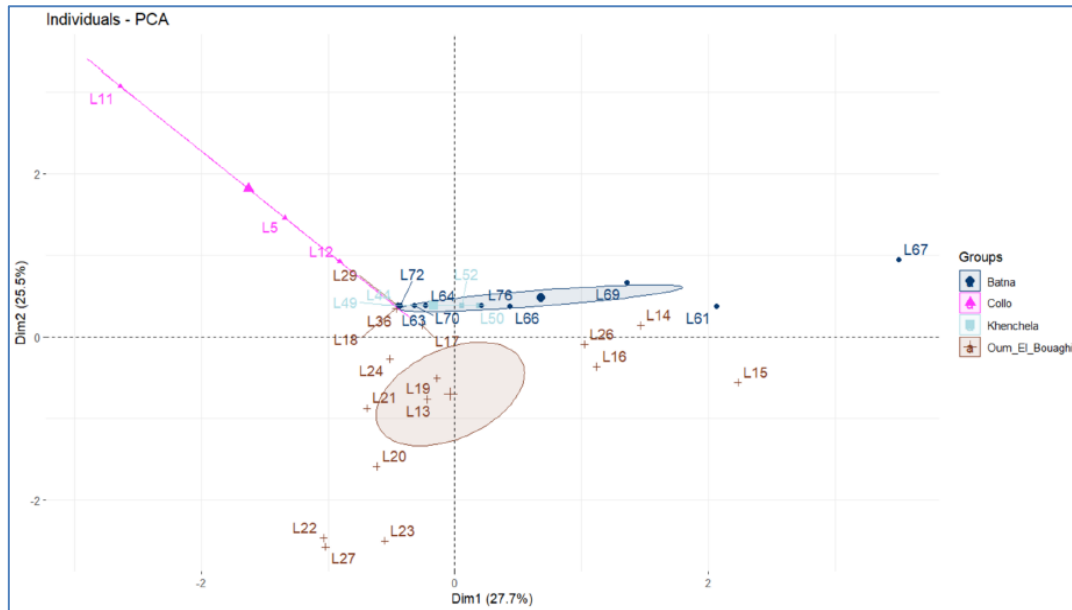


Figure 62. Répartition des régions dans les deux premières composantes.

De plus, les habitats lentiens d'Oum El Bouaghi étaient également séparables. Avant de procéder à la modélisation, nous avons calculé les valeurs VIF (variance inflation factor) pour les variables environnementales.

Toutes les valeurs étaient inférieures à 10, ce qui indique qu'il n'y a pas de multicollinéarité significative. L'ajustement vectoriel des variables environnementales mesurées avec la fonction envfit a révélé que quatre variables - le substrat ($R^2 = 0,27$, $p = 0,008$), l'altitude ($R^2 = 0,69$, $p = 0,001$), la profondeur de l'eau ($R^2 = 0,58$, $p = 0,001$) et la longitude ($R^2 = 0,60$, $p = 0,001$) - étaient significativement corrélées avec l'ordination des Notonectidea (**Figure 63**). Les hélophytes ($R^2 = 0,24$, $p = 0,062$) n'ont eu qu'une influence marginale. En outre, la fonction ordisurf a été utilisée pour tester l'effet de non-linéarité, mais ni la vitesse d'écoulement ($F = 0,22$, $p = 0,15$) ni les hélophytes ($F = 0,48$, $p = 0,06$) n'ont eu d'effet statistiquement significatif au seuil de 5 %.

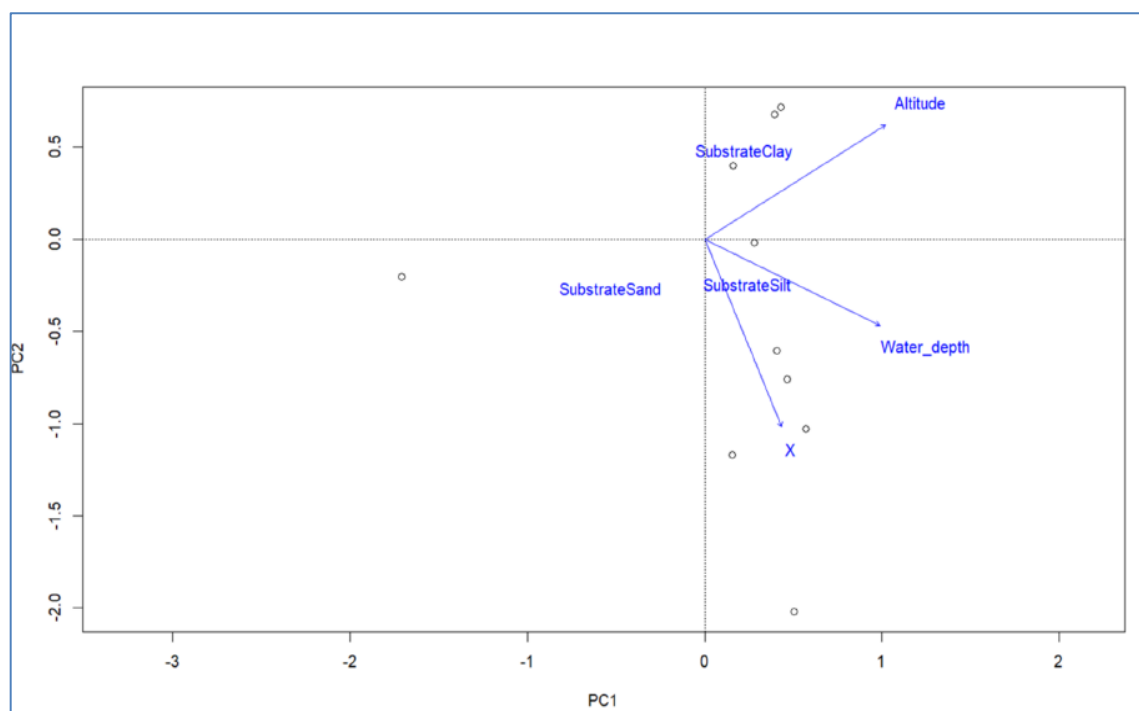


Figure 63. La relation entre les assemblages de Notonectidea et les variables environnementales : substrat, longitude (X), altitude et profondeur de l'eau.

➤ Odonates

Un total de 86 individus a été dénombré dans l'ensemble des stations prospectées. 6 espèces et 6 genres appartenant à 7 familles ont été identifiées. Les Zygoptères constitue le sous-ordre le mieux représenté avec 75 individus soit 87.20 %. Il compte 4 familles à savoir les Platynemicidae avec 42 individus soit 56 % de la faune totale des Odonates, suivie par les Lestidae avec 18 individus soit 24 %, puis vient la famille des Coenagrionidae avec 12 individus soit 16 %. La Famille Calopterygidae est représentée par une faible fraction avec uniquement 3 individus soit 4 % de la faune totale de ce groupe zoologique (**Figure 64**).

Le deuxième sous-ordre (Anisoptères) n'est représenté que par 11 individus soit 12.97 % des Odonates recensés (**Figure 65**). Il compte 3 familles, les Libellulidae est la plus dominante avec 80% de l'ensemble de la faune Odonatologique, suivis par les Gomphidae et les Aeshnidae qui constituent une faible portion (10% de la faune totale énumérée), avec un seul individu pour chacune (**Figure 66**).

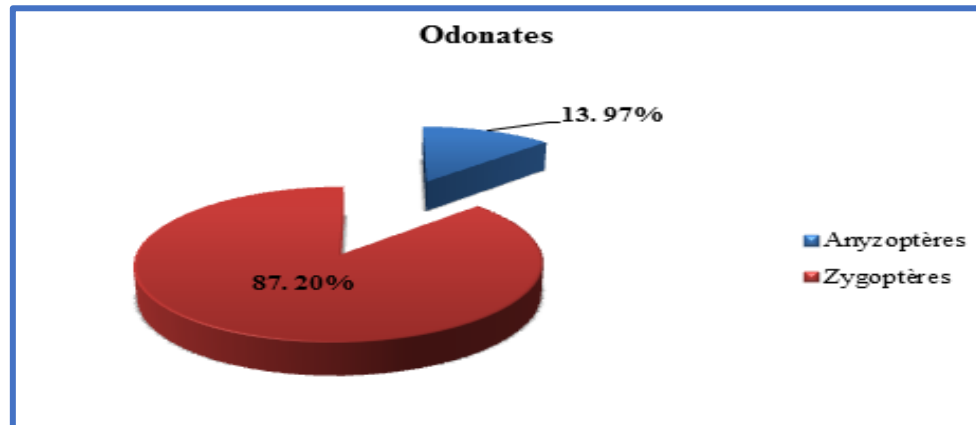


Figure 64. Répartition quantitative des Odonates recensés pendant la période d'étude.

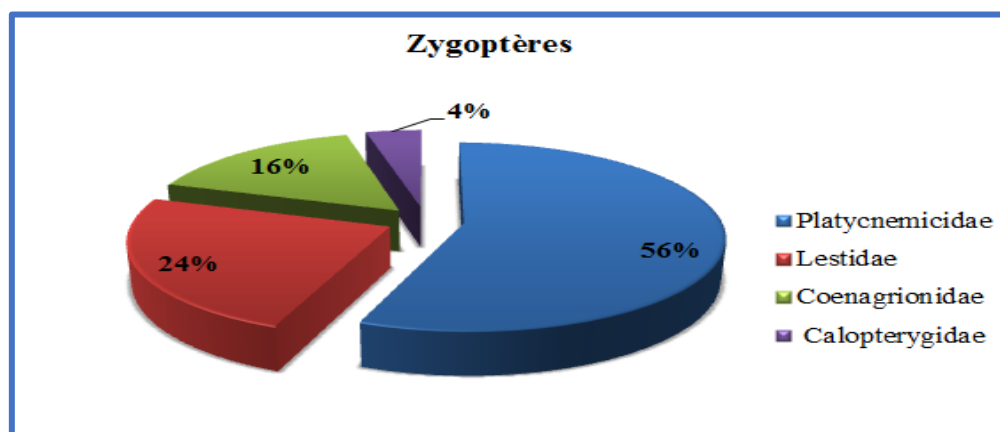


Figure 65. Abondance des familles des Zygoptères.

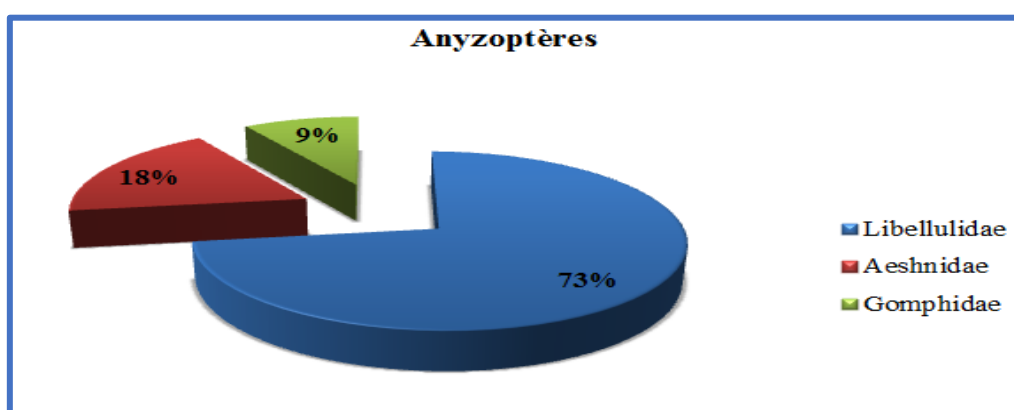


Figure 66. Abondance des familles des Anisoptères.



Répartition spatiale des taxons d'Odonates recensés.

Dans nos sites de prélèvements, la répartition des taxons d'Odonates (**Tableau 24**), montre que la station OLY6 présente la plus grande diversité avec 3 espèces (*Onychogomphus uncatus*, *Coenagrion caeruleascens*, *Lestes virens*). Les deux stations OLY 7 et ORT 3 viennent en deuxième position avec 2 espèces enregistrées pour chaque station respectivement (*Boyeria irene*, *Lestes virens*, *platycnémis subdilatata*, *Coenagrion caeruleascens*). Par contre, la plus faible diversité a été observée dans les stations : ORT4, ORB2, OBK8, OBF10 et OLG13 avec une seule espèce dans chaque site respectivement (*Lestes virens*, *platycnémis subdilatata*, *Orthetrum chrysostigma*, *Calopteryx haemorrhoidalis*, *Sympetrum fonscolombii*).

Tableau 24 : Liste des taxons récoltés d'Odonates dans les 16 stations étudiées avec leurs abondances moyennes correspondantes.

Famille	Genre	Espèce	ORB 2	ORT 3	ORT 4	OLY 6	OLY 7	OBK 8	OBF 10	OLG 13
Libellulidae	<i>sympetrum</i>	<i>Sympetrum fonscolombii</i>	0	1	0	0	0	0	0	2
	<i>Orthetrum</i>	<i>Orthetrum chrysostigma</i>	0	0	0	0	0	2	0	0
		<i>Orthetrum nitidinerve</i>	0	1	0	0	0	0	2	0
Gomphidae	<i>Onychogomphus</i>	<i>Onychogomphus uncatus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
Aeshnidae	<i>Boyeria</i>	<i>Boyeria irene</i>	0	0	0	0	2	0	0	0
Platycnemididae	<i>platycnémis</i>	<i>platycnémis subdilatata</i>	4	38	0	0	0	0	0	0
Lestidae	<i>Lestes</i>	<i>Lestes virens</i>	0	0	9	3	6	0	0	0
Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>	<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	0	0	0	0	0	0	3	0
Coenagrionidae	<i>Coenagrion</i>	<i>Coenagrion caeruleascens</i>	0	8	0	4	0	0	0	0

➤ Plécoptères

Les Plécoptères collectés dans cette étude sont en petit nombre, en comparaison avec les Ephéméroptères et les Diptères. Effectivement, en explorant les 16 stations, nous avons pu recenser un total de 14 individus, ce qui représente 0,13 % de la faune totale. Ce sont deux familles (Perlodidae et Capniidae) qui les regroupent. Les Perlodidae sont représentés par 11 individus au niveau de la station OAL1, contrairement à la seconde famille-Capniidae recensée, elle n'est compte que 3 individus enregistrés à la station OLY5.



Ces faibles effectifs observés durant nos prélèvements, dans le Massif des Aurès Oriental, s'expliquent par l'absence des biotopes et même le rétrécissement des habitats privilégiés par ces éléments appartenant au groupe faunistique des Plécoptères. Selon la littérature, les milieux préférables par ces espèces, ce sont les cours d'eau d'altitude et de moyenne montagne, bordés d'une dense végétation ainsi que des températures allant de basses à très basses.

➤ Trichoptères

Dans ce travail, nous avons collectés un total de 1999 spécimens de Trichoptères. 10 familles ont été recensées, qui se répartissent sur 10 genres et 10 espèces.

Ce groupe zoologique présente une diversité taxonomique qui diffère d'une famille à l'autre et d'une station à l'autre. Les Hydropsychidae sont la famille la plus représentée avec 7 espèces (*Cheumatopsyche lepid*, *Hydropsyche maroccana*, *Hydropsyche obscura*, *Hydropsyche lobata*, *Hydropsyche siltalai*, *Hydropsyche resmineda*, *Hydropsyche pellucidula*), suivies par les Hydroptilidae avec 2 taxons (*Hydroptila sp* et *Agraylea sp*). Ensuite, viennent les Rhyacophilidae (*Rhyacophila munda*), Polycentropidae (*Plectrocnemia sp*), Glossossomatidae (*Agapetus sp2*), Limnephilidae (*Limnephilus sp.*), Goeridae (*Silonella aurata*) et Leptoceridae (*Setodes acutus*) avec une seul taxon pour chacune.

Concernant les deux dernières familles (Lepidostomatidae et Sericostomatidae), ne sont identifiées qu'à l'échelle de la famille, à cause du manque de spécialistes de cet ordre zoologique.

L'espèce *Hydropsyche maroccana* a été qualifiée comme l'élément le plus abondant, avec un effectif qui s'élève à 1242 individus, soit 62.13% de la faune totale. *Hydropsyche lobata* vient en deuxième position avec un effectif moins important que l'espèce précédente avec 225 individus, soit 12.75 % de la faune totale collectée.

Les taxons *Limnephilus sp*, *Setodes acutus*, *Plectrocnemia sp*, *Agapetus sp2*, sont qualifiés comme éléments peu abondants comparativement aux taxons précédemment cités, leurs proportions respectives (77 individus, représentant 3.85 % ; 70 individus, représentant 3.50 % ; 67 individus, représentant 3.35 % ; 60 individus, représentant 3 % de l'univers Trichoptérologique).

[illegible]



Polycentropidae	<i>Plectrocnemia sp</i>		0	0	0	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	<i>Cheumatopsyche</i>	<i>Cheumatopsyche lepida</i> (Pictet 1834)	0	0	0	0	4	4	5	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Hydropsyche</i>	<i>Hydropsyche maroccana</i> Navás 1936	0	1	0	5	4	3	755	472	1	0	0	0	0	1
		<i>Hydropsyche obscura</i> Navás 1928	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	7	0
		<i>Hydropsyche lobata</i> McLachlan 1884	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	252	0
		<i>Hydropsyche siltalai</i> Döhler 1963	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Hydropsyche resmineda</i> Malicky 1977	11	0	0	0	0	0	0	0	39	0	2	0	0	0
		<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis 1834)	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Glossosomatidae	<i>Agapetus sp2</i>		22	0	5	0	8	0	6	0	0	3	0	0	16	0
Hydroptilidae	<i>Hydroptila sp.</i>		0	3	9	0	1	4	0	0	0	0	0	5	15	0
	<i>Agraylea sp.</i>		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limnephilidae	<i>Limnephilus sp.</i>		0	0	6	14	0	31	0	15	0	0	0	0	0	11
Goeridae	<i>Silonella</i>	<i>Silonella aurata</i> (Hagen 1864)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	19	0
Leptoceridae	<i>Setodes</i>	<i>Setodes acutus</i> Navás 1936	0	0	0	0	0	0	5	49	6	0	0	3	7	0
Sericostomatidae			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4
Lepidostomatidae			1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5.1.5. Traitement statistique des données

L'objectif de ces analyses est d'évaluer la diversité biologique et les conditions environnementales dans 16 stations en utilisant trois méthodes statistiques multivariées : l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC), l'Analyse en Composantes Principales (ACP) et l'Analyse des Corrélations (ACC). Toutes ces analyses répondront à des objectifs particuliers liés à la structure et aux interactions des familles biologiques observées et à leur relation avec les paramètres physico-chimiques des stations étudiées.



5.1.5.1. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)

L'AFC sera utilisé pour obtenir une ségrégation claire des principales familles biologiques observées au niveau des seize stations. Cette méthode permettra de visualiser les associations entre les différentes stations et les familles d'espèces en fonction de leur présence et abondance relative, facilitant ainsi l'identification des regroupements et des différences significatives entre les stations.

Tableau 26. Statistique descriptive des variables

Variable	Observations	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation
Altitude (m)	16	610.0000	1608.0000	1195.0625	230.2748
Galets et gravier (%)	16	0.0000	80.0000	41.2500	31.9635
Rochets (%)	16	0.0000	80.0000	23.7500	21.9469
Sable, argile et limon (%)	16	0.0000	100.0000	35.6250	34.2479
Type de station	16	1.0000	4.0000	2.3750	1.2042
Vitesse de courant (m/s)	16	1.0000	3.0000	1.8125	0.5439
Largeur du lit (m)	16	2.0450	8.0280	3.5556	1.6251
Profondeur (cm)	16	12.0000	38.1500	19.6588	6.5777
Végétation Hélophyte (%)	16	0.0000	60.0000	25.6250	16.5202
Végétation Hydrophyte (%)	16	2.0000	20.0000	11.3125	6.4778
RIP : Végétation riveraine (%)	16	10.0000	55.0000	34.6250	14.5505
La pollution	16	0.0000	4.0000	2.0000	1.2649
La pente (%)	16	6.0000	50.0000	26.4375	11.8094
Turbidité (%)	16	0.0000	95.0000	49.3750	33.7577

Le Tableau 26 présente les statistiques descriptives de 14 variables mesurées dans 16 stations. Le paramètre d'altitude des stations varie de 610 à 1608 mètres, avec une moyenne de 1195 mètres et une variation modérée. Les proportions de galets et de gravier ainsi que de rochers montrent une grande variabilité, allant respectivement de 0% à 80% avec des moyennes de 41,25% et 23,75%. Les substrats sable, argile et limon sont également très hétérogènes, avec des valeurs comprises entre 0% et 100%, et une moyenne de 35,63%.

Les types de stations, classés de 1 à 4, montrent une répartition assez équilibrée avec une moyenne de 2,38. La vitesse du courant varie de 1 à 3 m/s, avec une moyenne de 1,81 m/s, tandis que la largeur du lit et la profondeur présentent des



moyennes de 3,56 mètres et 19,66 cm respectivement, avec une variabilité modérée. La végétation hélophyte et hydrophyte, présentes en proportions variables, montrent des moyennes de 25,63% et 11,31%. La végétation riveraine (RIP) varie de 10% à 55%, avec une moyenne de 34,63%. Les niveaux de pollution vont de 0 à 4, avec une moyenne de 2,0, tandis que la pente des terrains varie de 6% à 50% avec une moyenne de 26,44%. Enfin, la turbidité, allant de 0% à 95%, présente une moyenne élevée de 49,38%, indiquant des conditions d'eau très variées entre les stations.

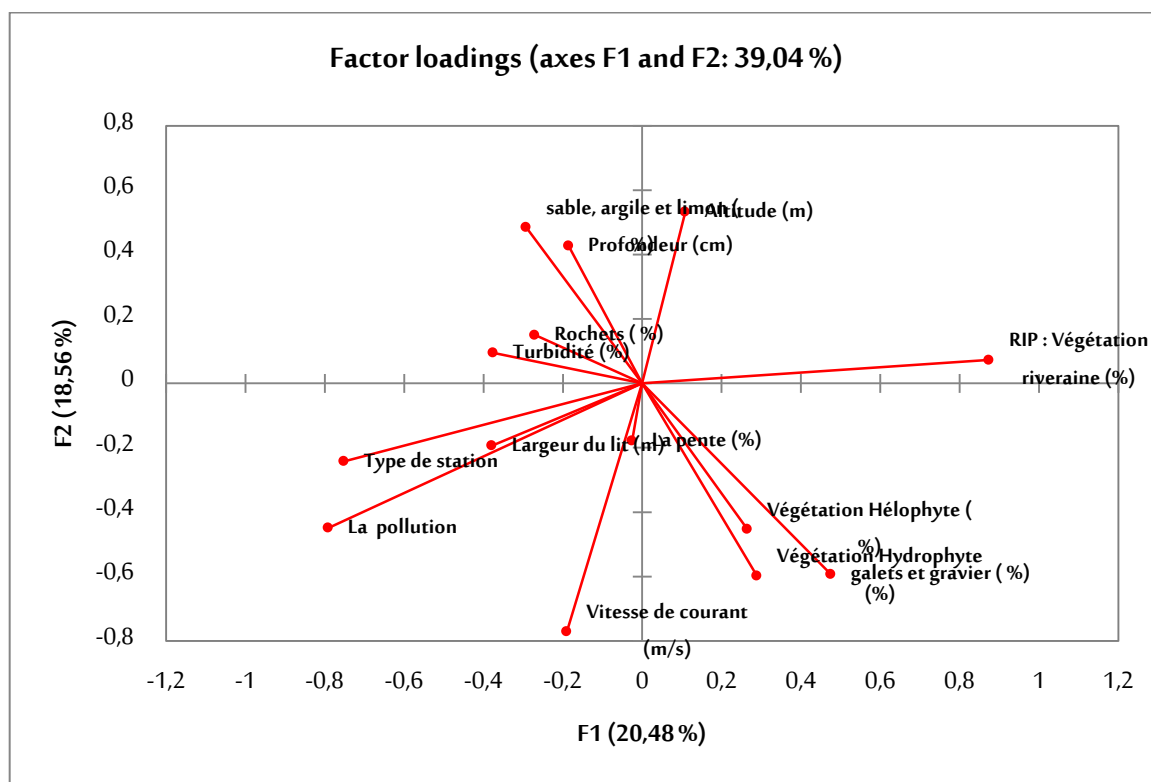


Figure 68. Représentation graphique de l'analyse factorielle des correspondances (AFC)

La Figure 68 représente une analyse factorielle des correspondances (AFC) qui a été réalisée sur cet ensemble de données environnementales a permis d'extraire plusieurs facteurs explicatifs de la variabilité observée. Les cinq premiers facteurs cumulés expliquent 72,13% de la variance totale, ce qui indique une bonne représentation de la structure des données. Le premier facteur (F1) contribue à 20,48% de la variabilité, suivi de près par le deuxième facteur (F2) avec 18,56%. Les facteurs F3 et F4 apportent respectivement 14,36% et 12,49% d'explication supplémentaire, tandis que le cinquième facteur (F5) ajoute 6,24% à la compréhension de la variabilité totale.



Tableau 27. valeurs propres, variabilité et pourcentage cumulé des Composantes Factorielles.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Eigenvalue	2.8673	2.5980	2.0111	1.7485	0.8734	0.5746	0.3849	0.0253
Variability	20.480	18.556	14.364	12.489				
(%)	7	9	6	2	6.2387	4.1046	2.7495	0.1805
Cumulative	20.480	39.037	53.402	65.891	72.130	76.234	78.984	79.164
%	7	6	2	4	2	8	2	8

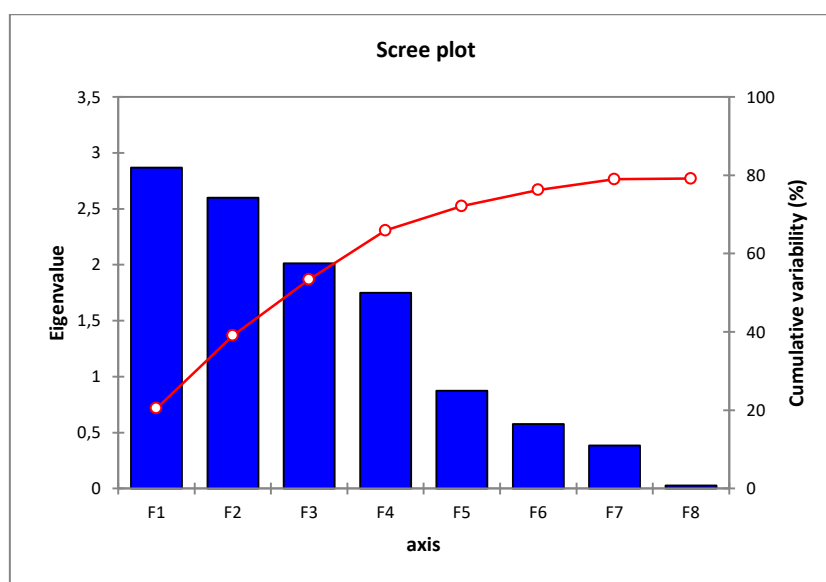


Figure 69. Scree plot des valeurs propres

L'examen des corrélations entre les variables et les facteurs révèle des associations significatives. Le premier facteur (F1) est fortement corrélé négativement avec la pollution (-0,7584) et le type de station (-0,7203), et positivement avec la végétation riveraine (RIP) (0,8379). Cela suggère que F1 représente un gradient allant des stations polluées avec peu de végétation riveraine aux stations moins polluées avec une végétation riveraine abondante. Le deuxième facteur (F2) montre une forte corrélation négative avec la vitesse du courant (-0,5488) et une corrélation positive avec l'altitude (0,3790), indiquant un contraste entre les zones de courant rapide à basse altitude et les zones de courant plus lent à haute altitude.



Les variables liées à la composition du substrat (galets et gravier, rochers, sable/argile/limon) présentent des corrélations intéressantes avec les facteurs F2 et F3. Par exemple, la proportion de galets et gravier est négativement corrélée avec F2 (-0,4215), tandis que la proportion de sable/argile/limon est positivement corrélée avec F3 (0,4964). Cela met en évidence l'importance de la nature du substrat dans la différenciation des sites échantillonnés. L'analyse des coefficients de forme factorielle (factor pattern coefficients) permet d'identifier les variables les plus influentes pour chaque facteur. Pour F1, les variables liées à la composition du substrat (galets et gravier, rochers, sable/argile/limon) ont les coefficients les plus élevés en valeur absolue, soulignant leur rôle crucial dans la définition de ce facteur. Pour F2, ces mêmes variables restent importantes, mais la vitesse du courant et l'altitude gagnent en influence. La répartition des observations sur les différents facteurs révèle des contrastes intéressants entre les sites échantillonnés. Par exemple, l'observation ORT 3 se distingue par un score élevé sur F2 (2,9717) et F3 (2,3078), tandis que OBK 9 présente un score fortement négatif sur F2 (-2,6776) mais positif sur F4 (1,6029). Ces différences suggèrent des caractéristiques environnementales distinctes entre ces sites.

Tableau 28. Mesure d'adéquation de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

Altitude (m)	0.2689
Galets et gravier (%)	0.2908
Rochets (%)	0.2035
Sable, argile et limon (%)	0.2843
Type de station	0.3963
Vitesse de courant (m/s)	0.4323
Largeur du lit (m)	0.1366
Profondeur (cm)	0.2108
Végétation Hélophyte (%)	0.1565
Végétation Hydrophyte (%)	0.2671
RIP : Végétation riveraine (%)	0.3273
La pollution	0.4192
La pente (%)	0.1257
Turbidité (%)	0.1777



KMO	0.2505
-----	--------

Il est important de noter cependant que la mesure globale de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) est relativement faible (0,2505), ce qui indique que l'échantillon pourrait ne pas être idéalement adapté à une analyse factorielle. De plus, l'alpha de Cronbach négatif pour les facteurs F1, F2 et F3 suggère une faible cohérence interne pour ces facteurs, ce qui pourrait limiter la fiabilité de l'interprétation.

5.1.5.2. Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'ACP sera appliqué pour interpréter les données physico-chimiques mesurées dans les seize stations. Cette analyse permettra de réduire la dimensionnalité des données tout en conservant l'essentiel de la variance, offrant ainsi une vue d'ensemble sur les principales caractéristiques environnementales des stations et leurs interrelations.

Tableau 29. Les valeurs des données physico-chimiques mesurées dans les seize stations par l'ACP.

	F1	F2	F3	F4
Altitude (m)	0.0136	0.3776	0.0783	0.2839
Galets et gravier (%)	0.2315	0.3432	0.1461	0.0566
Rochets (%)	0.0734	0.0528	0.4867	0.2384
Sable, argile et limon (%)	0.0804	0.1637	0.6128	0.0108
Type de station	0.6476	0.0646	0.0017	0.0236
Vitesse de courant (m/s)	0.0415	0.5924	0.1195	0.0117
Largeur du lit (m)	0.2153	0.0456	0.0272	0.3100
Profondeur (cm)	0.0409	0.2851	0.0881	0.0822
Végétation Hélophyte (%)	0.0900	0.3170	0.0428	0.0919
Végétation Hydrophyte (%)	0.0636	0.3647	0.0946	0.3775
RIP : Végétation riveraine (%)	0.7668	0.0008	0.0966	0.0101
La pollution	0.6505	0.1902	0.0080	0.0000
La pente (%)	0.0031	0.0410	0.0795	0.5279
Turbidité (%)	0.1846	0.0055	0.3114	0.0065



NB : Les valeurs en gras correspondent pour chaque variable au facteur pour lequel le cosinus carré est le plus élevé.

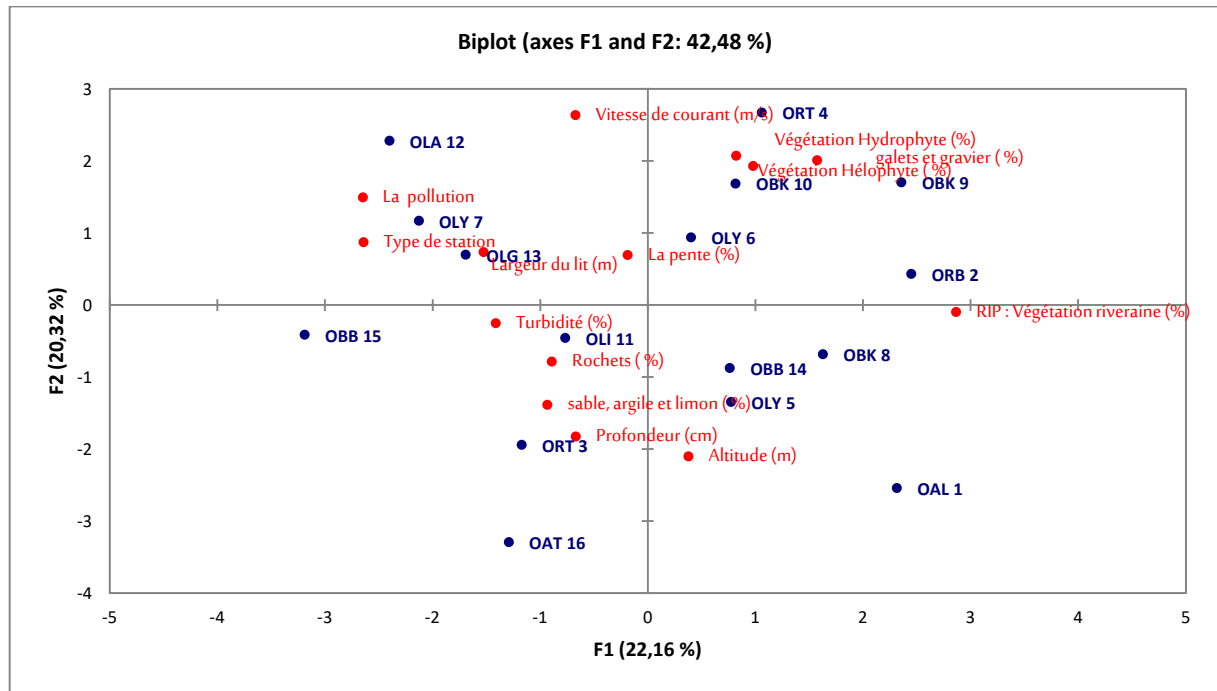


Figure 70. Biplot de l'Analyse en Composantes Principales

La première composante principale (F1) est fortement corrélée positivement avec la végétation riveraine (RIP) (0,8756) et négativement avec la pollution (-0,8066) et le type de station (-0,8047). Cette composante semble représenter un gradient environnemental allant des zones naturelles bien préservées (forte végétation riveraine, faible pollution) aux zones plus perturbées (faible végétation riveraine, forte pollution). F2 est fortement corrélée positivement avec la vitesse du courant (0,7697), la végétation hydrophyte (0,6039) et la végétation hélophyte (0,5630), et négativement avec l'altitude (-0,6145) et la profondeur (-0,5339). Cette composante semble représenter un gradient hydrologique, opposant les cours d'eau rapides et peu profonds à basse altitude aux cours d'eau plus lents et profonds à haute altitude.

L'ACP a révélé 14 composantes principales (F1 à F14), dont les cinq premières expliquent la majorité de la variance totale. F1 représente 20,48% de la variabilité, F2 18,56%, F3 14,36%, F4 12,49%, et F5 6,24%. Cumulativement, ces cinq premières composantes expliquent 72,13% de la variance totale, ce qui indique



une bonne réduction de la dimensionnalité des données tout en conservant une part importante de l'information.

Les variables qui contribuent le plus à F1 sont la végétation riveraine (24,71%), la pollution (20,97%) et le type de station (20,87%). Pour F2, ce sont la vitesse du courant (20,83%), l'altitude (13,28%) et la végétation hydrophyte (12,82%). Ces contributions aident à comprendre quelles variables sont les plus importantes pour chaque composante principale.

Les cosinus carrés indiquent la qualité de représentation des variables sur chaque composante. Par exemple, la végétation riveraine (0,7668), la pollution (0,6505) et le type de station (0,6476) sont bien représentés sur F1. La vitesse du courant (0,5924) est bien représentée sur F2. Ces valeurs aident à identifier quelles variables sont les mieux expliquées par chaque composante. Les contributions des observations montrent que certains sites ont une influence particulière sur certaines composantes. Par exemple, OBB 15 contribue fortement à F1 (20,43%), tandis que OAT 16 contribue fortement à F2 (23,85%). Les cosinus carrés des observations indiquent quelles composantes décrivent le mieux chaque site d'échantillonnage.

En conclusion, cette ACP a permis de réduire efficacement la dimensionnalité des données tout en conservant une part importante de l'information. Elle a révélé des gradients environnementaux et hydrologiques importants (représentés par F1 et F2) ainsi que des patterns liés à la nature du substrat et à la morphologie des cours d'eau (F3 et F4). Cette analyse fournit une base solide pour comprendre les principales sources de variation dans les données écologiques des cours d'eau étudiés et pourrait guider des analyses plus approfondies ou des décisions de gestion environnementale.

5.1.5.3. Analyse des Corrélations Canonique (ACC)

Les écosystèmes aquatiques abritent une grande diversité d'insectes dont la distribution est influencée par de nombreux facteurs environnementaux. Cette étude vise à explorer les relations complexes entre les communautés d'insectes aquatiques et les caractéristiques de leur habitat à travers une analyse de corrélation canonique (ACC).



Cette étude utilise l'analyse de corrélation canonique (ACC) pour explorer les relations complexes entre les communautés d'insectes aquatiques et les caractéristiques de leur habitat. L'ACC est une technique statistique puissante qui permet d'examiner les relations entre deux ensembles de variables, dans ce cas, les espèces d'insectes aquatiques et les paramètres environnementaux. Les résultats présentés incluent les coefficients d'adéquation des variables canoniques et les cosinus carrés pour les deux ensembles de variables (Y1 pour les espèces et Y2 pour les variables environnementales) sur 14 facteurs canoniques (F1 à F14).

L'analyse des coefficients d'adéquation des variables canoniques pour Y1 révèle que les facteurs les plus importants pour expliquer la variabilité des communautés d'insectes sont F12 (0,1183), F3 (0,1019), et F11 (0,0906). Ces facteurs semblent jouer un rôle prépondérant dans la structuration des communautés d'insectes aquatiques. Pour les variables environnementales (Y2), les facteurs les plus influents sont F8 (0,1412), F14 (0,0972), et F5 (0,0914). Cette différence dans l'importance relative des facteurs entre Y1 et Y2 suggère que les variables expliquant le mieux la distribution des espèces ne sont pas nécessairement celles qui varient le plus dans l'environnement, soulignant la complexité des interactions entre les insectes aquatiques et leur habitat.

L'examen des cosinus carrés pour Y1 révèle des patterns intéressants dans la distribution des espèces. Par exemple, *Notonecta obliqua* montre une forte association avec F3 (0,4020), suggérant que cette espèce est particulièrement sensible aux conditions environnementales représentées par ce facteur. De même, *Hydropsyche maroccana* présente une forte relation avec F10 (0,4667), indiquant une préférence marquée pour certaines conditions spécifiques. Ces résultats mettent en lumière la spécificité écologique de certaines espèces et leur potentiel en tant que bio-indicateurs de conditions environnementales particulières.

L'analyse des cosinus carrés pour Y2 fournit des informations cruciales sur l'importance relative des différentes variables environnementales. La profondeur (cm) montre une forte association avec F8 (0,5015), suggérant que ce paramètre est un facteur clé dans la structuration des habitats aquatiques. L'altitude (m) présente des associations notables avec F8 (0,3959) et F14 (0,2104), indiquant son rôle important



dans la détermination des conditions environnementales à différentes échelles. La pollution montre une forte relation avec F10 (0,3258), soulignant son impact significatif sur les communautés d'insectes aquatiques.

Les résultats mettent en évidence la complexité des interactions entre les espèces d'insectes aquatiques et leur environnement. Par exemple, la famille des Sericostomatidae montre une forte association avec F2 (0,4367), un facteur qui est également important pour la largeur du lit (0,3102). Cette corrélation suggère que la distribution de cette famille pourrait être influencée par la morphologie du cours d'eau. De même, l'espèce *Hydropsyche obscura* présente une forte association avec F3 (0,3125), un facteur qui est également important pour le pourcentage de sable, argile et limon (0,2516), indiquant une possible préférence de cette espèce pour certains types de substrats.

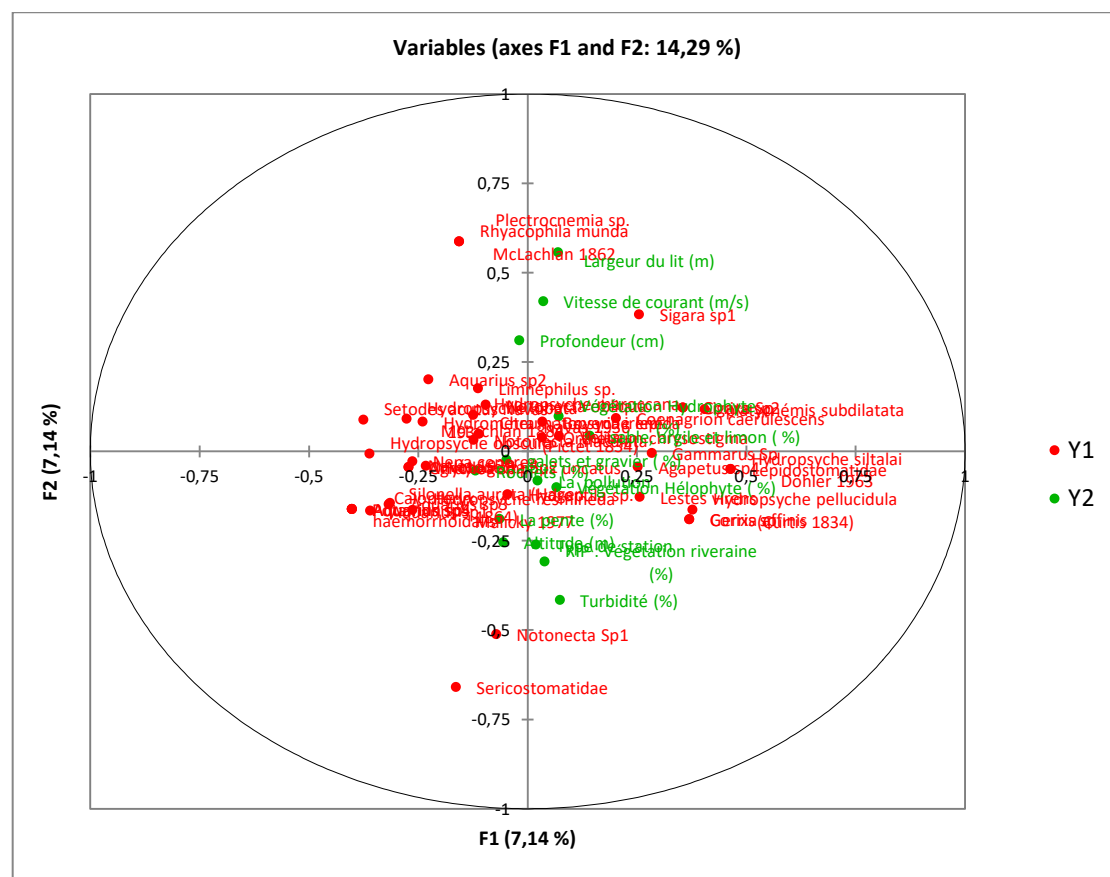


Figure 71. Relation entre les communautés d'Insectes aquatiques et les variables environnementales : représentation des deux premières variables canoniques.



Le résultat de cette étude a des répercussions importantes sur la préservation et la gestion des environnements aquatiques. La répartition des espèces est fortement influencée par des éléments tels que la profondeur, l'altitude et la pollution, ce qui souligne l'importance de préserver la diversité des habitats aquatiques et de contrôler les sources de pollution. En outre, l'originalité écologique de certaines espèces, comme l'illustrent leurs fortes connexions avec certains facteurs, laisse entendre qu'elles pourraient servir d'indicateurs de la qualité de l'habitat ou des évolutions naturelles.

5.2. Discussion générale des résultats

La faune benthique totale récoltée dans le Massif des Aurès Orientale, se compose fondamentalement de trois grands groupes de macroinvertébrés benthiques ; les **Arthropodes** (98.13%), les **Annélides** (1.62%) et les **Mollusques** (0.25%). Ces deux derniers groupes faunistiques sont représentés par une seule classe pour chacun respectivement (Clitellata, Gastéropodes). Par contre, l'Embranchement des Arthropodes sont représentés par deux classe : les Crustacés et les Insectes. Cette dernière, a été qualifiée comme la classe la plus abondante et la plus diversifiée par un total de 8615 individus répartis en 7 ordres. Les observations de Bouchelouche (2015) corroborent nos propres constatations, lorsqu'il disait « Dans les écosystèmes d'eau courantes, les insectes sont considérés comme les plus représentés de tous les macroinvertébrés benthiques en termes d'abondance et biodiversité ».

De plus, Bouchelouche (2015) et Forister et *al.*, (2019) s'accordent à dire que les représentants de cette classe d'Insectes sont essentiels au bon fonctionnement de nombreux écosystèmes terrestres et aquatiques et aussi sont les plus utilisés dans les travaux de bio-surveillance des écosystèmes aquatiques tel que les Trichoptère, les Plécoptères, les Ephéméroptères ...etc

10 espèces du peuplement des Trichoptères ont été répertoriés au cours de la prospection des 16 stations étudiées. Ils sont répartis en dix familles et en dix genres. Parmi les espèces identifiées, *H. resmineda* et *H. maroccana*, sont qualifiés comme éléments endémiques maghrébins en termes de Chorologie. Leur aire de répartition recouvre les pays du Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie) et s'étendent pour atteindre les Iles Canaries dans la partie Ouest Paléarctique. L'espèce *H. lobata*, est considérée comme taxon à distribution Ouest-méditerranéenne. Son aire de répartition s'élargit



pour couvrir tous les pays de la partie Ouest de la Méditerranée. En ce qui concerne les trois espèces *Silonella aurata*, *H. siltalai* et *H. lobata*, sont nouvellement décrites de la partie Nord-est d'Algérie.

Hydropsych sp est l'un des taxons de Trichoptères les plus diversifiés et les plus dominants dans les écosystèmes d'eau ordinaires. (Hildrew & Edington 1979 ; Dolédec & Tachet 1989 ; Statzner et al., 1988 et Ferreras-Romero, 2009), confirment que ces éléments fournissent des services écosystémiques clés et leur coexistence suggère souvent une niche complexe divisée selon diverses dimensions : vitesse du courant, cycles de vie, régime alimentaire et micro-habitat.

Les Rhyacophilidae sont qualifiés comme éléments les moins dominants et les moins diversifiés par rapport aux autres familles énumérées dans ce peuplement Trichoptérologique. Selon Maliky & Lounaci (1987), en Algérie, cette famille n'est représentée que par deux espèces ; *Rhyacophila munda* et *Rhyacophila urgl*, connues seulement de la région de la Kabylie du Djurdjura. Durant nos prélèvements, elle a été signalée uniquement à la station OLY5 avec 8 individus.

Dans les cours d'eau de la région d'étude, la richesse taxonomique de ce peuplement Trichoptérologique est faiblement représentée, comparativement aux autres zones géographiques d'Algérie (Dambri et al., 2020 au Aurès :18 espèces ; Lamine, 2021 dans le massif du Djurdjura: 19 espèces).

Par rapport aux autres zones géographiques des pays avoisinants, ce paramètre de structure paraît encore plus faible. En effet, au Maroc dans le Rif 41 espèces (Hajji et al., 2013), au Moyen-Atlas 46 espèces (Dakki, 1982).

La richesse en espèce de cet ordre d'Insectes en Méditerranée occidentale, est beaucoup plus importante que celle observée au Maghreb dans son ensemble (González & Martínez, 2011).

- Péninsule Ibérique : 327 espèces appartenant à 75 genres et 22 familles;
- Espagne (tout le territoire) : 324 espèces ;
- Portugal : 185 espèces ;
- Andorres : 60 espèces.



La faible richesse taxonomique enregistrée dans notre zone d'étude, ne peut s'expliquer que par le climat semi-aride, les faibles précipitations et les températures élevées pendant la période estivale (maximums entre 34°C et 44°C) ainsi que la pression anthropique qui pèse lourdement sur les écosystèmes lotiques en général et la faune aquatique en particulier. La composition et l'évolution de la des population trichoptérologie peut être influencée par l'impact de l'homme, qui pouvant causer des dommages importants aux habitats. Les diverses sortes de pollution constituent les principales menaces pour la diversité de ce genre d'insectes, reconnus comme les plus vulnérables face à la pollution organique (Basaguren & Orive, 1990a, 1990b).

Dans les cours d'eau étudiés, la répartition spatiale des espèces de cet ordre d'insectes, varie d'une station à une autre. En effet, nous avons constaté qu'elle est assez diversifiée dans certains sites: OLY6, OBB15 et OBB14 (entre 5 et 6 taxons) et pauvres dans d'autres : OLI11, OLA12, ORB2 et ORT3 (entre 1 et 2 espèces).

Les sites aquatiques abritant une richesse en espèces élevée, sont caractérisés par un courant vif, situés dans des zones à haute altitude, dotées par une végétation riveraine assez dense. Par contre, ceux qui sont pauvres en espèces et en abondance se trouvent dans des biotopes semi-urbains, rurales et agricoles. Ces tronçons de rivières dégradés, reflètent une influence significative des activités humaines, principalement issues des eaux usées domestiques et des rejets issus des travaux d'élevage et d'agriculture.

L'inventaire faunistique ainsi établi du peuplements d'Odontologie, montre que la famille Platynemididae est considérée comme la plus abondante parmi celles recensées, avec une seule espèce *Platynémis subdilatata*. En effet, cette dernière, a été collecté dans deux stations (ORB2 et ORT3) avec une abondance numérique de 42 individus. Les biotopes de cet élément, sont caractérisés par l'absence de pollution, une couverture végétale dense et un courant vif. En termes de répartition géographique, cette espèce est qualifiée comme endémique du Maghreb, elle recouvre les trois pays (Tunisie, Algérie et Maroc) de cette entité géographique méditerranéenne (Packer et al., 2009). Sa première description remonte en 1849 (Khalifa, 2017).



La famille des Lestidae occupe la deuxième place sur le plan d'abondance numérique après celle précédemment citée. Elle est représentée elle aussi, par une seule espèce *Lestes virens*, dans trois sites (ORT 4, OLY6 et OLY 7) Avec une abondance numérique allant de 3 individus dans la station OLY 6 à 9 individus dans la station ORT 4. Cette dernière station se caractérise par un vilosité lente, pollution moyenne, végétation bordante très abondante et un profondeur d'eau faible (17.5 cm).

Sur la plan biogéographique, cette espèce est répandue dans la partie méridionale de la Méditerranée, aussi bien en Afrique qu'en Asie Mineure. Elle est moins courante et locale en Europe du Centre et rare en Europe du Nord. (Baron de Selys-Longchamps & Hagen, 1850). Cette espèce a été décrite pour la première fois par le scientifique britannique Chales De Geer en 1771, dans son ouvrage intitulé Mémoire pour servir à l'histoire des insectes. Vol. 3. De l'imprimerie de LL Grefing.

Dans les stations prospectées, la famille des Gomphidae est représentée aussi par une seule espèce ; *Onychogomphus uncatus*. Elle a été repérée avec un seul individu en un seul site (OLY6). Ce dernier se caractérise essentiellement par par un pollution forte , végétation bordante très abondante, un profondeur d'eau moyenne et un courant vif.

Selon Samraoui & Corbet (2000), ce taxon est considéré comme étant très rare dans la Numidie. Cette espèce vit dans des biotopes à granulométrie mixte (sédiments fins et grossiers), avec une végétation riveraine dense. Ces observations sont en accord avec celles observées par Mebarki, (2017) et en même temps, confirment les conclusions de Leipelt & Suhling (2001) quant au rôle essentiel de ce paramètre mésologique dans la répartition spatiale de cette famille.

D'après Ferreras-Romero et *al.*, (2009), Dans leur globalité, les systèmes fluviaux méditerranéens se distinguent par une grande variété structurelle et un nombre exceptionnel d'espèces appartenant à la famille des Gomphidae, ce qui en fait un indicateur précieux d'un bon fonctionnement du système fluvial. Selon Benchalel et *al.*, (2012), les Gomphidae qui ont des besoins respiratoires rigoureux ne supportent pas une hausse de la pollution et des transformations structurelles de la rivière. Ces espèces ont été substituées par d'autres omniprésentes et allochtones suite aux perturbations causées par l'homme dans leurs habitats. Par conséquent, ces espèces sont clairement liées à une qualité optimale de l'eau.



Après cette série d'observations, il est évident que les cours d'eau étudiés de la région des Aurès sont fortement impactés par l'activité anthropiques, En conséquence, les habitats de la plupart des espèces de macroinvertébrés benthiques sont considérablement dégradés.

On qualifie les deux espèces de *Boyeria irene* et d'*Onychogomphus uncatus* comme éléments dite : sténoèces. Elles sont très rares et très peu nombreuses. On observe la première à la station (OLY7 ; trois individus) et la seconde à la station (OLY6 ; un seul individu). D'après Benchalel & Samraoui (2012), ces deux espèces requièrent des conditions d'habitat spécifiques, comprenant des eaux limpides et abondamment oxygénées, un débit constant tout au long de l'année et une température propice garantie par une couverture végétale abondante. En revanche, dans les biotopes étudiés ici, ces paramètres mésologiques su-cités, sont défavorables à l'installation et à la diversification d'une faune riche à l'échelle générique et spécifique.

Dans la région des Aurès, la communauté énumérée de ce groupe zoologique d'Odonate semble être peu nombreuse par rapport aux autres régions de l'Algérie. Seules 9 espèces ont été identifiées dans l'ensemble des cours d'eau étudiés.

En revanche, d'autres oueds algériens ont été observés avec une richesse spécifique moyenne. Par exemple, l'oued Bouarroug a été soumis à un effort d'échantillonnage similaire. 11 espèces ont été enregistrées dans l'oued Bouarroug, 13 espèces ont été collectées dans l'Ouedi Kébir Est, et 13 espèces ont également été énumérées dans l'Oued El Harrach (Hafiane et al., 2016).

Une richesse taxonomique assez élevée (19 espèces) a été remarquée aussi dans l'Oued Isser, dans la partie extrême Ouest de la Grande Kabylie (Bouchelouche, 2015). Cette augmentation de richesse, peut être expliquée par la diversification ou la multiplicité des microhabitats échantillonnés, caractérisant les biotopes aquatiques étudiés.

Dans notre zone d'étude, la baisse en richesse taxonomique d'Odonates, est due probablement d'une part, à la pollution chimique résultant d'une utilisation intensive de pesticides et d'insecticides et d'autre part, à la pollution organique résultant de surpâturage, qui sont parmi les facteurs les plus importants conduisant à la réduction des microhabitats et par conséquent la diminution du nombre d'espèces occupants ces biotopes spécialisés.



Bien que les facteurs abiotiques (pollution, température de l'eau, substrat, débit de l'eau, altitude, hydropériode et couvert végétal) sont souvent à l'origine d'une grande partie (70,4 %) de la variation de la composition des espèces, les interactions biotiques (prédation, compétition et parasitisme) et les facteurs abiotiques non mesurés tels que le partage des ressources (Schoener, 1974 ; Levins, 1979) et la prédation (McPeck & Brown, 2000) pourraient également avoir un impact sur les assemblages d'Odonates.

Concernant l'ordre des Hémiptères nous avons focalisé dans cette étude sur la famille des Notonectidae, prédateurs actifs d'invertébrés aquatiques et qui constituent un élément clés des systèmes trophiques d'eau douce (Taferghoust et al., 2025). Par ailleurs nous avons mené l'étude de la répartition de cette famille dans d'autres régions en plus des Aurès, notamment les Hautes plateaux d'Oum El Bouaghi (Satour et al., 2024) ainsi que la région de Collo (Boucenna et al., 2023).

Dans la région des Aurès nous avons récolté 98 individus de cette famille qui se compose d'un seul genre avec deux espèces : *Notonecta maculata* et *Notonecta meridionalis*. Ces espèces ont également été recensées dans la région des Hauts plateaux, où elles se sont révélées plus abondante avec 205 individus (137 individus pour *Notonecta maculata* et 68 pour *Notonecta meridionalis*). L'enregistrement de l'espèce *Notonecta maculata* dans la région des Aurès contraste avec les résultats de Annani et al., 2012 qui ont rapporté la présence exclusive de cette espèce dans les Hautes Plateaux d'Oum El Bouaghi (Satour et al., 2024).

En terme d'effectif l'espèce *Notonecta maculata* a été la plus abondante avec 90 individus, 62 individus ont été enregistrés dans une seule station (OAL 1) qui se caractérise avec une vitesse du courant lente les autres 28 individus ont été répartis de manière hétérogène dans les stations suivantes : ORT 3, ORT 4, OLY 6, OBK 8, et OAT 16, contrairement à la station précédemment mentionnée, ces dernières se distinguent par une vitesse de courant allant de moyenne à rapide, ce résultat semble cohérent avec celui de Pierre et al., 1982 où il affirme dans son travail que cette espèce c'est la plus abondante de toutes les Notonectidae, présente à la fois dans les eaux stagnantes de plaine et d'altitude et dans les eaux faiblement courantes.

Le substrat c'est l'un des facteurs les plus importants influençant la distribution de ces deux espèces, selon Reducto et al., 2015 *Notonecta maculata* préfère de petits habitats avec un substrat argileux. C'est le même résultat auquel nous sommes



parvenus, où nous avons remarqué que : *Notonecta maculata* et *Notonecta meridionalis*, occupent des zones à substrat argileux.

D'autres espèces et autres genres de la famille de Notonectidea ont été enregistrés que dans la région d'Hauts plateaux d'Oum El Bouaghi, telles que : *Notonecta viridis* et *Anisops sardeus*. Alors que l'espèce *Notonecta glauca* a été enregistrée seulement dans la région de Collo notamment dans les stations de haute altitude à faible courant où la végétation aquatique est abondante, fournissant abri et proies appropriées.

La répartition des cinq espèces de Notonectidea recensées varie géographiquement, *Notonecta maculata* et *N. glauca* occupant des aires de répartition distinctes. *Notonecta maculata* se trouve sur les Hauts Plateaux et dans l'Atlas saharien, et son abondance reflète la prépondérance des sites de ces régions. En revanche, *N. glauca* habite les régions côtières et est absente des régions semi-arides. Bien que *N. meridionalis* n'ait pas été observée dans la région de Collo au cours de cette étude, il convient de noter que l'espèce est abondante et répandue dans les zones humides côtières du nord-est de l'Algérie (Annani et al., 2012).

Notonecta meridionalis est syntopique de *N. glauca* et occupe des mares temporaires, des mares résiduelles, des marais et des mares résiduelles dans des cours d'eau intermittents. De même, *N. viridis* et *A. sardeus* se trouvent dans les zones humides côtières, et leur absence dans la région de Collo est probablement due au manque d'habitats lenticques échantillonnés à Collo. Il est important de noter, cependant, que *N. viridis* est significativement moins commun dans la région nord que *N. glauca* et *N. meridionalis*. Ces résultats s'alignent sur des recherches antérieures, qui indiquent un manque de chevauchement géographique dans les aires de répartition des Hémiptères aquatiques, avec *N. maculata* confinée aux Hauts Plateaux, tandis que les espèces telles que *Hydrocyrius columbiae* Spinola, 1850, *Ranatra linearis*, *Hesperocorixa linnaei*, et *Micronecta scholtzi* sont restreintes au littoral septentrional (Annani et al., 2012).

La présence de trois ou quatre espèces de Notonectidea soulève la question de la coexistence de ces espèces. Une question soulevée par Hutchinson (1959) lorsqu'il envisageait la coexistence de trois espèces de Corixa dans un petit étang artificiel à Monte Pelligrino, en Sicile. Bien que la position trophique de la plupart des notonectides et des corixidés soit mal esquissée (Klečka, 2014), les notonectides sont connus pour être des prédateurs actifs du zooplancton et d'autres organismes



aquatiques (Batzer & Wissinger 1996). Ils peuvent parvenir à un cloisonnement des niches grâce à des différences de taille corporelle, qui affectent probablement la taille des proies (Fox, 1975), et grâce à l'utilisation sélective de microhabitats, tels que des profondeurs d'eau et des densités de végétation variables (Bennett & Streams 1986). Quatre facteurs environnementaux ont été trouvés pour influencer les assemblages de notonectides dans la région étudiée : La longitude, l'altitude, la profondeur de l'eau et le substrat. La longitude peut simplement refléter un biais d'échantillonnage dans la région d'Oum El Bouaghi, qui est riche en habitats lenticques, dont beaucoup sont des lacs salés. L'altitude, un facteur important influençant d'autres conditions environnementales telles que le climat et l'utilisation des terres, est difficile à séparer de la latitude dans notre étude. Il peut être surprenant de constater que les hélophytes ne jouent qu'un rôle mineur dans la structuration des assemblages de notonectides, bien que la végétation aquatique soit connue pour jouer un rôle clé dans l'écologie des notonectides (Bennett & Streams 1986). Par exemple, *N. glauca* est associé à la fois aux hélophytes et aux hydrophytes (Karaouzas & Gritzalis 2006). En revanche, l'effet de la profondeur de l'eau n'est pas surprenant, car les étangs et les rivières plus profonds peuvent offrir de plus grandes zones d'eau libre, une niche privilégiée par certains notonectides (Hampton & Gilbert 2000). Le substrat est un autre facteur clé, et notre découverte que *N. maculata* et *N. meridionalis* occupent l'argile est cohérente avec les résultats montrant que *N. maculata* préfère les petits habitats avec un substrat argileux (Klementová et al., 2015).

Conclusion



La biodiversité est considérée comme un concept fondamental concernant la conservation des espèces. L'Algérie a déployé de nombreux efforts de conservation pour pouvoir ralentir le processus d'érosion de la biodiversité causé par les changements globaux qui menacent les diverses fonctions des écosystèmes.

L'objectif de cette étude était d'analyser la diversité, la distribution et l'abondance de macroinvertébrés afin d'évaluer la santé des écosystèmes aquatiques du massif des Aurès oriental. Par conséquent, notre objectif était de repérer les principales menaces qui affectent ces environnements et de suggérer des solutions pour les protéger. Les macroinvertébrés forment un groupe taxonomique très hétérogène, Leur distribution dépend des différents facteurs biotiques et abiotiques du milieu (nature du substrat, type d'habitat, vitesse du courant, couverture végétale, etc.), ainsi que l'impact anthropique.

Cette catégorie est désormais exploitée comme indicateur biologique pour détecter de manière rapide, précise et efficace les déséquilibres au sein des écosystèmes aquatiques. En analysant les données issues des macroinvertébrés benthiques, il est possible d'évaluer la santé globale des cours d'eau. En général, les communautés de macroinvertébrés sont diversifiées et abondantes dans les cours d'eau non dégradés. D'autre part, avec l'augmentation des perturbations anthropiques, l'abondance des taxons les plus vulnérables diminue d'une part, tandis que l'abondance des taxons tolérants à la pollution augmente considérablement. Ces changements entraînent l'instabilité de la structure de la communauté, ce qui se traduit généralement par une perte d'intégrité de l'écosystème aquatique.

La diversité des macroinvertébrés aquatiques du massif des Aurès oriental, mal connue, sera enrichie par les résultats de cette étude qui permettra de mieux appréhender l'état de santé des écosystèmes aquatiques du massif des Aurès oriental et de guider les programmes de préservation et de gestion des espèces et des espaces dans cette région.

La faune benthique récoltée dans cette étude, se compose de 10642 individus répartis en 3 Embranchements, 3 Classes, 11 Ordres et 44 Familles englobant 43 taxons.

Les groupes recensés présentent une variation en termes de richesse taxonomique. Les mieux diversifiés sont les Trichoptères avec 10 familles et 10 espèces suivent par les odonates avec 7 familles et 9 espèces, ensuite les Hémiptères



avec 6 familles et 10 espèces, Les Coléoptères avec 6 familles, Les Diptères avec 5 familles, Les Ephéméroptères avec 4 Familles, puis Les Plécoptères avec 2 familles et les Amphipodes avec une seule famille.

En termes d'effectif les Ephéméroptères ont été les plus abondants avec 4791 individus soit 43.24 % de la faune totale des macroinvertébrés récoltés. Ils sont abondants dans toutes les stations. Les Amphipodes occupent la deuxième position avec un effectif de 2262 individus, soit 20.41 % de la faune totale recensée. Les Trichoptères ont enregistré 18.04 % de la faune totale soit 1999 individus. Les Diptères comptent 1363 individus soit 12.3 % de la faune totale. Les Coléoptères et les Hémiptères composent respectivement 346 individus soit 3.12 % et 217 individus soit 1.95 %. Les Odonates et les Plécoptères ne constituent qu'une faible fraction de la faune collectée. Pour les premiers il a été recensé 86 individus soit 0.77 % et pour le second 14 individus ont été enregistrés soit 0.12 % de l'effectif total.

La distribution de ces groupes zoologiques par station indique que la station OLY 7 présente la plus grande diversité avec 14 taxons. Suivie par les stations OLY 6 et OBF 10 avec 12 taxons. Ensuite les stations ORB 2, ORT 3 et ORT 4 avec 11 taxons. 6 et 7 taxons ont été enregistrés dans les stations (OBK 8, OBB 15, OAT 16) et (OLY 5, OBK 9 et OBB 14). La plus faible diversité a été enregistrée dans les stations suivantes : Les stations OAL 1 et OLA 12 avec 3 taxons, les stations OLI 11, OLG 13 avec 2 taxons.

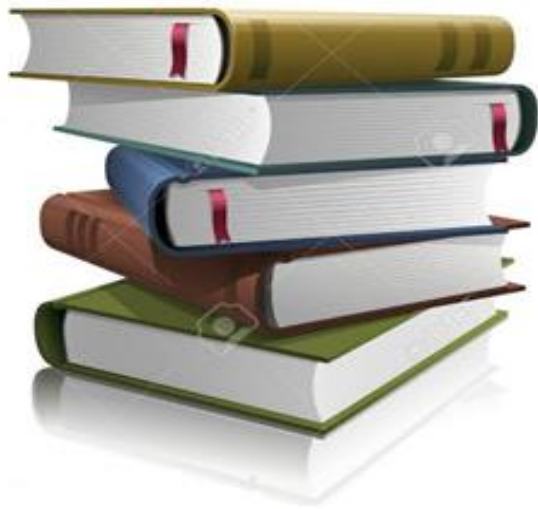
A partir de notre étude, nos résultats montrent que les écosystèmes du massif de l'Aurès orientale sont soumis à une grave dégradation à cause d'une croissance démographique rapide et un développement de l'agriculture et de l'industrie qui a produit une augmentation démesurée du volume des déchets urbains. Ces dégradations entraînent une fragmentation croissante des écosystèmes aquatiques, ce qui entraîne des perturbations profondes et accélérées des communautés des macroinvertébrés, ce qui provoque une diminution de leur diversité et/ou des déséquilibres dans leur abondance et leur répartition dans cette zone d'étude.

À cet effet des interventions des autorités responsables sur le terrain devront donc être réalisées dans le futur afin de sensibiliser les gens par l'impact de ces pratiques qui touchent les écosystèmes aquatiques et leurs faunes et s'étend à d'autres



écosystèmes. D'autant que les oueds et les macroinvertébrés n'occupent pas une place prépondérante de conservation en Algérie.

On proposant des solutions alternatives afin de minimiser ces pratiques comme L'utilisation des pesticides d'origine végétale pour lutter contre les insectes pour minimiser l'utilisation des pesticides chimiques et éliminant ainsi la pollution dans cette région, La construction des Barrages et l'exploitation des eaux des Station d'épuration pour L'irrigation.



Références bibliographiques



Références bibliographiques



Abessolo, J. R. Z., Khebiza, M. Y., & Messouli, M. (2021). Réponse des macroinvertébrés benthiques (éphéméroptères, plécoptères, trichoptères) aux pressions anthropiques dans un contexte de changement climatique sur le bassin versant de l'Ourika (Haut-Atlas du Maroc). *Hydroécologie Appliquée*, 21, 115-155.

Abrid, D. (2015). Caractérisation physico-chimique, minéralogique et géochimique des sédiments de retenue du barrage Sidi Chahed et des sols du bassin versant de l'oued Mikkés [Physico-chemical, mineralogical and geochemical characterization of the sediments of the Sidi Chahed dam and the soils of the Mikkés wadi watershed]. Th. Doct., Univ. Moulaya Ismail, Maroc, 233.

Abdessemed, K. (1981). Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*. Manetti) dans les massifs de l'Aures et du Belezma: étude phytosociologique, problèmes de conservation et d'aménagement (Doctoral dissertation).

Adler, P. H., Cherairia, M., Arigue, S. F., Samraoui, B., & Belqat, B. (2015). Cryptic biodiversity in the cytogenome of bird-biting blackflies in North Africa. *Medical and Veterinary Entomology*, 29(3), 276-289.

Ait Mouloud, S. (1987). Essais de recherches sur la dérive des macro-invertébrés dans l'oued Aïssi (Doctoral dissertation, Alger).

Annani, F., Alfarhan, A. H., & Samraoui, B. (2012). Aquatic Hemiptera of northeastern Algeria: distribution, phenology and conservation. *Revue d'écologie*, 67(4), 423-435.

Angelier, E. (2000). *Ecologie des eaux courantes*. Editions Tec & Doc.

Al-Obaid, S., Samraoui, B., Thomas, J., El-Serehy, H. A., Alfarhan, A. H., Schneider, W., & O'connell, M. (2017). An overview of wetlands of Saudi Arabia: Values, threats, and perspectives. *Ambio*, 46, 98-108.

Arab, A. (1989). Etude des peuplements d'invertébrés et de poissons appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux et des ressources piscicoles des oueds Mouzaia et chiffa (Doctoral dissertation, Alger).



Arab, A., Lek, S., Lounaci, A., & Park, Y. S. (2004). Distribution Patterns of Benthic Macroinvertebrates in an Intermittent River (North Africa). In *Annales de Limnologie–International Journal of Limnology* (Vol. 40, No. 4, pp. 317-327).

Archaimbault, V., & Dumont, B. (2010). L'indice biologique global normalisé (IBGN): principes et évolution dans le cadre de la directive cadre européenne sur l'eau. *Sciences Eaux & Territoires*, (1), p-36.

Arenas-Sánchez, A., Dolédec, S., Vighi, M., & Rico, A. (2021). Effects of anthropogenic pollution and hydrological variation on macroinvertebrates in Mediterranean rivers: A case-study in the upper Tagus river basin (Spain). *Science of the Total Environment*, 766, 144044.

Arigue, S. F., Adler, P. H., Belqat, B., Bebb, N., & Arab, A. (2016). Biodiversité des mouches noires (Diptera: Simuliidae) et qualité physicochimique des eaux du bassin versant de l'oued El Haï (Aurès-Algérie). *Journal of Materials and Environmental Science*, 7, 4839-4849.

Armitage, P. D., Pinder, L. C., & Cranston, P. S. (Eds.). (2012). *The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges*. Springer Science & Business Media.

Auber, L. (1999). *Atlas des coléoptères de France*. Boubée, Paris.

Aubert, J. (1959). *Plecoptera. Insecta helvetica Fauna*. Ed: Société entomologique suisse.

Aurélié, M. D. L. (2024). *L'utilisation d'animaux dans la cicatrisation: Cas de la sangsue* (Doctoral dissertation, Université de Lille).

— B —

Bagnouls, F., & Gaussen, H. (1953, May). Les climats biologiques et leur classification. In *Annales de géographie* (Vol. 66, No. 355, pp. 193-220). Armand Colin.

Ballet, T. G. N., Gnagne, A. E. J. E. Y., Fofana, V., & Yapo, B. O. (2018). Évaluation de la perception des ménages de la qualité de l'eau du robinet de deux communes, Cocody et Yopougon de la ville d'Abidjan, Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 14(6), 48-57.



Ballais, J. L. (1982). Les critères de reconnaissance des phases arides quaternaires du Maghreb: l'exemple des Aurès (Algérie). Bulletin de l'Association de géographes français, 59, 45-47.

Ballais, J. L., & Vogt, T. (1979). Croûtes calcaires quaternaires du piémont Nord des Aurès (Algérie). Recherches Géographiques à Strasbourg, 12, 23-34.

Barbault, R. (1981). Ecologie des populations et des communautés. Ed. Masson, Paris, 200 p.

Barbour, M. T. (1999). Rapid bioassessment protocols for use in wadeable streams and rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. US Environmental Protection Agency, Office of Water.

baron de Sélys-Longchamps, M. E., de Sélys-Longchamps, E., & Hagen, H. A. (1850). Revue des odonates ou libellules d'Europe (Vol. 6). C. Muquardt.

Basaguren, A., & Orive, E. (1990a). Downstream changes in caddisfly composition and abundance in relation to changes in water conductivity and oxygen in the river Butron basin. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, 75(3), 303-316.

Basaguren, A., & Orive, E. (1990b). The relationship between water quality and caddisfly assemblage structure in fast-running rivers. The river Cadagua Basin. Environmental Monitoring and Assessment, 15, 35-48.

Batzer, D. P., & Wissinger, S. A. (1996). Ecology of insect communities in nontidal wetlands. Annual review of entomology, 41(1), 75-100.

Beauger, A., Delcoigne, A., Voldoire, O., Serieyssol, K., & Peiry, J. L. (2015). Distribution of diatom, macrophyte and benthic macroinvertebrate communities related to spatial and environmental characteristics: the example of a cut-off meander of the River Allier (France). Cryptogamie, Algologie, 36(3), 323-355.

Beaumont, A., & Cassier, P. (1983). Biologie animale des protozoaires aux métazoaires épithélioneuriens. Tome 2. Dunod Université.

Bebba, N. (2016). Impact des paramètres environnementaux et distribution spatio-temporelle des éphéméroptères dans les oueds de biskra et batna (Doctoral dissertation).



Bedel, L. (1895). Catalogue raisonné des Coléoptères du Nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie et Tripolitaine) avec notes sur la faune des Iles Canaries et de Madère. Première partie. Société Entomologique de France (édition), Paris : 420 pp.

Bedel, L. (1900). Catalogue raisonné des coléoptères du nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie et Tripolitaine) avec notes sur la faune des îles Canaries et de Madère. Société entomologique de France.

Beghami, Y. (2013). Écologie et dynamique de la végétation de l'Aurès: analyse spatio-temporelle et étude de la flore forestière et montagnarde (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).

Belgacem, W., & Hassine, O. K. B. (2005). Étude des Macroinvertébrés associés et accompagnateurs de L'herbier de Posidonie à *Posidonia Oceanica* dans la région de Ras Jebel (Nord Est de la Tunisie).

Belqat, B., Adler, P. H., Cherairia, M., & Boudghane-Bendiouis, C. C. (2018). Inventory of the Black Flies (Diptera: Simuliidae) of North Africa. Zootaxa, 4442(2), 201-220.

Benchalel, W., & Samraoui, B. (2012). Caractérisation écologique et biologique de l'odonatofaune de deux cours d'eau méditerranéens: l'oued El-Kébir et l'oued Bouaroug (Nord-Est de l'Algérie). Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens/Journal of Mediterranean geography, (118), 19-27.

Benítez-Mora, A., & Camargo, J. A. (2014). Ecological responses of aquatic macrophytes and benthic macroinvertebrates to dams in the Henares River Basin (Central Spain). Hydrobiologia, 728, 167-178.

Ben, M. A., Chahlaoui, A., Rour, E., & Chahboune, M. (2014). Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des eaux superficielles de l'oued khoumane. Journal of Materials and Environmental Science, 5(1), 183-198.

Benhadji, N., Sartori, M., Hassaine, K. A., & Gattolliat, J. L. (2020). Reports of Baetidae (Ephemeroptera) species from Tafna Basin, Algeria and biogeographic affinities revealed by DNA barcoding. Biodiversity data journal, 8.



Benhouhou, S., De Belair, G., Gharzouli, R., Véla, E., & Yahi, N. (2010). Proposition de zones importantes pour les plantes en Algérie. Malaga: UICN Méditerranée.

Benmessaoud, H. (2009). Etude de la vulnérabilité a la désertification par des méthodes quantitatives numériques dans le massif des Aurès (Algérie). (Doctoral dissertation, université de Batna 2).

Bennas, N., Sánchez-Fernández, D., Abelian, P., & Millán, A. (2009, January). Analyse de la vulnérabilité des coléoptères aquatiques dans la rive sud méditerranéenne: cas du Rif Marocain. In Annales de la Société entomologique de France (Vol. 45, No. 3, pp. 309-320). Taylor & Francis Group.

Bennett, D. V., & Streams, F. A. (1986). Effects of vegetation on Notonecta (Hemiptera) distribution in ponds with and without fish. Oikos, 62-69.

Benoit-Chabot, V. (2014). Les facteurs de sélection des bio-indicateurs de la qualité des écosystèmes aquatiques: élaboration d'un outil d'aide à la décision. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et développement durable en vue de l'obtention du grade de maître en environnement. Université De Sherbrooke, Québec .18p.

Benzina, I., & Si Bachir, A. (2018). Biodiversité des macroinvertébrés benthiques et évaluation multiparamétrique de la qualité des cours d'eau dans la réserve de biosphère du Belezma.

Benzina, I., & Bachir, A. S. (2018). Diversity of benthic macroinvertebrates and streams quality in the National Park of Belezma (northern-east, algeria). Int. J. Health Life Sci, 4, 1-18.

Bernardi, G. (1986). Les papillons menacés: disparitions, responsabilités, protection. Bulletin des recherches agronomiques de Gembloux, 21(2), 227-244.

Boissonneault, Y. (2006). Le Suivi Ecologique des Rivières au QUEBEC: comparaison des bioindicateurs basés sur les invertébrés et les diatomées benthiques (Doctoral dissertation, Université du Québec à Trois-Rivières).



Bouhala, Z., Khemissa, C., Márquez-Rodríguez, J., Ferreras-Romero, M., Samraoui, F., & Samraoui, B. (2019). Ecological correlates of odonate assemblages of a Mediterranean stream, Wadi Cherf, northeastern Algeria: Implications for conservation. *International Journal of Odonatology*, 22(3-4), 181-197.

Boumaiza, M., & Laville, H. (1988, January). Premier inventaire faunistique des Chironomidés (Diptera: Chironomidae) des eaux courantes de Tunisie. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 24, No. 2, pp. 173-181). EDP Sciences.

Blandin, P. (1986). Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. *Bulletin d'écologie*, 17(4), 215-307.

Blondel, J. (1979). *Bibliographie et écologie*. Ed. Masson, Paris, 173 p.

Blot, J. (1993). *Le monde animal. l'édition de l'école*. Paris.

Boissonneault, Y. (2006). *Le Suivi Ecologique des Rivières au Quebec: comparaison des bioindicateurs basés sur les invertébrés et les diatomées benthiques* (Doctoral dissertation, Université du Québec à Trois-Rivières).

Bonada, N., Zamora-Munoz, C., Rieradevall, M., & Prat, N. (2004). Ecological profiles of caddisfly larvae in Mediterranean streams: implications for bioassessment methods. *Environmental pollution*, 132(3), 509-521.

Bouchelouche, D., Kherbouche-Abrous, O., Mebarki, M., Arab, A., & Samraoui, B. (2015). The Odonata of Wadi Isser (Kabylia, Algeria): Status and environmental determinants of their distribution. *Revue d'Écologie*, 70(3), 248-260.

Bouhala, Z., & Hadjoudj, S. (2009). Contribution à l'étude typologique des mares temporaires du la Numidie orientale (cycle6: 2006-2007). *Mémoire d'ingénieur*. Université 08Mai, Guelma.

Bouhala, Z. (2019). Contribution à l'étude des macroinvertébrés de Oued Cheref. Thèse de doctorat. Université 8 Mai 1945-Guelma.p23.

Bouhala, Z., Márquez-Rodríguez, J., Chakri, K., Samraoui, F., El-Serehy, H. A., Ferreras-Romero, M., & Samraoui, B. (2021). The life cycle of the Maghrebian



endemic *Ecdyonurus rothschildi* Navás, 1929 (Ephemeroptera: Heptageniidae) and its potential importance for environmental monitoring. *Limnology*, 22, 17-26.

Bouroche, J.M., & Saporta, G. (1980). L'analyse des données. (Vol. 125). Presses universitaires de France, Paris Coll.

Boucenna, H., Satour, A., Hezil, W., Taferghoust, M., Samraoui, F., & Samraoui, B. (2023). Diversity, distribution, and conservation of the Trichoptera and their habitats in north-eastern Algeria. *Aquatic Conservation*, 33(5).

Bouzidi, A. (1989). Recherches hydrobiologiques sur les cours d'eau des massifs du Haut-Atlas (Maroc): bio-écologie des macroinvertébrés et distribution spatiale des peuplements. Theses. fr (Doctoral dissertation, Aix-Marseille 3).

Bureau, D. (1971). Le Cretace inferieur des Monts de Batna (Aures); lithologie et premieres observations lithostratigraphiques. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7(3-4), 374-385.

— C —

Camargo, J. A., Alonso, A., & De La Puente, M. (2004). Multimetric assessment of nutrient enrichment in impounded rivers based on benthic macroinvertebrates. *Environmental Monitoring and Assessment*, 96, 233-249.

Campbell, N., & Reece, J. (2007). *Biologie* 7eme édition. PE arson édition, France.1334p.

Carignan, V., & Villard, M. (2002). Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 78, no 1, p. 45-61.

Carter, J.L., Resh, V.H., Hannaford, M.J., & Myers, M.J. (2007). Macroinvertebrates as biotic indicators of environmental quality. P. 805-831. In: *Methods in stream ecology*. Second Edition. Hauer, F.R. & Lamberti, G.A. (Eds.). Academic Press. Elsevier. 896 p.

Cayrou, J., Compin, A., Giani, N., & Céréghino, R. (2000, September). Associations spécifiques chez les macroinvertébrés benthiques et leur utilisation pour la typologie des cours d'eau. Cas du réseau hydrographique Adour-Garonne (France). In *Annales*



de Limnologie-International Journal of Limnology (Vol. 36, No. 3, pp. 189-202). EDP Sciences.

Chaker, S. (1990). Aurès, Aix- en- province. Ed. Sud. 1162- 1169 p. Tiré de <http://fr.wikipedia.org/wiki/Aurès>.

Chakri, K. (2007). Contribution à l'étude écologique de *Daphnia magna* Branchiopoda :Anomopoda dans la Numidie, et inventaire des grands Branchiopodes en Algérie. Thèse de doctorat d'état. Université Badji Mokhtar Annaba. 171 p.

Chapman, R.F. (1982).The insects: structure and function.Third edition. Cambridge: Harvard University Press.919 P.

Charvet, S. (1999). Intégration des acquis théoriques récents dans le diagnostic de la qualité écologique des cours d'eau à l'aide des bioindicateurs invertébrés. Thèse doctorale université Claude Bernard Lyon I. 77 p.

Cherairia, M., Adler, P. H., & Samraoui, B. (2014). Biodiversity and bionomics of the black flies (Diptera: Simuliidae) of northeastern Algeria. *Zootaxa*, 3796(1), 166-174.

Chohra, D., & Ferchichi, L. (2019). Ethnobotanical study of Belezma National Park (BNP) plants in Batna: East of Algeria. *Acta Scientifica Naturalis*, 6(2), 40-54.

Collen, B., Whitton, F., Dyer, E. E., Baillie, J. E., Cumberlidge, N., Darwall, W. R., & Böhm, M. (2014). Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. *Global ecology and Biogeography*, 23(1), 40-51.

Collins, N.M., & Morris, M.G. (1985). Threatened swallowtail butterflies of the world. international Linion for conservation of nature and natural resources, 401 pp.

Collins, N.M., & Wells, S.M. (1987). Invertebrates in need of special protection in Europe. Nature and Environment series n° 35. Council of Europe, 162 pp.

Courtney, G. W., Pape, T., Skevington, J. H., & Sinclair, B. J. (2017). Biodiversity of Diptera. *Insect biodiversity: science and society*, 1, 229-278.

Crosskey, R. W. (1994).The Manitoban blackfly fauna with special reference to prospections made in 1983–1985 in central and southern Manitoba (Diptera: Simuliidae). *Journal of natural history* 28(1):87–107.



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

— D —

Dajoz, R. (1985). Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliqué. In Bebb, N. (2017). Impact des paramètres environnementaux et distribution spatio-temporelle des éphéméroptères dans les oueds de biskra et batna. Université Ferhat Abbas. 198p.

Dajoz, R. (2000). Précis d'Ecologie. 7^{ème} édition. Dunod, Paris, 615p.

Dajoz, R. (2006). Précis d'Ecologie 8^{ème} édition, Ed. Dunod, Paris, 631p.

Dakki, M. (1982). Trichoptères du Maroc. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, 6, 139–155.

Dakki, M. (1979). Recherche hydrographique du Bassin versant de l'Oued Regreg (Plateau central marocain) Essai de Biotypologie. Thèse Doctotat 3eme cycle Université Claud Benrd Lyon.

Dalmard, A. C., & Oertli, B. (2012). Bilan des 9 premières années (2002–2010) du monitoring des étangs de Macun (Parc National Suisse): évolution des communautés de macroinvertébrés. Ergebnisse aus 70 Jahren Gewässerforschung im Schweizerischen Nationalpark.

Dambri, B. M., Karaouzas, I., Samraoui, B., & Samraoui, F. (2020). Contribution to the knowledge of the caddisfly fauna of Algeria: An updated checklist of Algerian Trichoptera with new records from the Aures region. Zootaxa, 4786(2), 221-232.

Dambri, B. M., Karaouzas, I., Samraoui, B., & Samraoui, F. (2021). Contribution to the knowledge of the caddisfly fauna of Algeria: An updated checklist of Algerian Trichoptera with new records from the Aures region. Zootaxa, 4786: 221-232. Zootaxa, 4942(4), zootaxa-4942.



Dambri, B. M., Benhadji, N., Vuataz, L., & Sartori, M. (2022). *Ecdyonurus aurasius* sp. nov. (Insecta, Ephemeroptera, Heptageniidae, Ecdyonurinae), a new micro-endemic mayfly species from Aurès Mountains (north-eastern Algeria). *ZooKeys*, 1121, 17.

Dambri, B. M., Godunko, R. J., & Benhadji, N. (2023). Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) of Aurès Mountains (Algeria): A New Species of the *Baetis alpinus* Species Group, with Notes on *Baetis* Laech, 1815 Biogeography within Maghreb. *Insects*, 14(11), 899.

Décamps, H. (1971). *La vie dans les cours d'eau*. Presses universitaires de France. Paris : 128p.

De Geer, C. (1771). *Mémoire pour servir à l'histoire des insectes* (Vol. 3). De l'imprimerie de LL Grefing.

Dekhinet, S., Berkane, A., Yahiaoui, A., Hasseine, B., & Chaabane, K. (2007). Carte des substances utiles de la Wilaya de Batna. Rapport annuel 2007. Université de Batna- Laboratoire LAPAPEZA. Code du projet f- 0501- 10- 05: 1- 6.

Delvare, G., & Aberlenc, H-P. (1989). *Les Insectes d'Afrique, et d'Amerique Tropicale, Clés Pour La Reconnaissance Des Familles*. Laboratoire de Faunistique B.P. 5035 - 34032 Montpellier Cedex 1 – France.

Dia, A., & Thomas, A. (2005). Sur la répartition et l'écologie des Ephémères et des Coléoptères Elmidae du Liban Méridional [Ephemeroptera & Coleoptera], *Ephemera*, 2003, 5 (2) : 95 - 109.

Diomandé, D., Gourène, G., & de Morais, A. L. (2001). Stratégies alimentaires de *Synodontis bastiani* (Siluriformes: Mochokidae) dans le complexe fluvio-lacustre de la Bia, Côte d'Ivoire. *Cybium* 25 (1) : 7-21.

Djamai, S. (2020). Variations Spatiales des Macro-invertébrés benthiques dans le lac Tonga (El-Kala– Wilaya El-Tarf). Thèse de doctorat, Université Mohamed Boudiaf - M'sila.p7.



Djebaili, S. (1978). Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des Hautes Plaines Steppiques et de l'Atlas Saharien algérien. El Kasba. Alger.

Dolédéc, S., & Tachet, H. (1989). Ecological observations and life histories of five net-spinning caddisflies (Trichoptera) of the Lower Ardèche River. Aquatic Insects 11: 89-99.

Dommanget, J. L., & Mashaal, M. (2002). Les libellules d'Outre-mer. Insectes, 125(2), 8-10.

Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Lévêque, C., & Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. Biological reviews, 81(2), 163-182.

Duvigneaud, P. (1980). La synthèse écologique. [The environmental synthesis] Edition Doin.

Dynesius, M., & Nilsson, C. (1994). Fragmentation and flow regulation of rivers systems in the northest third of the world. Science, 266, 753-762.

— E —

Eaton, R. A. (1899). XI. An annotated List of the Ephemeridæ of New Zealand. Transactions of the Royal Entomological Society of London, 47(3), 285-293.

Edwards, F. W. (1923). On some Algerian Species of Simulium. Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie, 1 (4) : 647-653.

El Haissoufi, M., De Knijf, G., van't Bosch, J., Bennas, N., & Millán Sánchez, A. (2015). Contribution to the knowledge of the Moroccan Odonata, with first records of Orthetrum sabina, and an overview of first and last dates for all species. Odonatologica, 44(3), 225-254.

Elliott, J.M. (1989). The effect of temperature on egg hatching for three populations of Dinocras cephalotes (Plecoptera: Perlidae). Entomologist's gazette, 40, 153-155 g.



Emberger, L. (1955). Une classification biogéographique des climats. Recl. Trav. Lab. Bot. Geol. Zool. Univ. Montpellier, 7, 3-43.

Engelhardt, W., Jurging, 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. Introduction à la vie des eaux intérieures. Vigot. 313p.

Eriksen, C.H., Resh, J.H., Balling, S.S., & Lamberti, G.A. (1984). Aquatic insect respiration. In "An introduction to the aquatic insects of North america". Eds. MERRITT R.W. et CUMMINS K.W., 27-37.

Errochdi, S., & El Alami, M. (2008). Contribution à la connaissance des Plécoptères (Insecta: Plecoptera) du réseau hydrographique Laou (Maroc nord-occidental). Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat, série générale, 5, 37-45.

Everard, M., & Powell, A. (2002). Rivers as living systems. Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems, 12, 329-337.

— F —

Faessel, B., & Monnier, A. (1985). Les trichoptères-Données biologiques, éthologiques et écologiques. Clés de détermination larvaire des familles et des principaux genres en France. Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture (299), 1-41.

Favrel, C. (1998). Ecophysiologie de la larve de *Dinocras cephalotes* (Plécoptère, Perlidé) exposée à un milieu acidifié (pH acide, faible minéralisation et forte concentration en aluminium) (Doctoral dissertation, Université de Metz).p 35.

Faurie, C. (2011). Ecologie : Approche scientifique et pratique. Lavoisier.

Ferreras-Romero, M., Márquez-Rodríguez, J., & Ruiz-García, A. (2009). Implications of anthropogenic disturbance factors on the Odonata assemblage in a Mediterranean fluvial system. International Journal of Odonatology, 12(2), 413-428.

Fochetti, R., & De Figueroa, J. M. T. (2008). Global diversity of stoneflies (Plecoptera; Insecta) in freshwater. Freshwater Animal Diversity Assessment, 365-377 p.



Forister, M. L., Pelton, E. M., & Black, S. H. (2019). Declines in insect abundance and diversity: We know enough to act now. *Conservation Science and Practice*, 1(8), e80.

Foto, M.S., Zebaze, T.S.H., Nyamsi, T.N.L., Ajeagah, G.A., & Njiné, T. (2011). Évolution spatiale de la diversité des peuplements de macroinvertébrés benthiques dans un cours d'eau anthropisé en milieu tropical (Cameroun). *European Journal of Scientific Research*, 55(2): 291-300.

Fox, L. R. (1975). Some demographic consequences of food shortage for the predator, *Notonecta hoffmanni*. *Ecology*, 56(4), 868-880.

— G —

Gagneur, J., Giani, N., & Martinez-Ansemil, E. (1986). Les oligochètes aquatiques d'Algérie. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse*, 122, 119-124.

Gagneur, J., & Clergue-Gazeau, M. (1988). Les Simulies d'Algérie (Diptera: Simuliidae). I. Premières données biogéographiques et écologiques sur les espèces de l'Ouest-Algérien. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 24, No. 3, pp. 275-284). EDP Sciences.

Gagneur, J., & Thomas, A. G. B. (1988). Contribution à la connaissance des Ephéméroptères d'Algérie. I. Répartition et écologie (1ère partie)(Insecta, Ephemeroptera). *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*, 124, 213-223.

Gagneur, J., & Aliane, N. (1991). Contribution à la connaissance des Plécoptères d'Algérie. Overview and strategies of Ephemeroptera and Plecoptera, Sandhill Crane Press, Granesville, Florida, 311-323.

Garah, K., Chafai, C., & Bentouati, A. (2016). Évolution spatiotemporelle des écosystèmes forestiers à Pin d'Alep de l'Aurès oriental (Algérie). DOI: 10.4267/2042/62003.

Gaspar, C. (1987). Protection Ou Gestion Des Invertébrés. Liaison O.P.I.E. Vol. 21 (4) 1987, 67, 7-16.



Gattolliat, J. L., & Sartori, M. (1996). Influence des facteurs environnementaux sur les peuplements de macroinvertébrés des canaux des Grangettes (VD, Suisse). Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles, 84(1), 49-64.

Genin, B., Chauvin, C., & Menard, F. (2003). Cours d'eau et indices biologiques - Pollutions - Méthodes. IBGN. Educagri, 2^e édition, 221 p.

GlèlèKakaï, R., Salako, V. K., Padonou, E.A., & Lykke, A.M. (2016). Méthodes statistiques multivariées utilisées en écologie. Annales des Sciences Agronomiques 20 - spécial Projet Undesert-UE : 139-157.

Gnohossou, P.M. (2006). La faune benthique d'une lagune Ouest Africaine (Le Lac Nokoue Au Benin), diversité, abondance, Variations temporelles et spatiales, place dans la chaîne trophique. Thèse Présentée en vue de l'obtention du Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse.

González M.A., & Martínez-Menéndez J. (2011). Checklist of the caddisflies of the Iberian Peninsula and Balearic Islands (Trichoptera). Zoosymposia, 5 : 115-135.

Gouat, P., & Gouat, J. (1983). L'habitat du goundi (*Ctenodactylus gundi*) dans le massif de l'Aures (Algérie). Mammalia, 47(4), 507-518.

Grimaldi, D., Engel, M. S., Engel, M. S., & Engel, M. S. (2005). Evolution of the Insects. Cambridge University Press. d'Allemagne (sauf de Corse). Société française d'odonatologie. France .416.

Guareschi, S., Gutiérrez-Cánovas, C., Picazo, F., Sánchez-Fernández, D., Abellán, P., Velasco, J., & Millán, A. (2012). Aquatic macroinvertebrate biodiversity: patterns and surrogates in mountainous Spanish national parks. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 22(5), 598-615.



Hafiane, M., Hamzaoui, D., Attou, F., Bouchelouche, D., Arab, A., Alfarhan, A. H., & Samraoui, B. (2016). Anthropogenic impacts and their influence on the spatial distribution of the Odonata of wadi el Harrach (north-central Algeria). Revue d'Ecologie, Terre et Vie, 71(3), 239-249.



Hajji, K., El Alami, M., Bonada, N., & Zamora-Muñoz, C. (2013). Contribution à la connaissance des Trichoptères (Trichoptera) du Rif (Nord du Maroc). Boletín de la Asociación Española de Entomología, 37 (3–4), 181–216.

Hampton, S. E., Gilbert, J. J., & Burns, C. W. (2000). Direct and indirect effects of juvenile *Buenoa macrotibialis* (Hemiptera: Notonectidae) on the zooplankton of a shallow pond. Limnology and Oceanography, 45(4), 1006-1012.

Hart, B.T., Maher, B., & Lawrence, L. (1999). New generation water quality guideline for ecosystem protection. Freshwater Biology, 41, 347-359.

Hébert, S., & Légaré, S. (2000). Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, envirodoq no ENV-2001-0141, rapport n° QE-123, 24 p. et 3 annexes.

Heidemenn, H., & Seidenbusch, R. (2002). Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf de corse). Société française d'otonatologie.

Hellawell, J. M. (1986). Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management, Londres, Elsevier, 546 p.

Hering, D., Feld, C., Moog, O., & Ofenböck, T. (2006). Cook book for the development of a multimetric index for biological condition of aquatic ecosystems: Experiences from the European AQEM and STAR projects and related initiatives. Hydrobiologia, 566, 311-324.

Hildrew, A. G., & Edington, J.M. (1979). Factors facilitating the coexistence of Hydropsychid caddis larvae (Trichoptera) in the same river system. The Journal of Animal Ecology, 557-576.

Himmi, O., El Alami El Moutaouakil, M., Kettani, K., Belqat, B., & Bennis, N. (2009). Évaluation de la biodiversité des macroinvertébrates aquatiques de Tahaddart au Maroc: intérêt pour la conservation et la gestion rationnelle des ressources hydriques. Évaluation de la biodiversité des macroinvertébrates aquatiques de Tahaddart au Maroc, 1000-1016.



Huru, H. (1987). Occurrence and life cycle of *Dinocras cephalotes* (Curtis, 1827) (Plec.; Perlidae) in North Norway. *Fauna Norvegica*, Ser. B. 34, 14-18.

Hynes, H. B. N. (1970). *The Ecology of Running Waters*, Toronto, University of Toronto, 555 p.

— I —

Indermühle, N., & Oertli, B. (2007). Mise en place d'un monitoring de la biodiversité des étangs du cirque de Macun (Parc National Suisse): les macroinvertébrés aquatiques Biodiversity monitoring of alpine ponds in the cirque of Macun (Swiss National Park): aquatic macroinvertebrates Monitoring der Biodiversität der Weiher auf Macun.

— J —

Jurd, D. R. (2000). *L'essentiel en biologie animal*. Port royale livres. Paris.

— K —

Kaiser, J. (2001). *Bioindicators and biomarkers of environmental pollutions and risk assessment*. Hartford, Science Publishers, 304 p.

Karaouzas, I., & Gritzalis, K. C. (2006). Local and regional factors determining aquatic and semi-aquatic bug (Heteroptera) assemblages in rivers and streams of Greece. *Hydrobiologia*, 573, 199-212.

Kerckhove, O. (2012). *Espèces ou association d'espèces de poissons en tant que bioindicateur de l'état de santé des récifs coralliens*. Mémoire de maîtrise, Université de Sherbrooke, Québec, 96 p.

Kettani, K., & Langton, P. (2011). New data on the Chironomidae (Diptera) of the Rif (northern Morocco). *Polish Journal of Entomology*, 80(3), 587-599.

Khelifa, R. (2017). *Bioécologie de *Platynemis subdilatata* (Odonata: Platynemididae) dans le bassin versant de la Seybouse* (thèse de doctorat). p 13.



Klecka, J. (2014). The role of a water bug, *Sigara striata*, in freshwater food webs. *PeerJ*, 2, e389.

Klementová, B. R., Kment, P., & Svitok, M. (2015). Checklist of water bugs (Hemiptera: Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha) of Slovakia. *Zootaxa*, 4058(2), 227-243.

Kolkwitz, R., & Marsson, M. (1902). Principles for the biological assessment of water bodies according to their flora and fauna. *Kl. Mitt. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung* 1.

Korbaa, M., Bejaoui, M., & Boumaiza, M. (2009). Variation spatio-temporelle de la structure de l'éphéméroptérofaune dans l'oued Sejenane (Ichkeul, Tunisie septentrionale). *Revue des Sciences de l'Eau*, 22(3), 373-381.

Kristensen, N. P. (1981). Amphiesmenoptera. Trichoptera. Lepidoptera.[Revisionary notes]. *Insect Phylogeny. John Wiley & Sons, New York*, 325-330.

— L —

Laamari, M. (2004). Etude éco-biologique des pucerons dans quelques localités de l'est- Algérien. Thèse de doctorat d'état en sciences agronomiques. I. N. A. EL-Harrach- Alger, 204 p.

Lakhdara, D., Bouslama, Z., & Belabed, A. (2014). Caractérisation des macro invertébrés et les amphibiens dans différents plans d'eau de l'extrême Nord-est Algérien. *European journal of scientific research*. 1450-216.

Lamine, S. (2021). Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères Hydraenidae et Elmidae des cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura (Doctoral dissertation, université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou).

Lazorchak, J. M., Klemm, D. J., Peck, D. V., & Branch, R. E. (1998). Field operations and methods for measuring the ecological condition of wadeable streams. EP Agency, Editor, US EPA, 270.



Leclercq, M. (1971). Les mouches nuisibles aux animaux domestiques .Un problème mondial, Vander. Bruxelles.

Lee, S. J., Park, J. H., & RO, T. H. (2006). Ephemeropteran community structure and spatial stability of local populations of the major species group in the Keumho River. Entomological Research, 36 :98-106.

Legendre, P., & Legendre, L. (2012). Numerical Ecology, troisième édition anglaise, Amsterdam, Elsevier Science B.V., vol. 24, 1006 p.

Leipelt, K. G., & Suhling, F (2001). Habitat selection of larval Gomphus graslinii and Oxygastra curticii (Odonata: Gomphidae, Corduliidae). International Journal of Odonatology, 4(1), 23-34.

Lestage, J. A. (1925). Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères recueillis en Algérie par MH Gauthier et liste des espèces connues actuellement de l'Afrique du Nord. Bulletin de la Société d'Histoire naturelle d'Afrique du Nord, 16, 8-18.

Levins, R. (1979). Coexistence in a variable environment. The American Naturalist, 114(6), 765-783.

Lillehammer, A. (1987). Egg development of the stoneflies Siphonoperla burmeisteri (Chloroperlidae) and Dinocras cephalotes (Perlidae). Fresh water Biology, 17, 35 -39.

Lounaci-Daoudi, D. (1996). Travaux sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des insectes aquatiques du réseau hydrographique du Sébaou (Doctoral dissertation, Tizi-Ouzou).

Lounaci, A. (1987). Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'oued Aïssi (Grande Kabylie). Dissertation, USTHB University, Algiers, 133.

— M —

Mabrouki, Y., Taybi, A. F., Chavanon, G., Vinçon, G., & Berrahou, A. (2016). Contribution à l'étude des plécoptères dans le Maroc Oriental et le bassin versant de la Moulouya et leur distribution en fonction des étages bioclimatiques. Journal of Materials and Environmental Science, 7(6), 2178-2193.



Mavel, N. (2014). Détection de l'évolution de la biodiversité aquatique alpine en réponse aux changements climatiques: développement d'un indice biotique intégrant les macroinvertébrés des plans d'eau du Parc National Suisse (Macun, Grisons) (Doctoral dissertation, N. Mavel).

Maissait, J. Baehr, J.L., & Pecaud, J.L. (2005). Biologie animale : invertébrés. 2^{ème} Edition. Dunod.paris.

Malicky, H., & Lounaci, A. (1987). Beitrag zur Taxonomie und Faunistik der Köcherfliegen von Tunesien, Algerien und Morokko (Trichoptera). Opuscula Zoologica Fluminensia, 14: 1-20.

Markert, B.A., Breure, A.M., & Zechmeister, H.G. (2003). Bioindicators and Biomonitoring. Principles, concepts and applications. Vienne, Elsevier, 997p

Mathieu, R. (1995). Biologie campbell. PERSON Québec. Canada.

Matthey, W. (1971). Ecologie des insectes aquatiques d'une tourbière du Haut-Jura. Thèse de doctorat, Université De Neuchatel .p479.

Mc Gavin, G. (2000). Insectes, Araignées et autres arthropodes terrestres. Larousse bordas. Paris. 120.

MC Peek, M. A., & Brown, J.M. (2000). Building a regional species pool : diversification of the Enallagma damselflies in eastern North America. Ecology, 81(4), 904-920.

Mebarki, M. (2001). Etude hydrobiologique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie (parc National du Djurdjura, Oued Sébaou et Oued Boghni) (Doctoral dissertation, Tizi-ouzou).

Mebarki, M. (2017). Bio-écologie et biogéographie des macroinvertébrés benthiques de quelques cours d'eau du Nord de l'Algérie et distribution spatiale des peuplements. Doctoral dissertation, Faculté de Biologie, 231p.



Meharzi, M. K. E. (2010). Forêts, géosystèmes et dynamique du milieu le cas de l'Aurès. Thèse de doctorat d'État en Aménagement du Territoire, Option Géographie Physique, 258.

Meharzi, M. (1994). Le rôle de l'orographie dans la répartition spatiale des précipitations dans le massif de l'Aurès. Méditerranée, 80(3), 73-78.

Merritt, R. W., & Kenneth W. Cummins. (1996). «An introduction to the aquatic insects of North America». Kendall Hunt.

Meziane, N., (2009). Contribution à l'étude des macroinvertébrés de Oued Seybouse : Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera et Bivalva. Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945 Guelma. 169 p.

Moubayed, J., Ait-Mouloud, S., & Lounaci, A. (1992). Les Chironomidae (Diptera) d'Algérie. I: Bassin de l'Oued Aissi (Grande Kabylie). Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen, 41(1), 21-29.

Moubayed-Breil, A., & Lounaci, A. (2013). Orthocladius (Euorthocladius) kabylianus sp. n., a crenophilous element inhabiting karstic helocrenes and temporary streams in Algeria [Diptera: Chironomidae]. Ephemera, 2012 (2013), Vol. 14 (1), 25-34.

Moisan, J., & E. Gagnon. (2006). Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec: surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds. Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs.

Moisan, J., & L. Pelletier. (2008). « Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec—Cours d'eau peu profonds à substrat grossier ». Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.

Moret, L. (1948). Manuel de paléontologie animale. (No Title).

Morse, J. C. (2009). Trichoptera (caddisflies). In Encyclopedia of insects (pp. 1015-1020). Academic Press.



Morse, J. C., Frandsen, P. B., Graf, W., & Thomas, J. A. (2019). Diversity and ecosystem services of Trichoptera. *Insects*, 10(5), 125.

Morton, R. M. (1989). Hydrology and fish fauna of canal developments in an intensively modified Australian estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 28(1), 43-58.

Mouissi, S., & Alayat, H. (2016). Utilisation de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) pour la Caractérisation Physico-Chimique des Eaux d'un Ecosystème Aquatique : Cas du Lac Oubéira (Extrême NE Algérien). *J. Mater. Environ. Sci.* 2028-2508.

Muñoz, I. (2003). Macroinvertebrate community structure in an intermittent and a permanent Mediterranean streams (NE Spain). *Limnetica*, 22(3-4), 107-116.

Mutin, G. (1977). La Mitidja: décolonisation et espace géographique. Éditions du CNRS.

— N —

Navás, L. (1929). Insectes Névroptères et voisins de Barbarie (Septième série). Plécoptères. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, 20 : 228-230.

Norris, R.H., & Norris, K.H. (1995). The need for biological assessment of water quality: Australian perspective. *Australian Journal of Ecology*, 20, 16.

— O —

Ozenda, P. (1982). Les végétaux dans la biosphère, Ed. Doin, Paris, 427p.

— P —

Packer, S., Riservato, E., Boudot, J.-P., Ferreira, S., Jovic, M., Kalkman, V. J., Schneider, W., Samraoui, B., & Cuttelod, A. (2009). The status and distribution of dragonflies of the Mediterranean Basin, Iucn.

Paulsen, S.G., Mayo, A., Peck, D.V., Stoddard, J.L., Tarquinio, E., Holdsworth, S.M., & Olsen, A.R. (2008). Condition of stream ecosystems in the US: an overview



of the first national assessment. Journal of the North American Benthological Society, 27, 812-821.

Pavan, M. (1986). Une résolution culturelle européenne: la "Charte sur les Invertébrés" du Conseil de l'Europe. Conseil de l'Europe, 51 pp.

Pelletier, M., Cobb, D., Rocha, K., Ho, K. T., Cantwell, M. G., Perron, M., ... & Burgess, R.M. (2002). Benthic macroinvertebrates community response to environmental changes over seven decades in an urbanized estuary in the northeastern Unites. *Marine environmental research*, 169, 105323.

Pesce, S., Ferrari, B. J. D., Bonnineau, C., Casado, C., Apotheloz-Perret-Gentil, L., Bouchez, A., ... & Yari, A. (2019). Recommandations d'un collectif franco-suisse d'experts pour une meilleure évaluation de la qualité écotoxicologique des sédiments par l'étude des communautés benthiques. *Sciences Eaux & Territoires*, (Articles hors-série 2019), 1-9.

Peyerimhoff, P. D. (1905). Nouveaux Coléoptères du Nord-Africain (première note). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 10(16), 229-230.

Peyerimhoff, P. D. (1925). Haliplidae, Dytiscidae, Gyrinidae in „ catalogue raisonné des Coléoptères du Nord de l'Afrique de Louis Bedel“, Paris. 1 (2) : 321-402.

Peyerimhoff, P. D. (1931). Mission scientifique du Hoggar: Coléoptères. *Mém. Soc. Hist. nat. Afrique du Nord*, (2), 172.

Pic, M. (1905). Diagnoses de Coléoptères algériens. *L'échange*, 21 : 145-148.

Plafkin, J.L., Barbour, M.T., Porter, K.D., Gross, S.K., & Hughes, R.M. (1989). Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers : benthic macroinvertebrates and fish, first edition. Office of water, US Environmental PA, Washington DC.

Poisson, R. (1957). Hétéroptères aquatiques. In P. lecheevalier (Ed.), *Faune de France*, C.N.R.S. (Paris), 61: 264 pp.

Poisson, R. (1961). A propos d'une nouvelle espèce paléarctique du genre *Nepa* L. (Heteroptera, Nepidae). *Vie et Milieu*, 11 (4): 628-640.



Puri, I. M. (1925). On the life-history and structure of the early stages of Simuliidae (Diptera, Nematocera). Part I. Parasitology, 17(3), 295-334.

Pyle, P.I., Bentzien, M., & Opler, P. (1981). Insects Conservation. Annual Review of Entomology, 26: 233-258.

— Q —

Quezel, P., & Barbero, M. (1990). Les forêts méditerranéennes problèmes poses par leur signification historique, écologique et leur conservation. Acta Botanica Malacitana, 15, 145-178.

— R —

Ramade, F. (2003). Eléments d'écologie, écologie fondamentale. 3e édition. Dunod, Paris. 690p.

Ramade, F. (1994). Eléments d'écologie : écologie fondamentale. Dunod. Paris.
517 p.

Ramulifho, P. A. (2020). Modelling flow and water temperature in the Luvuvhu catchment and their impact on macroinvertebrate assemblages (Doctoral dissertation).

Klementová, B. R., Kment, P., & Svitok, M. (2015). Checklist of water bugs (Hemiptera : Heteroptera : Nepomorpha, Gerromorpha) of Slovakia. Zootaxa, 4058(2), 227-243.

Rosciszewska, E. (1991). Ultra structural and histochemical studies of the egg capsules of *Perla marginata* (Parzer, 1799) and *Dinocras cephalotes* (Curtis, 1827) (Plecoptera: Perlidae). International Journal of Insect Morphology and Embryology, 20(4151), 89-203.

Rosenberg, D., & Resh, V. (1993). Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. review. Environmental Monitoring Assessment, 45-61.



Rossaro, B., Boggero, A., Lencioni, V., Marziali, L., & Solimini, A. (2006). Tools for the development of a benthic quality index for Italian lakes. *J. Limnol.*, 65(1): 41-51, 2006.



Sala, O.E., Chapin III, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Leroy Poff, N., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., & Wall, D.H. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287, 1770–1774.

Samraoui, B., Benyacoub, S., Mecibah, S., & Dumont, H. J. (1993). Afrotropical libellulids in the lake district of El Kala, NE Algeria, with a rediscovery of *Urothemis e. edwardsi* (Selys) and *Acisoma panorpoides ascalaphoides* (Rambur) (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica*, 22(3), 365-372.

Samraoui, B., & Menai, R. (1999). A contribution to the study of Algerian Odonata. *International Journal of Odonatology*, 2 (2), 145-165.

Samraoui, B., & Corbet, P.S. (2000a). The Odonata of Numidica. Part I: Status and distribution. *International Journal of Odonatology*, 3 (1), 11-25.

Samraoui, B., & Corbet, P. S. (2000b). The Odonata of Numidica. Part II: Seasonal ecology. *International Journal of Odonatology*, 3 (1), 27-39.

Samraoui, B., & Dumont, H. J. (2002). The large branchiopods (Anostraca, Notostraca and Spinicaudata) of Numidia (Algeria). *Hydrobiologia*, 486, 119-123.

Samraoui, B. (2009). Seasonal ecology of Algerian Lestidae (Odonata). *International Journal of Odonatology*, 12, 383–394.

Samraoui, B., Boudot, J. P., Ferreira, S., Riservato, E., Jovic, M., Kalkman, V. J., & Schneider, W. (2010). The status and distribution of dragonflies. The status and distribution of freshwater biodiversity in Northern Africa, 13, 51-70.



Samraoui, F., Nédjah, R., Bouchecker, A., Alfarhan, A. H., & Samraoui, B. (2012). Patterns of resource partitioning by nesting herons and ibis: How are odonata exploited?. *Comptes Rendus. Biologies*, 335(4), 310-317.

Samraoui, B., Bouhala, Z., Chakri, K., Márquez-Rodríguez, J., Ferreras-Romero, M., El-Serehy, H. A., ... & Gattolliat, J. L. (2021). Environmental determinants of mayfly assemblages in the Seybouse River, north-eastern Algeria (Insecta: Ephemeroptera). *Biologia*, 76, 2277-2289.

Samraoui, B., Touati, L., & Samraoui, F. (2023). Life cycle and seasonal regulation of the Ibero-Maghrebian endemic *Onychogomphus costae* across an altitudinal gradient (Insecta, Odonata). *Hydrobiologia*, 850(21), 4891-4905.

Sartori, M., & Brittain, J. E. (2015). Order Ephemeroptera. In Thorp and Covich's freshwater invertebrates (pp. 873-891). Academic Press.

Satha Yalles, A. (2008). Caractérisation du peuplement Odonatologique des bassins versants de Bouhamdane et Seybouse. Mémoire de Magister. Université de Guelma.p6.

Satur, A., Hezil, W., Boucenna, H., Taferghoust, M., Samraoui, F., & Samraoui . B. (2024). Land use and beyond: Unraveling environmental determinants of odonate assemblages in northeastern Algeria. *International Journal of Odonatology*, 27, 172-186.

Schoener, T. W. (1974). Resource partitioning in Ecological Communities : Research on how similar species divide resources helps reveal the natural regulation of species diversity. *Science*, 185(4145), 27-39.

Sellam, N., Zougache, F., Pinel-Alloul, B., Mimouni, A., & Moulai, R. (2017). Taxa richness and community structure of macroinvertebrates in rivers of different bioclimatic regions of Algeria. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 8 (5), 1574-1588.

Seltzer, P. (1946). Travaux de l'Institut de météorologie et de physique du globe de l'Algérie.



Seurat, L. G. (1921). Faune des eaux continentales de la Berbérie. Imprimerie Crescenzo.

Seurat, L. G. (1934). Etude zoologique sur le Sahara central. Mission de Hoggar. III. Zoologie. Mem. Soc. Hist. Nat. Afr, (4), 11-17.

Slimani, M., Bennas, N., El Haissoufi, M., L'Mohdi, O., Khadri, O., El Bazi, R., & El Alami, M (2016). Projet Du Parc Naturel De Bouhachem (Nord-Ouest du Maroc) I: Coleoptera, Hemiptera Et Odonata.

Statzner, B., Gore J.A., & Resh V.H. (1988). Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications. Journal of the North American Benthological Society, 7: 307-360.

Stewart, P. H. (1969). Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique: quelques réflexions. Soc Hist Natur Afr Nord Bull, 59:23-36.



Tachet, H., Gaschignard-Fossati, O., Cellot, B., & Berly, A. (1988, January). Le macrobenthos de la Saône. In Annales de Limnologie-International Journal of Limnology (Vol. 24, No. 1, pp. 83-100). EDP Sciences.

Tachet, H., Rochoux, P., Bournaud. M., & Ussegloi, P. (2000). Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. CNRS, Paris.

Tachet, H., Philippe, R., Michel, B., & Philipe, U.P. (2006). Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. CNRS 2ème Edition. Paris. P10.

Tachet, H., Philippe, R., Michel, B., & Philipe, U.P. (2010). Invertébrés D'eau Douce: systématique, biologie, écologie. CNRS Edition, Paris, 2010. ISBN/978-2-271-06445-0.

Taferghoust, M., Samraoui, F., Boucenna, H., Satour, A., Hezil, W., Bouhala, Z., & Samraoui, B. (2025). Environmental drivers of backswimmer diversity and distribution in Northeastern Algeria's freshwater systems (Heteroptera : Nepomorpha). Biologia, 1-12.



Tenkiano, N. (2017). Macroinvertébrés benthiques et hyphomycètes aquatiques : diversité et implication dans le fonctionnement écosystémique des cours d'eau de Guinée. Thèse de doctorat, Université de Toulouse. p59.

Tennessen, K. J. (2009). Chapter 185 - Odonata: Dragonflies, Damselflies. In V. H. Resh & R. T. Cardé (Eds.), *Encyclopedia of Insects* (Second Edition). San Diego: Academic Press, (pp. 721-729).

Touati, L. (2008). Distribution spatio-temporelle des Genres *Daphnia* et *Simocephalus* dans les mares temporaires de la Numidie Mémoire de magister. Université 8 Mai 1945 de Guelma. 88 p.

Touzin, D. (2008). Utilisation des macroinvertébrés benthiques pour évaluer la dégradation de la qualité de l'eau des rivières au Québec. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation. Université Laval. P22.

— U —

Ulfstrand, S. (1968). Life cycles of benthic insects in Lapland streamns (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera Simuliidae) *Oikos*. 19, 167- 190.

Usseglio-Polatera, P., Thomas, S., Beisel, J. N., & Moreteau, J. C. (1999, March). Illustration de la valeur indicatrice des caractéristiques biologiques des macroinvertébrés d'une communauté benthique à différentes échelles d'observation. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 35, No. 1, pp. 71-80). EDP Sciences.

— V —

Vindimian, E., & Garric, J. (1993). Bio-essais et bioindicateurs de toxicité dans le milieu naturel. In Division biologie des écosystèmes aquatiques, CEMAGREF Lyon. http://www.kmdev.com/eaufrance/francais/etudes/pdf/etude_17.

— W —

Wangari, E.O. (1986). Communication sur l'aperçu du programme sur l'Homme et la biosphère. In *Écologie D'un Système Spécifique À Usages Multiples : La Mangrove*. UNESCO-MAB, 290p.



Wallace, J. B., & Webster, J. R. (1996). The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual review of entomology*, 41(1), 115-139.

Ward J.V. (1992). Aquatic insect ecology. 1. Biology and habitat. Eds. WILEY and Sons. 438 p.

Warwick, R.M., & Clarke, K.R. (1993). Taxonomic distinctness and environmental assessment. *Journal of Applied Ecology*, 35, 532-543.

Woodcock, T. S., & Huryn, A. D. (2007). The response of macroinvertebrate production to a pollution gradient in a headwater stream. *Freshwater biology*, 52 :177-196.

Y

Yahi, N., & Abdelguerfi, A. (2012). Rapport sur l'Etat de l'Environnement (RNE 2011) Volet Biodiversité.

Yasri, N., Vinçon, G., & Lounaci, A. (2013). A new *Amphinemura* from Central Maghreb (Algeria, Tunisia): *A. berthelemyi* sp. n. (Plecoptera: Nemouridae). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft. Bulletin Society Entomology, Suisse*, 86, 25-33.

Z

Zerguine, K., Samraoui, B., & Rossaro, B. (2009). A survey of Chironomids from seasonal ponds of Numidia, northeastern Algeria. *Bollettino di zoologia agraria e bachicoltura*, 41(3), 167-174.

Zouggaghe, F., & Moali, A. (2009). Variabilité structurelle des peuplements de macro-invertébrés benthiques dans le bassin versant de la Soummam (Algérie, Afrique du Nord). *Revue d'écologie*, 64(4), 305-321.

Zwick, P. (1996). Variable egg development of *Dinocras* spp. (Plecoptera, Perlidae) and the stonefly seed bank theory. *Fresh water Biology*, 35, 81-100.

[http:// www.almooftah.com](http://www.almooftah.com). Accédé le 19 juillet 2021 à 14 :35.

Résumés



Cette présente étude, a pour objectif de souligner la biodiversité des macroinvertébrés benthiques d'eau douce de la région des Aurès (Nord-Est d'Algérie). 16 stations appartenant à six Oueds ont été échantillonnées durant une période d'une année allant de juin 2019 au juin 2020. La zone d'étude comprenait le Massif des Aurès orientales. Ces stations se trouvent à des altitudes variant de 600 m à 1600 m. Au cours de ce présent travail, 10642 individus ont été récoltés dans l'ensemble des stations explorées.

Quatre classes, 11 Ordres et 44 familles ont été recensés. La région d'étude se caractérise par une diversité climatique, ce qui a conduit à une variété d'habitats aquatiques. Les ordres dénombrés durant la période d'échantillonnage sont répartis d'une manière hétérogène sur l'ensemble des 16 sites étudiés. Les ordres les plus dominants sont : les Ephéméroptères et les Amphipodes. Les autres ordres à savoir : les Odonates, les Plécoptères, les Basommatophora et les Décapodes quant à eux, ne sont représentés que par de faibles effectifs.

En termes d'abondance numérique, la station OLA 12 renferme le plus grand nombre d'éléments d'Ephéméroptères avec 300 individus (soit 80 % de la faune totale récoltée) et la station OLA 1 se trouve dominée essentiellement par les Hémiptères avec 125 individus (soit 73 % de l'ensemble de la faune recensée).

Au cours de cette étude, nous nous sommes focalisés particulièrement sur certains groupes faunistiques : Les Hémiptères, Les Trichoptères et Les Odonates.

L'Ordre des Hémiptères est considéré parmi les plus diversifiés avec 17 taxons identifiés, représentant 4.74 % de la totalité de l'abondance de la faune récoltée. La richesse taxonomique observée fluctue d'une famille à une autre. Les mieux représentées sont les Gerridae avec 7 taxons, suivis par les Notonectidae et Corixidae avec 4 taxons pour chacune. Viennent par la suite, les Veliidae, Nepidae et Hydrometredae avec un seul taxon pour chacune.

Un total de 1999 spécimens de Trichoptères a été collecté ; dix familles ont été recensées, qui se répartissent sur dix genres et dix espèces. La richesse taxonomique de ce groupe zoologique, varie d'une famille à une autre et d'une station à une autre. La famille des Hydropsychidae est la mieux représentée avec 7 espèces (*Cheumatopsyche lepid*, *Hydropsyche maroccana*, *Hydropsyche obscura*, *Hydropsyche lobata*, *Hydropsyche siltalai*, *Hydropsyche resmineda*, *Hydropsyche pellucidula*).



L'ordre des Odonates est représenté par 29% de la totalité de l'abondance de la faune récoltée avec un total de 86 individus dénombré dans l'ensemble des stations prospectées. Six espèces et six genres appartenant à sept familles ont été identifiés ; dont les Platynemicidae et les Libellulidae sont les plus dominantes de l'ensemble de la faune Odonatologique.

De l'ensemble des résultats obtenus, nous pouvons constater que La richesse spécifique de cette zone géographique varie entre 2 et 14 taxons. Cette observation ne peut s'expliquer que par la variabilité des facteurs climatiques d'une part et, par l'influence des autres paramètres mésologiques à savoir la profondeur, l'altitude, la pollution d'autre part.

Mots clés : Les macroinvertébrés, distribution, taxonomie, oueds, Aurés, Algérie.



This present study aims to highlight the biodiversity of freshwater benthic macroinvertebrates of the Aurès region (North-East of Algeria). 16 stations belonging to six wadis were sampled during a period of one year from June 2019 to June 2020. The study area included the Eastern Aurès massif. These stations are located at altitudes varying from 600 m at 1600 m. During this work, 10,642 individuals were collected in all stations explored.

Four classes, 11 Orders and 44 families have been identified. The study region is characterized by climatic diversity, which has led to a variety of habitats aquatic. The orders counted during the sampling period are distributed in a heterogeneous manner across all 16 sites studied. The most common orders dominant are: Ephemeroptera and Amphipods. The other orders namely: Odonata, Plecoptera, Basommatophora and Decapods, for their part, do not are represented only by small numbers.

In terms of digital abundance, the OLA 12 station contains the largest number of Ephemeroptera elements with 300 individuals (i.e. 80% of the total fauna collected) and the OLA 1 station is mainly dominated by Hemiptera with 125 individuals (i.e. 73% of the total fauna recorded).

During this study, we focused particularly on certain faunal groups: Hemiptera, Trichoptera and Odonata. The Order Hemiptera is considered among the most diverse with 17 taxa identified, representing 4.74% of the total abundance of wildlife harvested. There Observed taxonomic richness fluctuates from one family to another. The best represented are the Gerridae with 7 taxa, followed by the Notonectidae and Corixidae with 4 taxa for each. Then come the Veliidae, Nepidae and Hydrometredae with a single taxon for each.

A total of 1999 Trichoptera specimens were collected; ten families were recorded, which are distributed over ten genera and ten species. Taxonomic richness of this zoological group, varies from one family to another and from one station to another. The Hydropsychidae family is the best represented with 7 species (*Cheumatopsyche lepid*, *Hydropsyche maroccana*, *Hydropsyche obscura*, *Hydropsyche lobata*, *Hydropsyche siltalai*, *Hydropsyche resmineda*, *Hydropsyche pellucidula*).

The order Odonata is represented by 29% of the total abundance of the fauna collected with a total of 86 individuals counted in all stations prospected. Six species and six genera belonging to seven families have been identified; of which the



Platycnemicidae and the Libellulidae are the most dominant of the whole of Odonatological fauna.

From all the results obtained, we can see that the wealth specific to this geographical area varies between 2 and 14 taxa. This observation does not can be explained only by the variability of climatic factors on the one hand and, by the influence of other mesological parameters, namely depth, altitude, pollution on the other hand.

Key words: Macroinvertebrates, distribution, taxonomy, wadis, Aurés, Algeria.



تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على التنوع البيولوجي لللافقاريات الكبيرة القاعية في المياه العذبة بمنطقة الأوراس (شمال شرق الجزائر). تم أخذ عينات من 16 محطة تابعة لستة وديان خلال فترة سنة واحدة من يونيو 2019 إلى يونيو 2020. وشملت منطقة الدراسة كتلة جبال الأوراس الشرقية. وتقع هذه المحطات على ارتفاعات تتراوح بين 600م إلى 1600م. خلال هذا العمل، تم جمع 10642 فردًا في جميع المحطات التي تم استكشافها.

تم تحديد أربع فئات و11 رتبة و44 عائلة. تتميز منطقة الدراسة بالتنوع المناخي مما أدى إلى تنوع الموائل المائية. يتم توزيع الطلبات التي تم حسابها خلال فترة أخذ العينات بطريقة غير متجانسة عبر جميع المواقع الستة عشر التي تمت دراستها. وأكثر الرتب السائدة شيوعًا هي: سفنيات الأجنحة ومزدوجات الأرجل. أما الرتب الأخرى وهي Odonata، Plecoptera، Basommatophora وDecapods، فلا يتم تمثيلها إلا بأعداد صغيرة.

من حيث الوفرة الرقمية، تحتوي محطة OLA 12 على أكبر عدد من عناصر Ephemeroptera مع 300 فرد (أي 80% من إجمالي الحيوانات التي تم جمعها) وتهيمن على محطة OLA 1 بشكل رئيسي نصفيات الأجنحة مع 125 فردًا (أي 73% من إجمالي الحيوانات المسجلة).

خلال هذه الدراسة، ركزنا بشكل خاص على مجموعات حيوانية معينة: Hemiptera و Trichoptera و Odonata.

تعتبر رتبة نصفيات الأجنحة من بين الأكثر تنوعًا حيث تم تحديد 17 نوعًا، وهو ما يمثل 4.74% من إجمالي وفرة الحياة البرية التي تم حصادها. وهناك ثراء تصنيفي ملاحظ يتقلب من عائلة إلى أخرى. أفضل تمثيل هي Gerridae مع 7 أصناف، تليها Notonectidae و Corixidae مع 4 أصناف لكل منهما. ثم تأتي Veliidae و Nepidae و Hydrometredae مع تصنيف واحد لكل منها.

تم جمع ما مجموعه 1999 عينة من Trichoptera؛ تم تسجيل عشر عائلات، تتوزع على عشرة أجناس وعشرة أنواع. ويختلف الغنى التصنيفي لهذه المجموعة الحيوانية من عائلة إلى أخرى ومن محطة إلى أخرى. عائلة Hydropsychidae هي الأفضل تمثيلًا مع 7 أنواع (*Cheumatopsyche lepid*, *Hydropsyche maroccana*, *Hydropsyche obscura*, *Hydropsyche lobata*, *Hydropsyche siltalai*, *Hydropsyche resmineda*, *Hydropsyche pellucidula*).

تمثل رتبة Odonata بنسبة 29% من إجمالي وفرة الحيوانات التي تم جمعها بإجمالي 86 فردًا تم إحصاؤها في جميع محطات التنقيب. تم تحديد ستة أنواع وستة أجناس تنتمي إلى سبع عائلات؛ منها Platycnemicidae و Libellulidae هي الأكثر هيمنة على جميع الحيوانات المسجلة من هاته الرتبة.

ومن جميع النتائج التي تم الحصول عليها، يمكننا أن نرى أن الثروة الخاصة بهذه المنطقة الجغرافية تتراوح بين 2 و 14 نوعًا. ولا يمكن تفسير هذه الملاحظة فقط من خلال تباين العوامل المناخية من ناحية، وبتأثير العوامل الميزولوجية الأخرى، أي العمق والارتفاع والتلوث من ناحية أخرى.

الكلمات المفتاحية: اللافقاريات الكبيرة، التوزيع، التصنيف، الأودية، الأوراس، الجزائر.