

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



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de
la Terre et de l'Univers
Département d'Écologie 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
Satur Abdellatif
Intitulée

Les macroinvertébrés des Hauts Plateaux du nord-est algérien

Soutenue le : 06/03/2025

Devant le Jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
Mr Nedjah Riad	Pr	Univ. de Guelma	Président
Mme Samraoui Farrah	Pr	Univ. de Guelma	Encadreur
Mr Samraoui Boudjéma	Pr	Univ. de Annaba	Co-encadreur
Mme Satha Yalles Amina	MCA	Univ. de Guelma	Examinatrice
Mr Atoussi Sadek	Pr	Univ. de Guelma	Examinateur
Mr Touati Laid	Pr	Univ. de Constantine	Examinateur

Année Universitaire : 2024/2025

Remerciement

Tout d'abord, je remercie Allah qui m'a donnée la patience, le courage, la santé et la volonté pour réaliser ce travail. L'ensemble des recherches appliquées dans le cadre de cette thèse n'a pu être bien mené qu'avec la contribution directe ou indirecte de très nombreuses personnes, je tiens à exprimer ma très sincère reconnaissance à tous ceux qui ont participé de près ou loin à la réalisation de ce projet scientifique.

Ce travail a été, réalisé dans la région d'Oum El Bouaghi et au laboratoire de conservation des zones humides au niveau de la Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et l'univers, université de 8 mai 1945 de Guelma sous la direction du Mme Samraoui Farah professeur à l'Université 8 mai 1945 Guelma et Mr Samraoui Boudjéma professeur à l'Université Badji Mokhtar Annaba, à qui je tiens à remercier en premier lieu pour la disponibilité, l'esprit critique et scientifique et les multiples conseils pour la réalisation de ce travail. Merci d'avoir partagé vos expériences.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Mr Riad Nedjah professeur à l'Université de Guelma, qui m'a fait l'honneur de présider ce jury.

Ma vive gratitude va à Mme Satha Yalles Amina Maître de conférences A et Mr Atoussi Sadek, professeur à l'Université de Guelma, ainsi que Mr Laid Touati professeur à l'Université de Constantine pour avoir accepté d'être examinateurs de ce modeste travail.

Je remercie vivement Madame Haouam Lynda Maître de conférences A à l'Université Mohamed Chérif Messaadia de Souk-Ahras pour son encouragement, son soutien moral et ses multiples conseils pour rédiger ce travail. Merci Madame.

Je remercie également Mme Allaoua Noua et Mme Hafid Hinda, professeurs à l'Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi pour l'encouragement pendant les périodes difficiles et ses orientations tout au long de cette thèse. Je vous remercie de votre gentillesse.

Je remercie le Directeur de Laboratoire de Conservation des Zones Humides Mr Nedjah Riad pour sa gentillesse et pour m'avoir permis de travailler dans des conditions convenables.

Je tiens à remercier Mme Angela Boggero pour m'avoir accueillie lors de mon stage au CNR Water Research Institute et pour avoir partagé ses connaissances en matière d'identification des chironomidae.

J'adresse mes remerciements à toute l'équipe de laboratoire LCZH, Dr. Athamnia Mohamed, Dr. Bouhala Zineb, Dr Benteboula Moncef Dr. Dambri Besma, Dr. Rouibi Yacine, Dr Aouadi Abdellah, Dr. Talbi Awatef, Mlle Hezil Wissem, Mlle Taferghoust Meriem, Mlle. Boucenna Hayet, et la technicienne Mme Yakhlef Rima. Dr. Dellaa Yasmina, Dr. Boucif Abdelhak et Mr. Benacherine Mustefa pour leurs soutiens, leurs encouragements et pour tous les beaux moments passés ensembles.

Merci à tous. Abdellatif



Dédicace

Au terme de ce modeste travail, toute ma gratitude va tout d'abord à mes chers parents pour leur soutien tout au long de mes études et durant cette thèse, je ne cesserais jamais de les remercier en leur souhaitant une longue vie pleine de joie et de prospérité que Dieu les garde et les protège.

Du fond du cœur, je dédie ce modeste travail :

À mes chers parents

À mes frères et mes sœurs

Et tout la famille «Satour»

À mes amis et mes collègues

À mes connaissances

Abdellatif

Table des matières

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Introduction 1

Chapitre 1 : Revue de la Littérature sur les Macroinvertébrés : Synthèse des Connaissances Générales

1. Les macroinvertébrés.....	4
1.1. Définition	4
1.2. Pourquoi les macroinvertébrés ?	5
1.3. L'importance et le rôle des macroinvertébrés	5
1.4. Etude des macroinvertébrés en Afrique du nord et en Algérie.....	7
1.5. Macroinvertébrés et évaluation des écosystèmes aquatiques	9

Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude

2.1. Généralité sur le Bassin versant des Hautes Plaines de l'Est Algérien.....	13
2.2. Présentation de la wilaya d'Oum El Bouaghi.....	14
2.2.1. Géologie.....	14
2.2.2. Climatologie.....	15
2.2.2.1. Les Température.....	16
2.2.2.2. Les Précipitation.....	16
2.2.2.3. Le Vent.....	17
2.2.2.4. Classification bioclimatique	18
2.2.2.4.1. Diagramme obrothermique de BANGNOULS et GAUSSEN (1953)	18
2.2.2.4.2. Le Quotient pluviométrique d'Emberger	19
2.2.2.4.3. Indice d'aridité de Martonne	20
2.3. Sites d'Échantillonnage.....	21
2.3.1. Garaet Tarf	21
2.3.2. Garaet Guellif.....	21
2.3.3. Sebkhet Ezzemoul et Chott Tinsilt.....	22
2.3.4. Lac de Timerganine.....	22
2.3.5. Sebkhet Gémot.....	22
2.3.6. Sebkhet Djendli.....	22
2.3.7. La retenue collinaire d'Ourkis.....	23

2.3.8. Lac de touzline	23
2.3.9. Oued Dahmane.....	23
2.3.10. Oued Dhimine	23
2.3.11. Oued Sigus	23
2.3.11. Oued Zerhaib	24
2.4. Perturbation naturelle	24

Chapitre 3 : Matériel et Méthodes

3.1. Objectif de l'étude.....	25
3.2. Choix des sites et stations d'étude.....	25
3.3. Les caractéristiques des habitats	32
3.3.1. Le substrat	32
3.3.2. La profondeur et largeur moyenne de l'eau	32
3.3.3. La vitesse du courant.....	32
3.3.4. Pourcentage de la végétation.....	33
3.4. Échantillonnage du peuplement des macroinvertébrés	33
3.5. Échantillonnage des Odonates adultes	33
3.6. Tri et détermination.....	34
3.7. Traitement des données.....	35
3.7.1. Les indices écologiques de composition	35
3.7.1.1. L'Abondance.....	35
3.7.1.2. L'Abondance relative	35
3.7.1.3. La richesse spécifique	35
3.7.2. Les indices écologiques de structure	35
3.7.2.1. L'indice de diversité de Shannon Weaver H'	35
3.7.2.2. L'équitabilité	36
3.7.3. Traitement statistiques des données	35
3.7.3.1. Matrice de corrélation Pearson.....	36
3.7.3.2. Test T	36
3.7.3.3. Test de Mann-whitney.....	36
3.7.3.4. Test ANOVA à deux voies.....	36
3.7.3.5. L'Analyse en composantes principales (ACP)	36

3.7.3.6. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).....	37
------------------------------------------------------------	----

Chapitre 4 : Résultats et Discussion

4.1. Analyse générale	38
4.1.1. Étude abiotique et biotique des deux milieux... ..	38
4.1.2. Composition taxonomique.....	38
4.1.2.1. Les Crustacés.....	40
4.1.2.2. Les Insectes	41
4.1.2.3. Les Gastéropodes	42
4.1.2.4. Les Hydracariens, les Bivalves et les Clitellata.....	43
4.2. Milieux Lotiques	43
4.2.1. Étude abiotique et biotique des sites d'étude	43
4.2.1.1. Profondeur de l'eau	44
4.2.1.2. La Largeur du lit.....	44
4.2.1.3. Vitesse du courant.....	45
4.2.1.4. Recouvrement végétal.....	46
4.2.1.5. Corrélacion de Pearson	46
4.2.2. Analyse biologique.....	47
4.2.2.1. Analyse des Odonates	47
4.2.2.2. Analyse des Hémiptères	49
4.2.2.3. Analyse des Trichoptères.....	52
4.2.3. Les indices écologiques de composition	52
4.2.3.1. Abondance totale.....	52
4.2.3.2. Richesse totale.....	53
4.2.4. Les indices écologiques de structure	54
4.2.4.1. Indice de diversité de Shannon-Weaver H'	54
4.2.4.2. Indice d'Équitabilité	55
4.2.5. Interprétation de l'analyse en composant principale (ACP)	56
4.2.6. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).....	59
4.3. Milieux Lentiques	61
4.3.1. Étude abiotique et biotique des sites d'étude	61
4.3.1.1. La profondeur de l'eau	62
4.3.1.2. Recouvrement végétale	62

4.3.1.3. Corrélation entre les paramètres.....	63
4.3.2. Analyse biologique.....	64
4.3.2.1. Analyse des Odonates	64
4.3.2.2. Analyse des Hémiptères	66
4.3.3. Les indices écologiques de composition	68
4.3.3.1. Abondance totale.....	68
4.3.3.2. Richesse totale.....	69
4.3.4. Les indices écologiques de structure	70
4.3.4.1. Indice de diversité de Shannon-Weaver H'	70
4.3.4.2. Indice d'Équitabilité	70
4.3.5. Interprétation de l'analyse en composant principale (ACP)	71
4.3.6. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).....	74
4.4. Abondance, Richesse et Cartographie des communautés d'Odonates et des Hémiptères dans les systèmes lotiques et lentiques	76
4.4.1. Analyse des Odonates	76
4.4.2. Analyse des Hémiptères	80
4. 5. Les Larges Branchiopodes	83
4.6. Les Activités humaines	85
4.7. Discussion	86
Conclusion	94
Références Bibliographiques.....	96
Résumé.....	111

Liste des Tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau 1	Températures moyennes mensuelles de la région d'Oum El Bouaghi (2011/2020)	16
Tableau 2	Précipitation moyennes mensuelles de la région d'Oum El Bouaghi (2011/2020)	17
Tableau 3	Vitesse moyenne mensuelles de la région d'Oum El Bouaghi 2011/2020	18
Tableau 4	Classement on fonction de l'indice d'aridité de Martonne	21
Tableau 5	Caractéristiques générales des stations d'étude appartenant aux zones humides	23
Tableau 6	Caractéristiques générales des stations d'étude appartenant aux oueds	24
Tableau 7	Classification des substrats minéraux (Tachet et al., 2010)	
Tableau 8	Checklist des macroinvertébrés identifiés au cours de la période	39
Tableau 9	Caractéristiques environnementales des stations appartenant aux milieux lotiques.	43
Tableau 10	Checklist des Odonates enregistrés dans les milieux lotiques avec la liste des localités.	49
Tableau 11	Phénologie et liste de localité des Hémiptères adultes recensés dans milieux lotiques.	51
Tableau 12	Les variables quantitatives qui décrivent le mieux chaque groupe pour classification (CAH)	60
Tableau 13	Caractéristiques environnementales des stations appartenant aux milieux lentiques.	58
Tableau 14	Checklist des Odonates enregistrés dans les milieux lentiques avec la liste des localités.	65
Tableau 15	Phénologie et liste de localité des Hémiptères adultes recensés dans les milieux lentiques.	68
Tableau 16	Les variables quantitatives qui décrivent le mieux chaque groupe pour la classification (CAH)	75
Tableau 17	Liste des espèces de Larges Branchiopodes recensés dans la région étudiée.	83

Liste des Figures

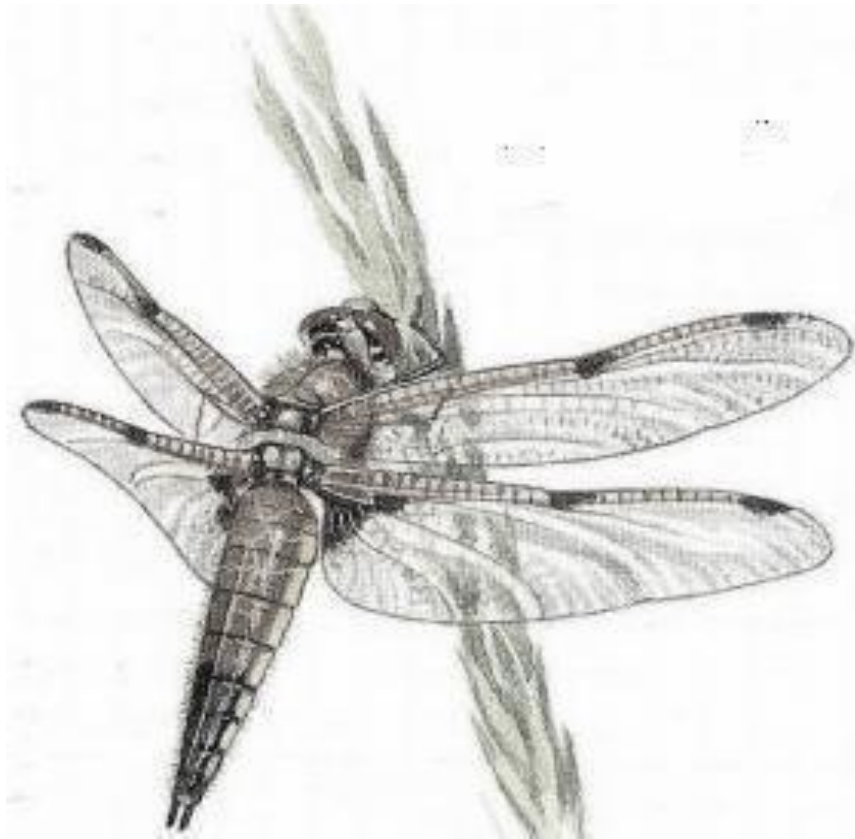
Figure	Titre	Page
Figure 1	Quelques exemples des macroinvertébrés (Sarremejane et al., 2020)	4
Figure 2	Schéma général montrant le rôle des macroinvertébrés dans la chaîne alimentaire (Baxter et al., 2005)	6
Figure 3	Quelques photos d'espèces d'odonates montrent leur valeur esthétique (Ribeiro et al., 2021).	7
Figure 4	Représentation cartographique des 25 (hotspot) points chauds (Myers et al. 2000).	11
Figure 5	Carte des bassins versants de l'Algérie et localisation des Hauts plateaux constantinois	13
Figure 6	Situation géographique de la région d'Oum El Bouaghi	14
Figure 7	Carte géologique de la région d'Oum El Bouaghi	15
Figure 8	Températures moyennes mensuelles de la région d'Oum El Bouaghi	16
Figure 9	Précipitations moyennes mensuelles de la région d'Oum El Bouaghi	17
Figure 10	Vitesses moyennes des vents durant la décennie 2011 à 2020 dans la région d'Oum El Bouaghi(en Km/h)	18
Figure 11	Diagramme Ombrothermique de BANGNOULS et GAUSSEN de la région d'Oum el Bouaghi (2011/2020)	19
Figure 12	Situation de la région d'Oum El Bouaghi dans le climagramme d'Emberger	20
Figure 13	Situation géographique des sites d'étude	21
Figure 14	Situation géographique des stations d'étude	25
Figure 15	Stations appartenant aux zones humides	28
Figure 16	Stations appartenant aux Oueds	30
Figure 17	Filet à papillon utilisé.	34
Figure 18	Les valeurs des différentes variables abiotiques et biotiques des deux milieux.	38
Figure 19	Abondance relative des groupes faunistiques dans la région d'étude.	40
Figure 20	Structure générale des Crustacés identifiés au cours de l'étude.	40
Figure 21	Structure générale des Insectes identifiés au cours de l'étude.	41
Figure 22	Richesse et abondance des différentes familles des insectes dans la zone d'étude.	42
Figure 23	Familles des Gastéropodes identifiés au cours de l'étude.	42

Figure 24	Évolution spatiale avec les valeurs moyennes de la profondeur (cm) de l'eau dans les milieux lotiques.	44
Figure 25	Évolution spatiale avec les valeurs moyennes de largeur du lit (m).	45
Figure 26	Évolution spatiales avec les valeurs moyennes de la vitesse du courant (m/s)	45
Figure 27	Recouvrements de la végétation (%) hélophyte et hydrophyte dans les milieux	46
Figure 28	Corrélation entre les différents variables abiotiques et biotiques mesurés aux milieux lotiques.	47
Figure 29	Structure des Odonates recensés dans milieux lotiques.	48
Figure 30	Abondance des espèces d'Odonates dans les milieux lotiques.	48
Figure 31	Structure des Hémiptères recensés dans les milieux lotiques.	50
Figure 32	Abondance des Hémiptères aquatiques dans les milieux lotiques.	50
Figure 33	Fréquence de distribution des Hémiptères adultes dans les milieux lotiques.	51
Figure 34	Composition des Trichoptères recensés dans les milieux lotiques.	52
Figure 35	Variation spatiale de l'abondance des Hémiptères, Odonates et Trichoptères recensées dans les milieux lotiques.	53
Figure 36	Variation spatiale de la richesse des trois ordres recensés dans les milieux lotiques.	54
Figure 37	Variation spatiale de l'indice de Shannon-Weaver H' dans les stations des milieux lotiques.	55
Figure 38	Variation spatiale de l'indice d'Équitabilité dans les stations des milieux lotiques.	55
Figure 39	Projection des variables et des individus à partir d'une Analyse en Composante Principale (ACP1).	57
Figure 40	Projection des variables et des individus à partir une Analyse en Composante Principale (ACP2).	58
Figure 41	Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) en fonction des variables abiotiques, biotiques ainsi que de l'abondance des différents taxons.	60
Figure 42	Évolution spatiale avec les valeurs moyennes de la profondeur (cm) de l'eau dans les milieux lentiques.	62
Figure 43	Recouvrements de la végétation (%) hélophyte et hydrophyte dans les milieux Lotiques.	63

Figure 44	Corrélation entre les différents variables abiotiques et biotiques mesurés Dans les milieux lentiques.	63
Figure 45	Structure des Odonates recensés dans milieux lentiques.	64
Figure 46	Abondance des espèces d'Odonates dans les milieux lentiques.	65
Figure 47	Structure des Hémiptères recensés dans les milieux lentiques.	66
Figure 48	Abondance des Hémiptères aquatiques dans les milieux lentiques.	67
Figure 49	Fréquence de distribution des Hémiptères adulte dans les milieux lentiques.	67
Figure 50	Variation spatiale de l'abondance des Hémiptères et des Odonates recensées dans les milieux lentiques.	69
Figure 51	Variation spatiale de la richesse des Odonates et Hémiptères recensées dans les milieux lentiques.	69
Figure 52	Variation spatiale de l'indice de Shannon-Weaver H' dans les stations des milieux lentiques.	70
Figure 53	Variation spatiale de l'indice d'Équitabilité dans les stations des milieux lentiques.	71
Figure 54	Projection des variables et des individus à partir d'une Analyse en Composant Principale (ACP1).	72
Figure 55	Projection des variables et des individus à partir d'une Analyse en Composant Principale (ACP2).	73
Figure 56	Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) en fonction des variables abiotiques, biotiques ainsi que de l'abondance des différents taxons.	75
Figure 57	Diagramme d'interaction entre type du milieu et sous-ordre pour une ANOVA à deux voies pour l'abondance.	76
Figure 58	Diagramme d'interaction entre type du milieu et sous-ordre pour une ANOVA à deux voies pour la richesse.	77
Figure 59	Diagramme de Venn montrant la richesse des Odonate trouvées dans les deux milieux.	78
Figure 60	Représentation cartographique de la localisation des espèces d'odonates dans la zone d'étude.	79
Figure 61	Répartition spatiale de <i>Platycnemis subdilatata</i> et <i>Enallagma deserti</i> .	79

Figure 62	Comparaison de l'abondance moyenne des Hémiptères recensées dans les deux milieux.	80
Figure 63	Comparaison de la richesse moyenne des Hémiptères recensées dans les deux milieux.	81
Figure 64	Représentation cartographique de la localisation des Hémiptères adultes dans la zone d'étude.	82
Figure 65	Diagramme de Venn montrant la richesse des Hémiptères trouvées dans les deux milieux.	82
Figure 66	La richesse des Larges Branchiopodes recensés dans les zones humides.	84
Figure 67	Représentation cartographique de la distribution des Larges Branchiopodes recensés dans la région.	84
Figure 68	Exemples de la pression anthropique enregistrée dans la région d'étude.	91

Introduction





Les zones humides sont des ressources naturelles d'une importance capitale. Elles jouent un rôle écohydrologique majeur dans la gestion de l'environnement, offrent des refuges d'importance internationale pour la faune et constituent des ressources naturelles essentielles pour les peuples autochtones ([Ambelu et al., 2013](#)).

Selon la convention de Ramsar « les zones humides sont des étendues de marais, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres ».

Depuis tout temps, les zones humides méditerranéennes fournissent des services écosystémiques pour leur populations ([Geijendorffer et al., 2019](#)), en outre, le bassin méditerranéen est considéré comme un point chaud pour la biodiversité, ou les zones humides hébergent des espèces endémique et menacés, tandis que ces zones connurent une perte préoccupante au cours des derniers temps ([Leberger et al., 2020](#)). [Taylor et al.,\(2021\)](#) déterminent 50 enjeux susceptibles d'affecter les zones humides méditerranéennes et 50 sujet de recherche, dont la réponse aurait le plus grand impact sur la conservation de ces zones pour les prochains 30 ans.

En Afrique du Nord, la demande croissante en eau provenant de l'agriculture, du développement industriel et de l'utilisation domestique, la croissance exponentielle de la population, l'urbanisation ainsi que l'absence de traitement des eaux usées sont étroitement liées à l'état alarmant des espèces d'eau douce et de leur qualité ([Hamzaoui et al., 2015](#)).

L'Algérie est considérée comme l'un des pays ayant la plus grande superficie de zones humides, à côté de l'Égypte, de la France et de la Turquie, qui représentent ensemble environ les deux tiers de la superficie des zones humides méditerranéennes ([Geijendorffer et al., 2018](#)). L'Algérie, renferme des zones humides unique ([Samraoui et Samraoui, 2013](#)), riche en biodiversité et plus particulièrement dans le coté Nord-Est, en raison de leur contexte biogéographique et géomorphologique, mais ils sont négligé et non protégé contre les menaces liées aux activités humaines ([Bouldjedri et al., 2011](#)). Malgré l'importance internationale de ces zones, elles sont sujettes à de nombreuses violations dues aux activités humaines ([Chaib et al., 2013](#)).

Le complexe des zones humides des hautes plaines de l'Est algérien s'étend sur près de 300 km de l'Est (Ain-Beida) à l'Ouest (Sétif) et compte quinze plans d'eau, dont 8 présentent un statut de site Ramsar ([Seddik et al., 2010](#)). Pour soutenir l'évaluation des tendances des



Introduction



écosystèmes, la biodiversité, leurs moteurs et faciliter la prise de décision éclairée, la couverture des données doit être assurée, régulièrement mise à jour et étendue à tous les sites, quel que soit leur niveau de protection (Leberger et al., 2020).

Les macroinvertébrés sont les principaux piliers de la compréhension de la structure et la fonction des écosystèmes aquatiques (Lin et al., 2016; Wu et al., 2019). Ce sont des indicateurs de la bonne santé d'un écosystème aquatique (Bao et al., 2021; Šigutová et al., 2023), en plus de faire un lien critique dans le transfert de la matière et d'énergie dans le réseau trophique entre les producteurs et les consommateurs les plus élevés dans la chaîne alimentaire comme les amphibiens, poissons et oiseaux (Batzer et Wissinger, 1996; Hussain, 2012).

Les macroinvertébrés sans doute sont le groupe d'organismes aquatiques le plus utilisé pour l'évaluation de la qualité de l'eau de nos jours (Molineri et al., 2020). Chaque espèce a des préférences d'habitat et par conséquent, la communauté dans une situation donnée reflète sans environnement (Stark, 1993).

Comme nombreux organismes, les macroinvertébrés du Nord-Est Algérienne ont récemment connu un déclin marqué de la richesse spécifique et l'abondance au cours de derniers cycles hydrologiques (Benslimane et al., 2019).

L'objectif principal de cette étude est de fournir une vue d'ensemble exhaustive des caractéristiques générales des macroinvertébrés.



Les objectifs spécifiques consistent à résumer les données sur les macroinvertébrés des Hauts Plains de l'Est Algérienne sont :

- ✓ Établir une check-list des principaux groupes taxonomiques des macroinvertébrés des milieux lotiques et lentiques des Hauts Plateaux.
- ✓ Cartographie la distribution des espèces.
- ✓ Évaluation du statut des espèces.
- ✓ Établir la phénologie des espèces.
- ✓ Identification des principales menaces concernant les milieux.

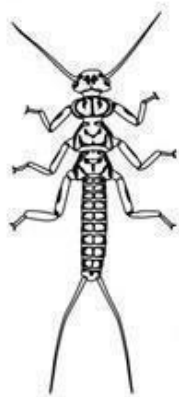
Après la présentation du contexte, ce travail de thèse débutera par une introduction qui sera suivie par quatre chapitres :

- Le premier chapitre offre une synthèse des connaissances relatives aux caractéristiques générales des macroinvertébrés, basés sur une revue d'articles pertinents dans ce domaine.
- Le deuxième chapitre représente une description générale des sites d'étude.
- Le troisième chapitre matériel et méthodes décrit les stations d'étude et les méthodes mise en œuvre.
- Le quatrième chapitre expose les résultats obtenus et permet de discuter l'ensemble de ces résultats.

Enfin une conclusion générale et des perspectives d'avenir.

Chapitre 1

Revue de la Littérature sur les Macroinvertébrés



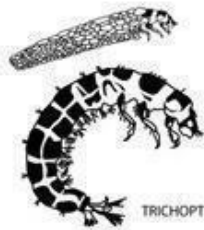
PLECOPTERA



EPHEMEROPTERA



ODONATA



TRICHOPTERA



GAMMARIDAE



HIRUDINEA



CHIRONOMIDAE



LYMNAEA





1. Macroinvertébrés

1.1. Définition

Le terme « macro » désigne la population invertébrée retenue par une filet ou un tamis de 500 μm , représente le groupe le plus diversifié au monde entier (Hauer et Resh, 2017). Les macroinvertébrés sont ceux que l'on peut voir à l'œil nu (Figure 1), se trouvent au fond des rivières, des lacs et des marais (Moisan et Gagnon, 2006).

D'une manière générale, les macroinvertébrés aquatiques constituent un groupe hétérogène, composé d'invertébrés aquatiques de taille supérieur à 500 μm (Usio, 2024), ou suffisamment grands pour être vus à l'œil nu, se composent principalement d'insectes, mais aussi de planaires, de mollusques, de sangsues, d'oligochètes et de crustacés (Jacobsen et al., 2008). Les macroinvertébrés sont pratiquement ubiquistes dans tous les réseaux hydrographiques, comprennent plusieurs centaines d'espèces appartenant à de nombreux embranchements (Hauer et Resh, 2017).

Les macroinvertébrés aquatiques peuvent être classés comme consommateurs primaires (mangeant du matériel végétal), secondaires (mangeant des espèces planctoniques ou benthiques) ou proches de la base de la chaîne alimentaire, où ils jouent un rôle crucial car ils favorisent le cycle des nutriments et réduisent la taille des particules organiques (Callisto et al., 2001)



Figure 1. Quelques exemples des macroinvertébrés (Sarremejane et al., 2020)



1.2. Pourquoi les macroinvertébrés ?

Les macroinvertébrés aquatiques comptent parmi les organismes les plus répandus et les plus variés dans les milieux aquatiques, où ils jouent un rôle important. Sont les principaux organismes utilisés pour la surveillance biologique de l'impact des activités humaines dans les eaux douces (Bonada et al., 2006, Charvet et al., 2000) et sont actuellement largement répandus (Molineri et al., 2020), en raison de leur cycle de vie relativement long, qui permet d'observer les changements environnementaux au cours des six derniers mois au minimum (Balderas et al., 2016).

Les macroinvertébrés sont relativement sédentaires pour un organisme aquatique (Mcmillan, 2023), ubiquistes et faciles à échantillonner d'un point de vue qualitatif, et ne nécessitent pas d'équipement coûteux (Lin et al., 2016). Leur sensibilité à différents types d'altérations dans les conditions hydrauliques (Alvarez-Cabria et al., 2011). Leur grand nombre d'espèces produit une gamme de réponses à une grande variété de perturbations anthropiques (Lin et al., 2016), tels que l'urbanisation, l'agriculture, l'exploitation forestière et d'autres formes diverses d'extraction et d'exploitation des ressources (Mcmillan, 2023). Ils sont faciles à identifier au niveau de la famille, en général, suffisamment d'informations sur le niveau d'altération (Balderas et al., 2016).

1.3. L'importance et le rôle des macroinvertébrés

Les macroinvertébrés sont les principaux piliers de la compréhension de la structure et la fonction des écosystèmes d'eau. Ce sont des indicateurs de la bonne santé d'un écosystème aquatique et ont été utilisé pendant des décennies pour évaluer l'état des écosystèmes aquatiques à la suite de perturbation environnementaux (Bonacina et al., 2023). Plusieurs études ont évalué l'étendue des perturbations humaines dans les écosystèmes lotiques et lentiques à l'aide d'insectes aquatiques (Wallace et Webster, 1996).

Les macroinvertébrés constituent également un maillon du réseau alimentaire entre les producteurs et les consommateurs les plus importants de la chaîne alimentaire (**Figure 2**), tels que les amphibiens, les poissons et les oiseaux. (Merritt et al., 2017, Batzer et Wissinger, 1996).

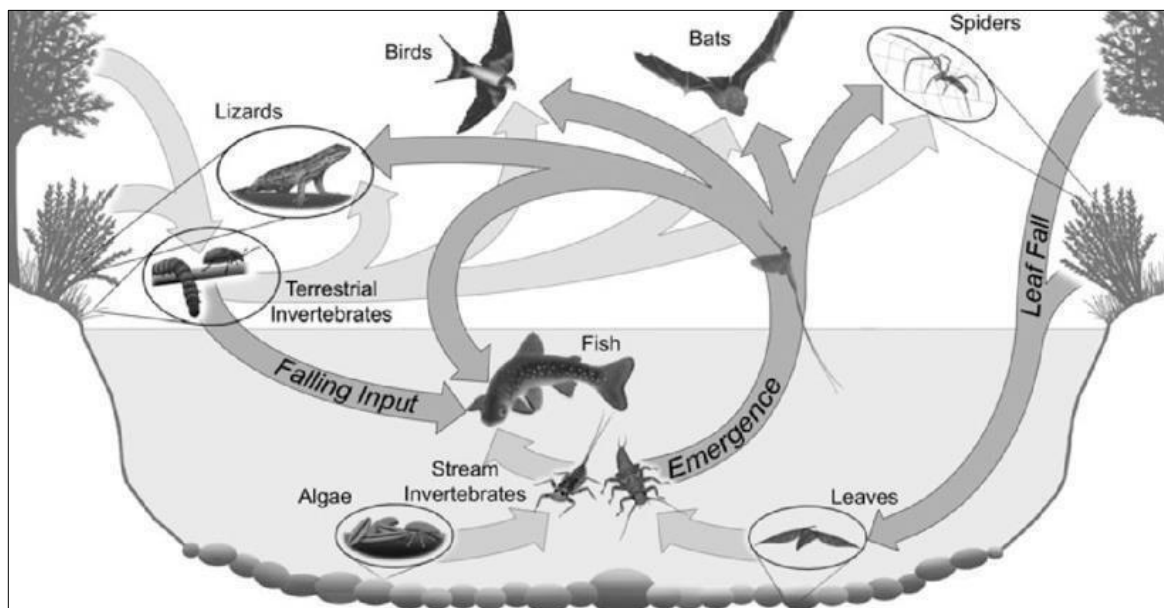


Figure 2. Schéma général montrant le rôle des macroinvertébrés dans la chaîne alimentaire (Baxter et al., 2005).

Les macroinvertébrés ont été largement utilisés pour évaluer le degré de perturbation anthropique sur les écosystèmes lotiques et lentiques, surveiller l'accumulation des métaux lourds et d'insecticides dans les cours d'eau, et ça basée sur des valeurs de tolérance pour des taxons spécifiques, qui vont de 0 (très sensible) à 10 (très tolérant), (Wallace et Webster, 1996).

D'une manière générale les macroinvertébrés sont des excellents indicateurs de la qualité car elles sont ubiquistes dans tous les réseaux hydrographique, la facilité de leur collecte, représente différent gradient de réponse selon le type de stress (Lin et al., 2016).

Compte tenu de leur diversité, ces organismes contribuent à rendre le monde naturel très intéressant et passionnant (exemple des Papillons et Libellules), occupent une place de choix dans l'art et la littérature de toutes les cultures (**figure 3**) (Pyle et al., 1981), ou les adultes sont souvent très colorés contrairement à de nombreux adultes d'insectes aquatiques (Okude et Futahashi, 2021).



Figure 3. Quelques photos d'espèces d'odonates montrent leur valeur esthétique (Ribeiro et al., 2021).

1.4. Etude des macroinvertébrés en Afrique du nord et en Algérie

L'Afrique du Nord est différente des régions méditerranéennes d'Europe d'un point de vue environnemental et taxonomique. Elle a un climat méditerranéen plus accentué et moins d'espèces d'invertébrés benthiques que les régions méditerranéennes de l'Europe continentale (Lounaci et al., 2000b). De nombreuses études menées à l'échelle mondiale ont examiné les tendances des assemblages de macroinvertébrés dans les zones humides ; cependant, en raison du manque de données, l'Afrique a été sous-représentée (Saoudi et al., 2018).

Les études sur l'écologie des macroinvertébrés et la biosurveillance dans les systèmes aquatiques des zones arides, comme celles de l'Afrique du Nord, sont encore peu courantes et



Chapitre 1 : Revue de la Littérature sur les Macroinvertébrés : Synthèse des Connaissances Générales



limitées par rapport aux zones bioclimatiques humides (Benzina et Si Bachir, 2019). Néanmoins, un certain nombre de thèses et d'articles ont traité de la biogéographie et de la taxonomie des macroinvertébrés d'eau douce dans les pays d'Afrique du Nord, avec la plupart des recherches se concentrant sur les rivières des régions montagneuses du nord de l'Algérie et du Maroc (Sellam et al., 2017).

Ces études ont permis de mieux comprendre la biodiversité et les caractéristiques de vie des macroinvertébrés et de suivre l'évolution de leurs populations en réponse aux pressions anthropiques et aux changements climatiques. Toutefois, la majorité des recherches sur la faune aquatique menées jusqu'à présent n'ont pris en compte que la diversité à petite échelle, ce qui a permis d'acquérir un certain nombre de connaissances sur la faune benthique de la plupart des bassins fluviaux de l'Ouest du Maroc à l'est de la Tunisie (Beauchard et al., 2003).

L'Algérie est considérée comme l'un des pays ayant la plus grande superficie de zones humides, à côté de l'Égypte, de la France et de la Turquie, qui représentent ensemble environ les deux tiers de la superficie des zones humides méditerranéennes (Geijzendorffer et al., 2018).

Les recherches sur la limnofaune algérienne ont été effectuées par des zoologistes européens lors de voyages en Afrique depuis la fin du 19^{ème} siècle, et se limitent à quelques cours d'eau situés à proximité des grandes agglomérations telles qu'Alger, Oran, Annaba, Constantine et Biskra (Lounaci et al., 2000a). Une synthèse de la taxonomie et de la répartition de la faune benthique algérienne a été seulement possible grâce à deux études (Gauthier, 1928, Vaillant, 1955), menées entre 1925 et 1960 (Lounaci et al., 2000b).

(Lounaci et al., 2000a) ont établi une liste de référence aux principales et les premières informations sur la faune d'Algérie, concernant les Oligochètes, les Coléoptères, les Trichoptères, les Diptères (Chironomidae et Simuliidae), les Ephéméroptères, les Plécoptères ainsi que macroinvertébrés benthiques dans l'Oued Sébaou, Oued Aisi, Oued Mouzaia et Oued Chiffaa (Gagneur et al., 1986, Kaddouri, 1986, Gagneur et Clergue-Gazeau, 1988, Gagneur et Thomas, 1988, Thomas, 1998, Moubayed et al., 1992, Gagneur et Aliane, 1991, Lounaci, 1987, Ait Mouloud, 1987). Concernant les Odonates, Samraoui et Menaï., (1999), ont dressé une liste contenant 63 espèces, dont 10 avaient été notées dans des travaux antérieurs.



Depuis lors, les études sur la structure des communautés d'invertébrés aquatiques ont fait l'objet d'un intérêt croissant (Lounaci et al., 2000b). Des programmes de recherche hydrobiologique ont été lancés par les laboratoires des universités d'Alger, de Tizi-Ouzou, de Tlemcen et de Guelma (Haouchine, 2011), principalement consacrées à la taxonomie ou à la biogéographie, et rarement à l'écologie (Saoudi et al., 2018). Bien que la plupart des études sur les macroinvertébrés aquatiques se concentrent sur les rivières et les ruisseaux, l'intérêt pour ces organismes s'est accru (Chaib et al., 2011, Khelifa et al., 2011, Annani et al., 2012, Moubayed-Breil and Lounaci, 2013, Bouchelouche et al., 2015).

Laboratoire de Recherche et de Conservation des Zones Humides mène depuis plusieurs années un nombre important de recherches sur l'écologie et la dynamique des populations de macroinvertébrés dans les écosystèmes aquatiques d'Algérie. Les études les plus récentes ont porté sur le nord-est du pays, concernant les Trichoptères et Plécoptères (Dambri et al., 2020, Samraoui et al., 2020, Samraoui et al., 2021a, Boucenna et al., 2023), concernant les odonates (Bouhala et al., 2019, Samraoui et al., 2024), concernant les (Simuliidae) Diptères (Dambri et al., 2022), concernant les larges Branchiopodes (Chergui et al., 2023).

La diversité des macroinvertébrés et la structure des communautés aquatiques en Algérie sont mieux comprises grâce à ces études, ce qui est crucial pour surveiller la santé de l'écosystème et la qualité de l'eau. Cependant, étant donné le manque de recherches approfondies dans de nombreux endroits, la littérature indique qu'il reste encore beaucoup à apprendre sur les macroinvertébrés benthiques d'Algérie.

1.5. Macroinvertébrés et évaluation des écosystèmes aquatiques

Bien qu'ils ne représentent que 2,3 % de la surface de la planète, les lacs, les réservoirs et les rivières abritent au moins 9,5 % de toutes les espèces animales connues (Reid et al., 2019) et malgré les avantages et les services qu'elles fournissent à l'homme, la qualité de l'eau et les organismes qui y vivent sont menacés par les activités humaines telles que la croissance rapide des zones métropolitaines et de l'agriculture (Kabore et al., 2016). En outre, la diminution des populations d'eau douce (83 % entre 1970 et 2014) continue de dépasser les déclinés simultanés des systèmes marins ou terrestres, selon l'indice "Planète vivante" du Fonds mondial pour la nature (Reid et al., 2019).

Les recherches récentes se sont concentrées sur les effets des changements environnementaux sur les communautés aquatiques du fait que les grands systèmes



Chapitre 1 : Revue de la Littérature sur les Macroinvertébrés : Synthèse des Connaissances Générales



aquatiques, soumis à diverses pressions anthropogéniques et climatiques (Floury et al., 2012). Il y a plus de 60 ans, le nombre d'études écologiques sur les macroinvertébrés des systèmes aquatiques était inférieur à ce qu'il est aujourd'hui, et les sujets abordés étaient moins nombreux (Jackson et Fureder, 2006).

La possibilité de conserver une grande partie de la biodiversité restante en milieu aquatique disparaîtra à terme si les tendances de la demande humaine en eau restent inchangées et si les pertes d'espèces se poursuivent au rythme actuel (Dudgeon et al., 2006). À l'échelle mondiale, les systèmes naturels se modifient déjà en raison du changement climatique, et ces changements commencent à se faire sentir dans la biodiversité des écosystèmes aquatiques (Epele et al., 2024). Les zones humides méditerranéennes restent extrêmement importantes malgré les défis auxquels elles sont confrontées, et les avantages qu'elles fournissent aux populations et aux économies nationales dans toute la région sont considérables (Kabore et al., 2016).

La structure de la communauté des macroinvertébrés a subi de nombreux changements sous l'effet de la pression humaine, la fragmentation des habitats et la pollution de l'eau dans de nombreux pays émergents ont contribué à la réduction de la biodiversité (Kaboré et al., 2016), et plus particulièrement les zones humides d'Afrique qui offrent un certain niveau de sécurité alimentaire, des biens commerciaux et des valeurs culturelles et esthétiques aux communautés humaines qui les habitent (Triplet, 2009).

Le nord de l'Algérie abrite une grande diversité de zones humides, dont plusieurs sont d'une grande importance internationale (Samraoui et Samraoui, 2013). Il est situé dans le point chaud (hotspot) du bassin méditerranéen (Figure), l'une des régions du monde présentant une grande biodiversité et un niveau élevé de vulnérabilité (Myers et al., 2000).

La complexité des hydrosystèmes et la multiplicité des perturbations anthropiques dans le nord de l'Algérie, ainsi que les conditions climatiques difficiles, ont entraîné une fragmentation rapide et profonde des communautés d'invertébrés, entraînant une perte de diversité et/ou des déséquilibres démographiques (Lounaci, 2005). En effet, les lois locales actuellement en vigueur sont tout simplement insuffisantes pour ralentir la forte réduction de la biodiversité régionale (Boucenna et al., 2023).

Le manque d'informations reste un obstacle majeur aux efforts de conservation. Compte tenu de la taille et de l'importance biogéographique du nord d'Afrique et en comparaison avec



d'autres pays du nord de la Méditerranée, les macroinvertébrés d'eau douce de la région sont encore relativement peu étudiés (Samraoui et al., 2021b).

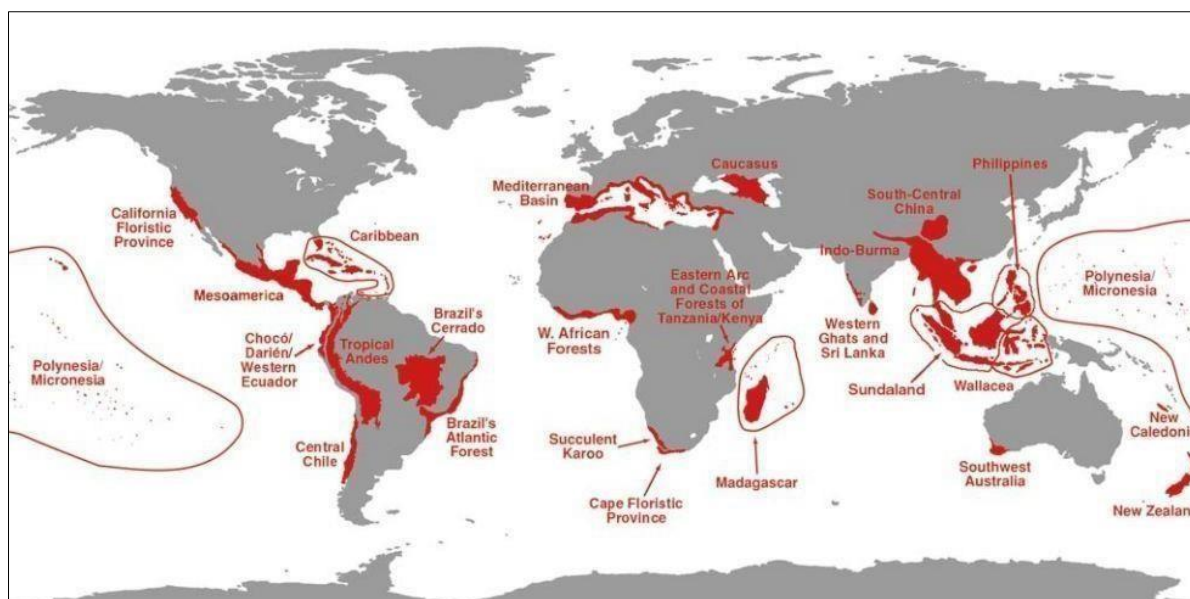


Figure 4. Représentation cartographique des 25 (hotspot) points chauds (Myers et al., 2000).

Notre connaissance des interactions abiotiques et biotiques complexes, des variations et des cycles interannuels, ainsi que des perturbations naturelles et humaines et de leur rétablissement, a largement bénéficié des récentes études à long terme sur les macroinvertébrés, d'une manière général, les études à long terme des macroinvertébrés ont contribué à notre connaissance des écosystèmes d'eau (Jackson et Fuereder, 2006).

Même si elles sont encore rares, les séries de données à long terme sont très utiles pour identifier les tendances écologiques et leurs forces motrices (Vinson, 2001). Compte tenu de l'importance des macroinvertébrés benthiques, la collecte et la transmission d'informations sur leur biologie sont antérieures à l'histoire, et ces connaissances sont sans doute le fruit des premières recherches menées sur les animaux d'eau douce (Resh et Rosenberg, 2010).

Les données à long terme les plus complètes ont été collectées pour les Culicidae et les Simuliidae dans le cadre de la lutte contre les ravageurs et les maladies, bien que la plupart de ces données ne soient pas publiées, les études publiées ont contribué à notre compréhension des interactions entre prédateurs et proies, des impacts locaux et régionaux des conditions météorologiques sur la dynamique et de la variabilité spatiale de la dynamique des populations (Jackson et Fuereder, 2006).



Chapitre 1 : Revue de la Littérature sur les Macroinvertébrés : Synthèse des Connaissances Générales

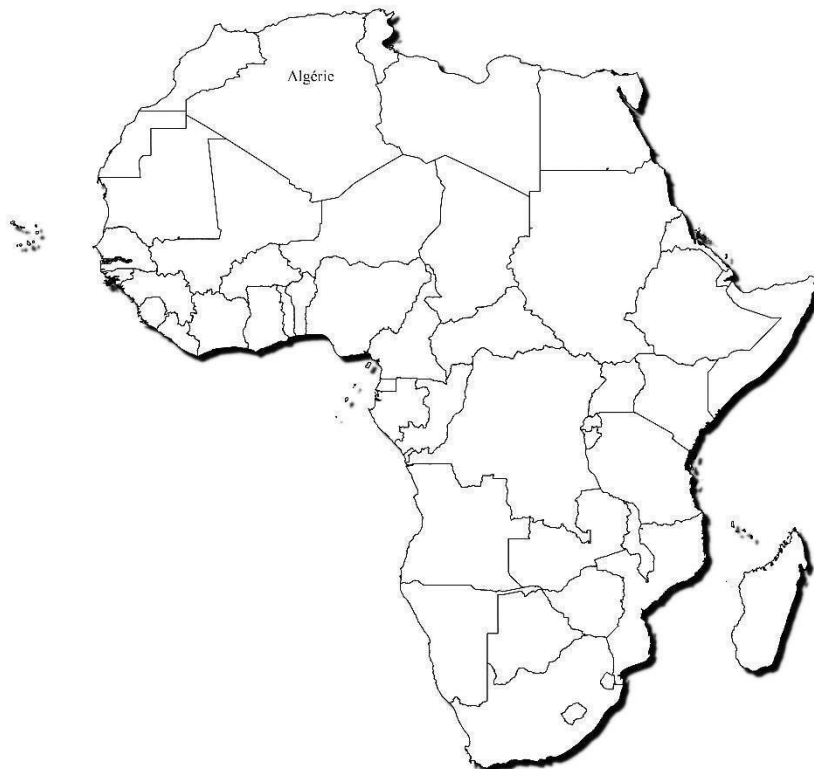


Les défis posés par l'endémisme et la non-substituabilité qui en découle, ainsi que la situation géographique des rivières et des zones humides en tant que "récepteurs" des effluents de l'utilisation des sols et le fait que les tendances de la demande humaine en eau restent inchangées, rendent la conservation de la biodiversité plus difficile (Dudgeon et al., 2006). Il est essentiel de comprendre les facteurs qui influencent la structure des communautés afin de gérer efficacement les écosystèmes face au changement global (Dalu et al., 2017).

La détermination des "points chauds de la biodiversité", qui sont des concentrations exceptionnelles d'espèces endémiques subissant une perte exceptionnelle de leur habitat et qui ne représentent que 1,4 % de la surface de la Terre, les planificateurs de la conservation peuvent adopter une stratégie "miracle", en se concentrant sur ces points chauds proportionnellement à leur part des espèces en péril dans le monde, ce qui est une façon de soutenir le plus grand nombre d'espèces au moindre coût (Myers et al., 2000).

Chapitre 2

Présentation de la région d'étude



2.1. Généralité sur le Bassin versant des Hautes Plaines de l'Est Algérien

Les hautes plaines de l'Est Algérien (**Figure 5**) constituent un large bassin endoréique limité entre deux chaînes de montagnes, le massif des Aurès au Sud et les monts de Constantine pour la bordure septentrionale. L'originalité de ces plaines réside à la fois dans l'existence de nombreuses sebkha et dans la localisation de celles-ci le long d'un vaste réseau hydrographique désorganisé au cours du quaternaire (Benazzouz, 1986). Le complexe des zones humides des hautes plaines de l'Est Algérien s'étend sur près de 300 km de l'Est (Ain-Beida) à l'Ouest (Sétif) et compte quinze plans d'eau (chotts, sebkhas et garaets) dont 8 présentent un statut de site Ramsar. Les zones humides les plus spacieuses se trouvent encerclées dans la région des Sebkhass enclavées entre les wilayas d'Oum El-Bouaghi, de Khenchela et de Batna, dont la plupart est salées (Saheb, 2009, Baaziz et Samraoui, 2008, Boukrouma et al., 2011).

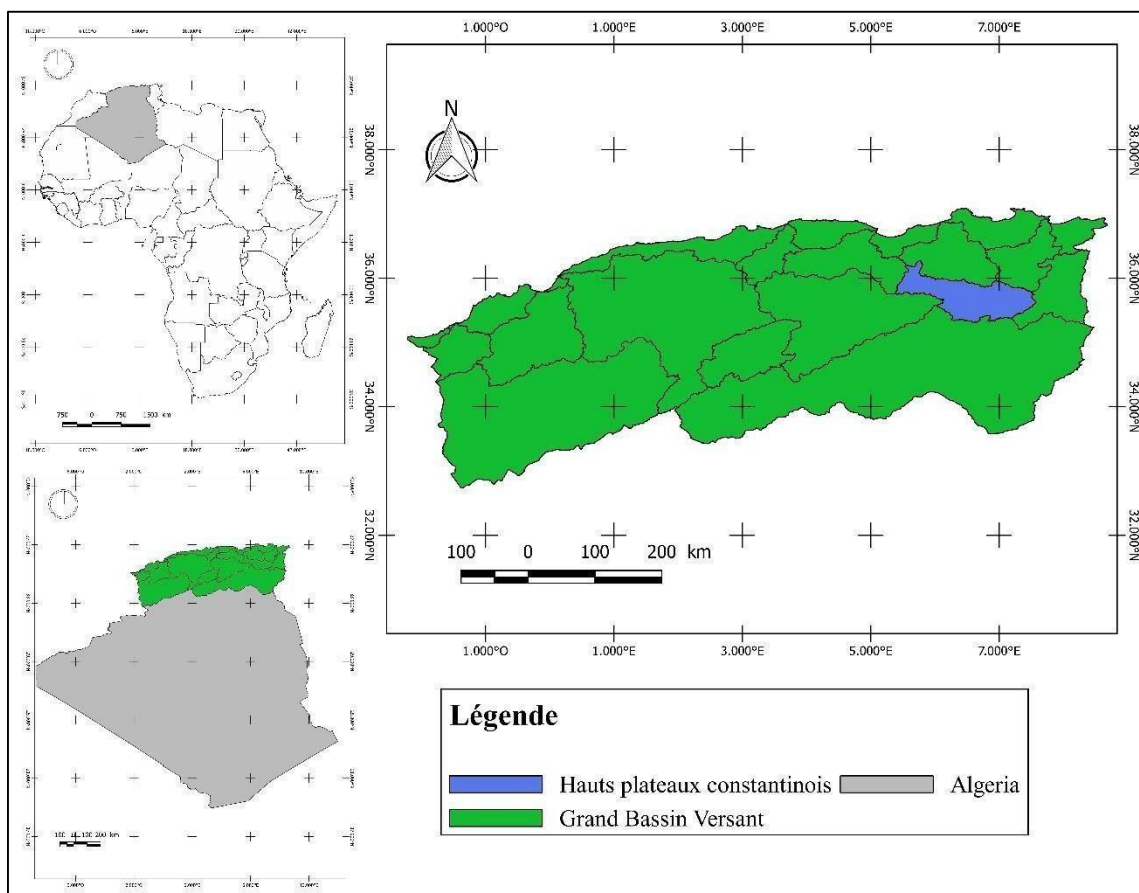


Figure 5. Carte des bassins versants de l'Algérie et localisation des Hauts plateaux constantinois.

2.2. Présentation de la wilaya d'Oum El Bouaghi

La wilaya d'Oum El Bouaghi est issue du découpage administratif de 1974 et remodelé leur découpage de 1984, elle fait partie du bassin des hautes plaines constantinoise, située au centre du Nord-Est Algérien, s'étend sur une superficie de 7638.13 Km², cette région est délimitée par sept wilayas ; Guelma au Nord, Constantine au Nord-Ouest, Souk Ahras au Nord- Est, Mila à l'Ouest, Batna au Sud-Ouest, Khenchla au Sud et Tébessa à l'Est (**Figure 6**).

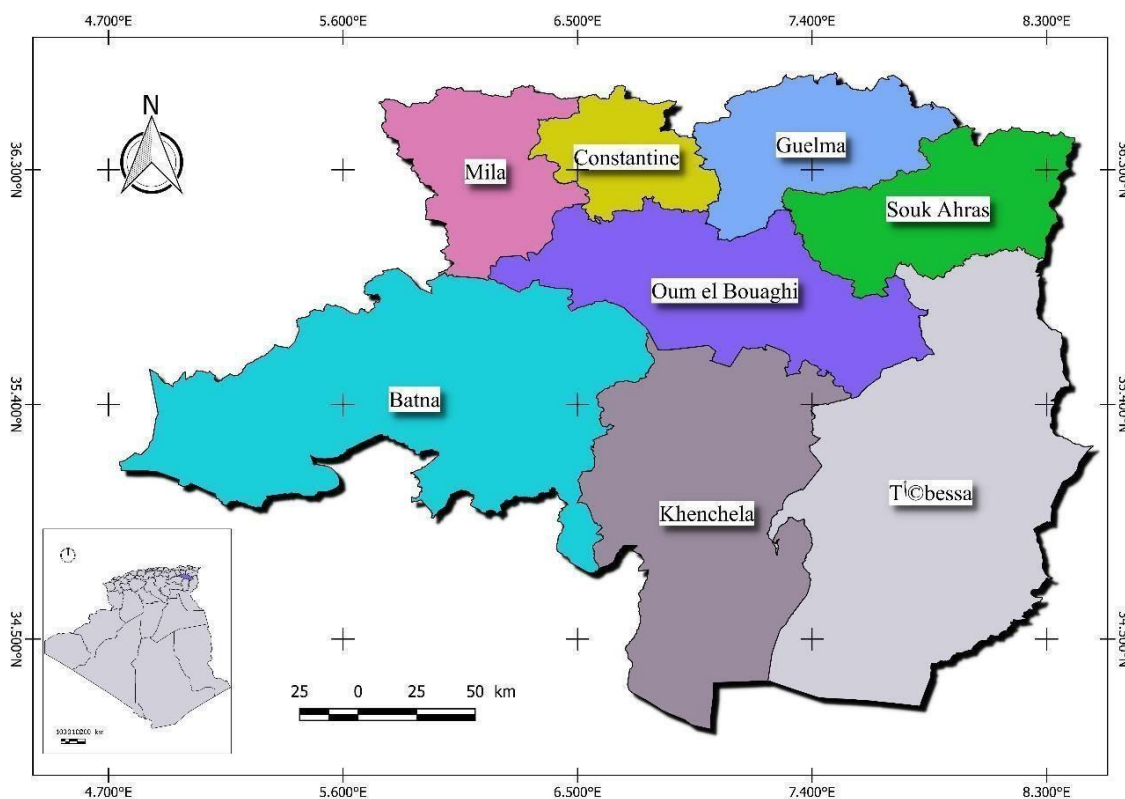


Figure 6. Situation géographique de la région d'Oum El Bouaghi.

2.2.1. Géologie

La géologie permet de déterminer la nature et l'extension des formations géologiques de sous-sol. Dans la partie orientale de l'Algérie, la première phase tectonique tangentielle majeure est L'Éocène moyen/précoce. Elle est responsable des chevauchements à la seine des domaines interne entre ce dernier et la nappe des flysch et d'évènements du moins importance dans les domaines externe (Aris, 1994).

Le complexe des zones humides de la région d'Oum El Bouaghi, Batna et khenchela est situé dans une plaine entourée de collines et de plateaux, ces milieux sont délimités au Sud par la chaîne montagneuse des Aurès, au Nord par la montagne de Sidi Reghis (1635 m) et une série de montagnes qui traversent Ain Fakroun en direction de constantine. La barrière de l'Est est représentée par F'Kirina, les montagnes de Bou-Tokhma (1349 m), Fedjidjet et

Amamet El Kebir (1337 m), tandis qu'à l'Ouest, ces zones s'ouvrent sur d'autres zones humides qui s'étendant jusqu'à Sétif : Garaet Beida Borj, Sebkhet Bazer Sakra, Chott El Frain, Sebkhet El Hammiet et Chott Ghadain (Hafid, 2013).

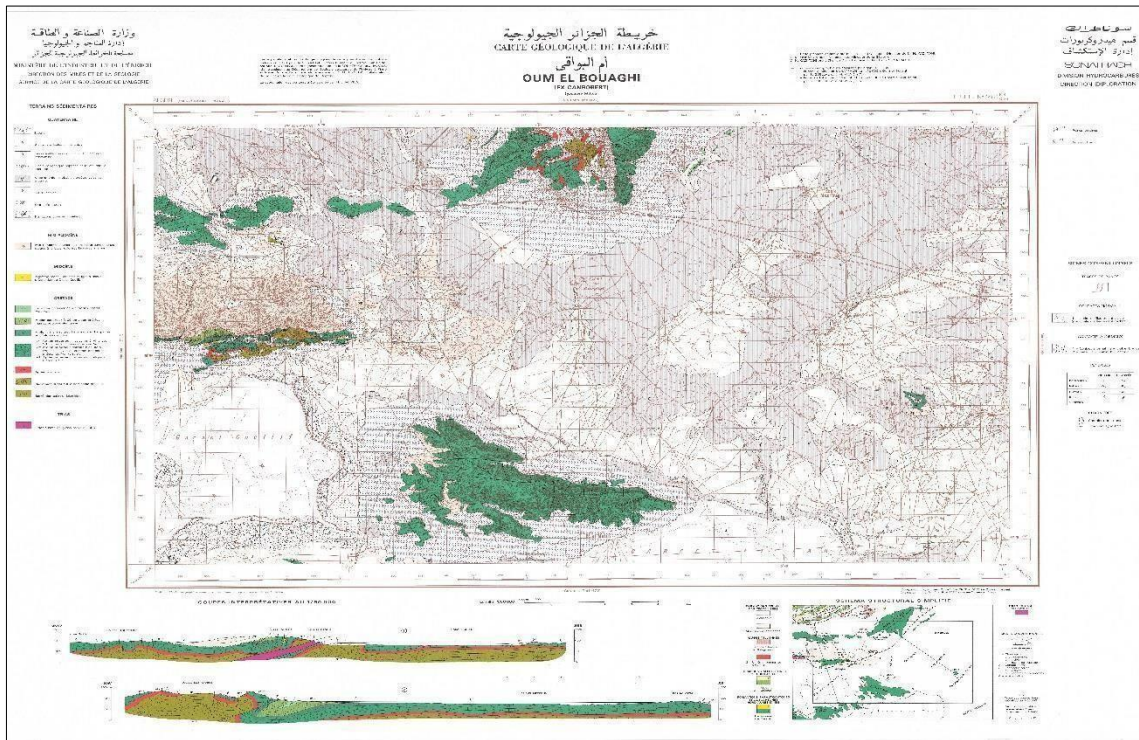


Figure 7. Carte géologique de la région d'Oum El Bouaghi.

2.2.2. Climatologie

le climat est un ensemble fluctuant des conditions atmosphériques caractérisé par les états et les évolutions du temps d'un domaine spatial déterminé (Villeneuve, 1980), ces conditions ont des influences soit d'une façon directe sur la macrofaune benthique (ponte, émergence et stade aérien) ou indirectes par la modifications des caractéristiques physicochimiques de l'eau. Les données météorologiques de la région d'Oum El Bouaghi des dernier 10 années récoltées du site : <https://fr.tutiempo.net/climat>.



2.2.2.1. Les Températures

Facteur indispensable à la biosphère (Ward et Stanford, 1982), dépend de l'altitude, de la distance par rapport à la mer et varie également en fonction des saisons (Dajoz, 1985).

Les températures moyennes mensuelles de la région d'Oum El Bouaghi montrent que le mois de juillet est le mois le plus chaud avec une moyenne de 29.5 C°, tandis que janvier est le mois le plus froid avec une moyenne de 6.95C° (Tableau1, Figure 8).

Tableau 1. Températures moyennes mensuelles de la région d'Oum El Bouaghi (2011/2020).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jua	Jui	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec
Tm(C°)	6.95	8.03	11.46	16.06	19.96	25.66	29.5	28.7	23.75	18.79	12.71	8.59
Tmin(C°)	1.34	1.4	4.29	7.51	10.52	15.09	18.3	18.2	15.46	10.9	6.16	2.43
Tmax(C°)	11.76	12.42	15.75	20.66	24.98	30.66	34.87	34.4	28.81	23.67	16.83	12.65

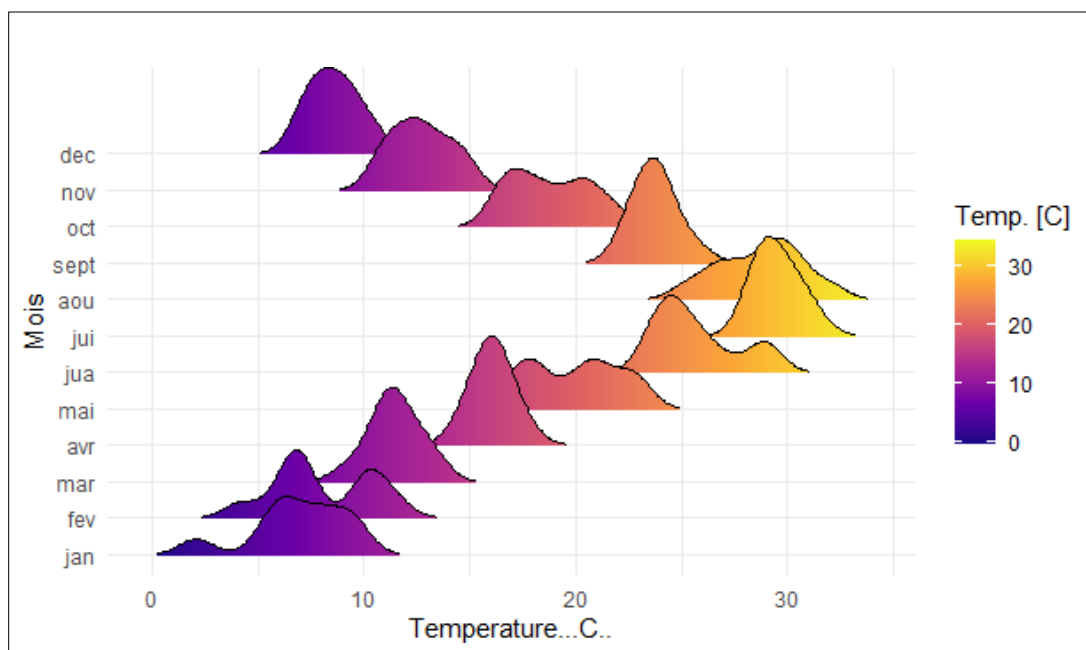


Figure 8. Températures moyennes mensuelles de la région d'Oum El Bouaghi.

2.2.2.2. Les Précipitations

Les précipitations sont toutes les eaux météorologiques qui arrivent sur la surface de la terre, causées par un changement de température ou de pression, à la fois sous forme liquide (bruine, pluie, averse) ou sous forme solide (neige, grésil, grêle) (Musy et Higy, 2004), la précipitation est un élément écologique qui joue un rôle crucial dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques.



À partir des variations de la précipitation moyenne mensuelle nous constatons que la moyenne la plus importante est enregistrée pendant le mois de Mai avec 42.19 mm, alors que Juillet est le mois le plus sec 8.22mm (Tableau2, Figure 9).

Tableau 2. Précipitation moyennes mensuelles de la région d'Oum El Bouaghi (2011/2020).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jua	Jui	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec
P (mm)	30.26	33.66	36.59	27.28	42.19	20.9	8.22	19.1	36.3	40.24	27.18	16.88

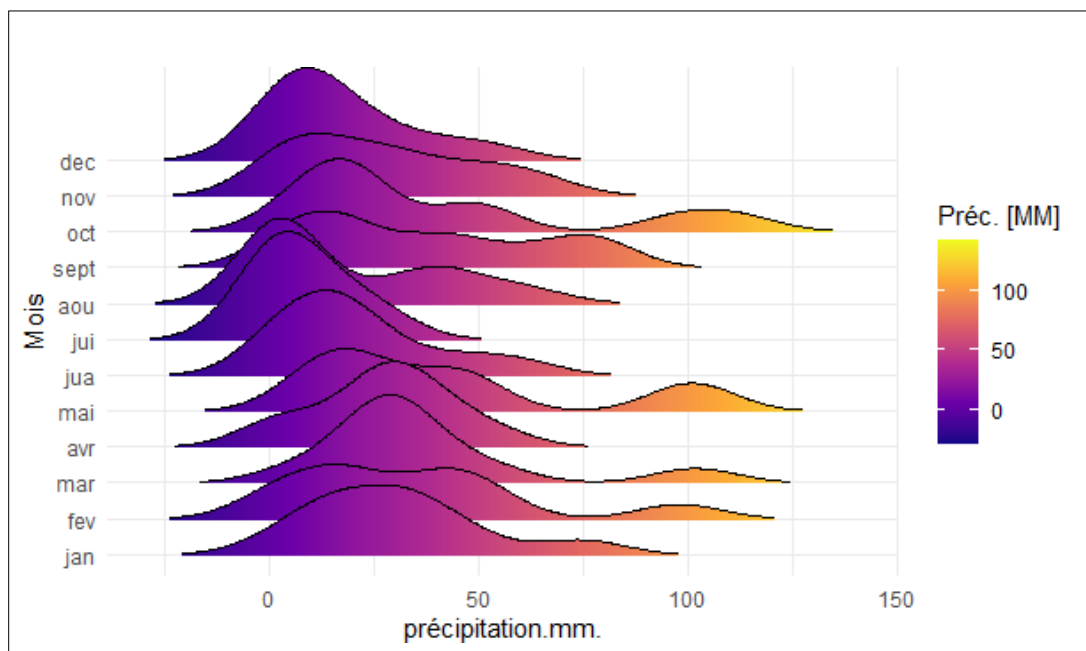


Figure 9. Précipitations moyennes mensuelles de la région d'Oum El Bouaghi.

2.2.2.3. Le Vent

Le Tableau3 montre la vitesse moyenne mensuelle des vents en km/h de la région d'Oum El Bouaghi durant la décennie 2011 à 2020.

Les vitesses des vents de la région durant la période 2011/2020 sont légèrement variées, elles oscillent entre 9.87 (km/h) et 13.62 (km/h). La vitesse du vent a atteint sa valeur maximale pendant le mois de mars, tandis que la valeur minimale est enregistrée pendant le mois d'octobre (Tableau 3, Figure 10).



Tableau 3. vitesse moyenne mensuelles de la région d'Oum El Bouaghi 2011/2020.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jua	Jui	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec
V (km/h)	12.5	13.08	13.62	12.65	12.98	12.32	12.04	11.14	10.6	9.87	10.4	10.24

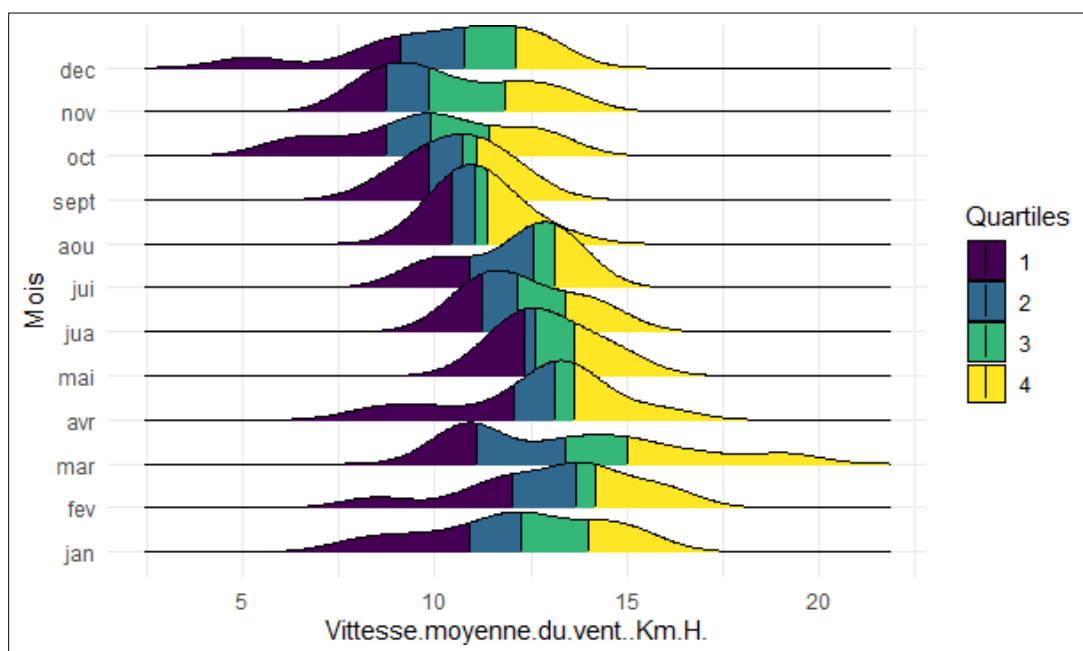


Figure 10. Vitesses moyennes des vents durant la décennie 2011 à 2020 dans la région d'Oum El Bouaghi(en Km/h).

2.2.2.4. Classification bioclimatique

Les climagrammes et les diagrammes ombrothermiques sont quelques outils de la bioclimatologie qui permettent d'élaborer des modèles de représentation et de comparer les climats entre eux.

2.2.2.4.1. Diagramme Ombrothermique de BANGNOULS et GAUSSEN (1953)

Pour appliquer le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен nous avons tenu compte des données climatique bien précises qui sont les précipitations annuelles et les températures moyennes s'étaler sur la période (2011-2020). On porte en abscisses les mois de l'année, en ordonnées, à droite, les précipitations en mm (moyennes mensuelles des précipitations), à gauche, les températures en °C (moyennes mensuelles des températures) à une échelle double de celle des précipitations, qui permettent de déterminer la durée de la période sèche où : $P \leq 2 T$ et la période humide $P > 2 T$ (Bagnouls et Gausсен, 1957).



Selon le diagramme ombrothermique de la région Oum El Bouaghi (2011-2020) on observe que la période sèche s'étale entre le début de Mai et la fin de Septembre. Les autres mois de l'année représentent la période humide (Figure 11).

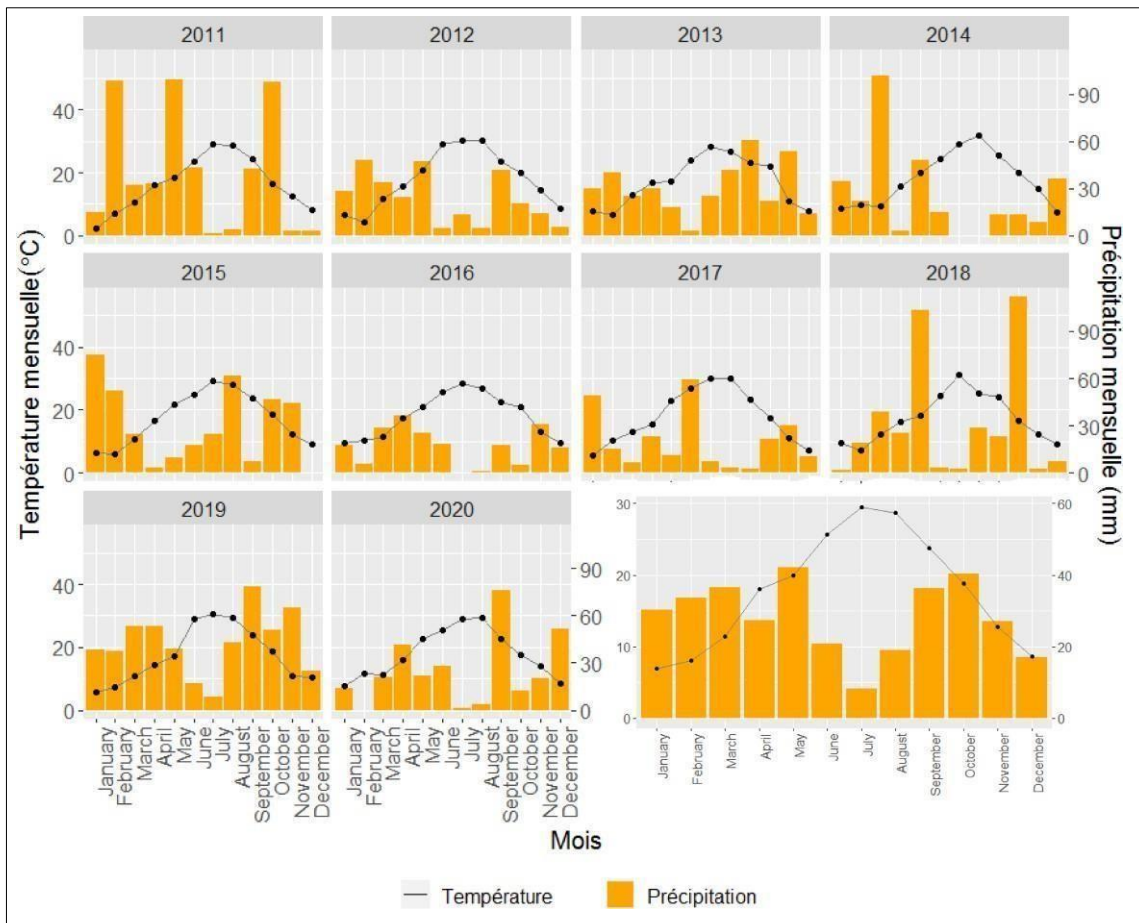


Figure 11. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région d'Oum el Bouaghi (2011/2020).

2.2.2.4.2. Le Quotient pluviométrique d'Emberger

Le quotient pluviométrique (Q2) d'Emberger (1952) a été établi pour la région méditerranéenne et il est défini par la formule suivante :

$$Q2 = 2000 P / (M2 - m2)$$

P : pluviosité moyenne annuelle

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (T + 273° K).

m : moyenne des minima du mois le plus froid (T + 273° K).

Q2 de la région d'étude est égale à =28.32

Cette valeur rapportée sur le climagramme d'emberger permet de classer la région d'Oum El Bouaghi dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais (Figure 12).

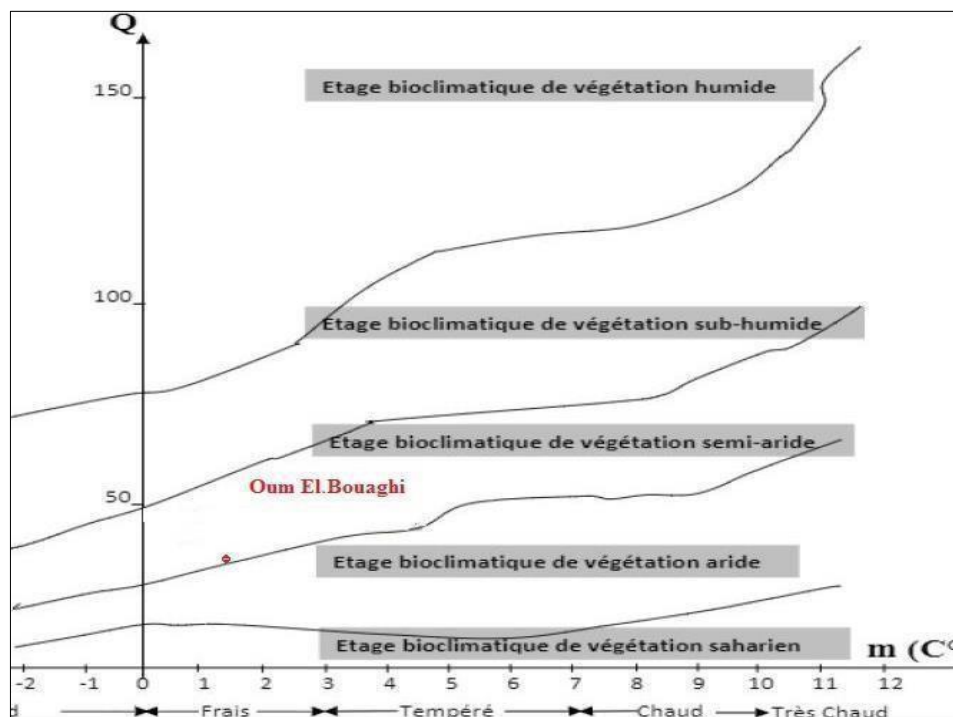


Figure 12. Situation de la région d'Oum El Bouaghi dans le climagramme d'Emberger.

2.2.2.4.3. Indice d'aridité de Martonne

L'Indice d'aridité de Martonne est un indice utilisé pour caractériser l'intensité de la sécheresse, dépend essentiellement des précipitations moyennes mensuelles (mm) et la température annuelle (°C), exprimé par la formule :

$$I = P / (T + 10)$$

P : la quantité annuelle des Précipitations (mm), égale à 8 mm

T : température moyenne annuelle (°C), égale à =17.51 °C

L'indice d'aridité de la région d'Oum El Bouaghi égale à =12.46

Après la lecture au tableau guide de Martonne (**Tableau 4**) nous constatons que le climat de la région d'étude est semi-aride.

Tableau 4. Classement on fonction de l'indice d'aridité de Martonne.

Valeurs de l'indice d'Aridité	Types du climat
$I < 5$	climat Hyperaride
$5 < I < 7,5$	climat Désertique
$7,5 < I < 10$	climat Steppique
$10 < I < 20$	climat Semi-aride
$20 < I < 30$	climat Tempéré
$I > 30$	climat Humide

2.3. Sites d'Échantillonnage

Notre étude s'est déroulée dans 13 zones humides ; Garaet Tarf, Garaet Guellif, Chott Tinsilt, Sebkhet Ezzemoul, Lac Timerganine, Sébkhet Djendli, Sebkhet Gémot, La retenue collinaire d'Ourkis, Lac de Touzline, en outre quatre Oueds ; Oued Dahmen, Oued D'himine, Oued Sigus et Oued Zerhaib (**Figure 13**).

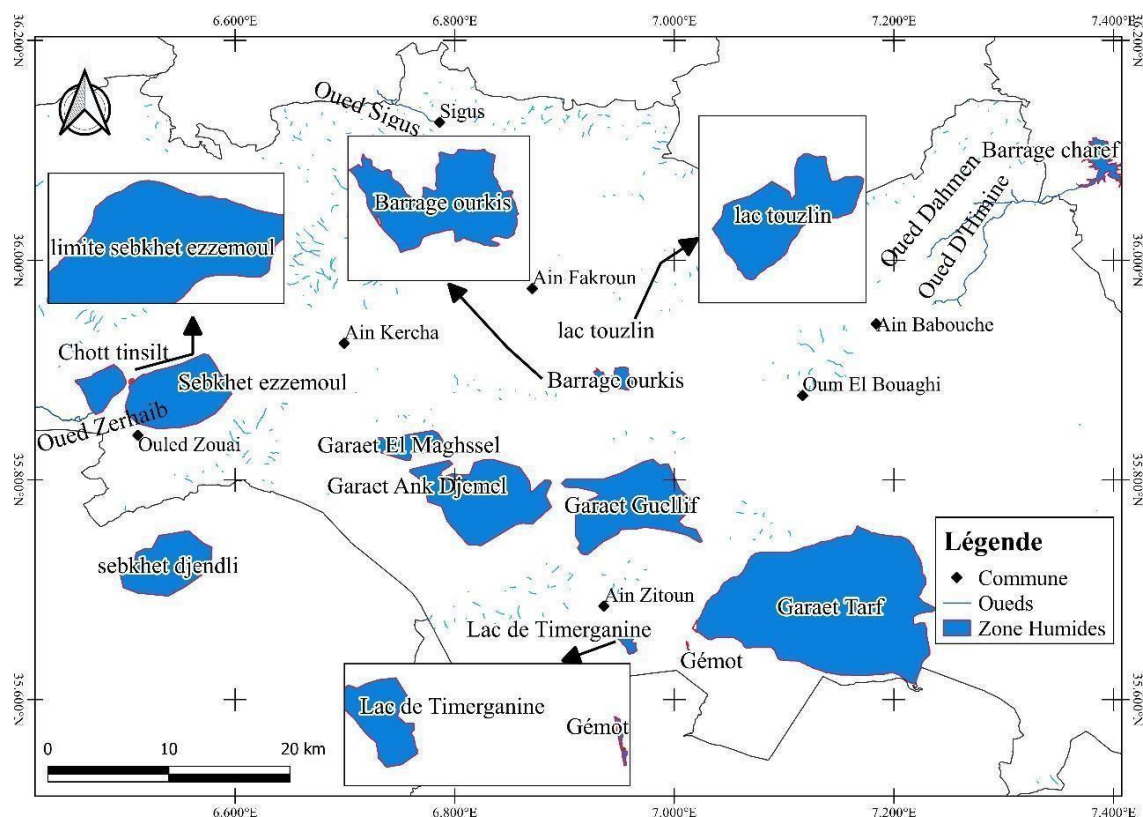


Figure 13. Situation géographique des sites d'étude.

2.3.1. Garaet Tarf

Avec une superficie de 25500 ha, Garaet tarf est la plus grande étendue d'eau de la région. Elle est située au Sud de Djebel El-Tarf. Classée au site Ramsar depuis 2004. Elle est alimentée principalement par Oued Boulefreiss, Oued Maarouf, Oued Remila et Oued Gueiss qui prennent naissance dans les Aurès. Le site est à 14 et 17 km de deux villes importantes, Oum El Bouaghi, chef-lieu de wilaya et Aïn-Beïda et à 8 Km du village de F'kirina. On y accède par les routes nationales d'Oum-El-Bouaghi- Khenchela et de Aïn-Beïda–Khenchela (D.G.F, 2004).

2.3.2. Garaet Guellif

Ce plan d'eau occupe une superficie de 5525 ha, classée au site Ramsar depuis 2004, située à environ 12 km du chef-lieu de la wilaya d'Oum El Bouaghi, entourée par Djebel Guellif au Nord, Djebel El Tarf à l'Est, Djebel Fedjoudj au Sud et communique avec Garaet Ank Djemel



à l'Ouest. elle est alimenté principalement par Oued Tallizerdine, Oued El-Houassi et Oued Ourleiss qui prennent naissance dans les reliefs de Touzzeline située au Nord de la sebkha. On y accède par la route nationale d'Oum El Bouaghi- Khenchela (D.G.F, 2004).

2.3.3. Sebket Ezzemoul et Chott Tinsilt

Ces deux plans d'eau situés au piedmont de Kef Ennsar sont séparés par la route nationale N°3 reliant entre la ville de Constantine à la ville de Batna, au point appelé les Lacs : Sebket Ezzemoul est d'une superficie de 6 000 ha, exploité industriellement pour son sel de table par la société Algérienne ENASEL. Il ne se remplit d'eau que rarement, dont la profondeur varie assez régulièrement sans jamais dépasser 0.5 mètre. La Sebka alimentée principalement par les eaux de pluie et de ruissellement (Amarouyache et al., 2010). Chott Tinsilt situé sur le territoire de la daïra de Souk Naamen, s'étale sur 3 600 ha. Le chott est alimentée essentiellement par les eaux pluviales provenant d'Oued Zerhaib et par les eaux usées de la commune de souk Naamen, son eau est saumâtre avec une salinité moyenne, un pH alcalin et une profondeur qui ne dépasse jamais les 0.5 mètre (D.G.F, 2004).

2.3.4. Lac de Timerganine

Ce plan d'eau est situé à 4 km au Sud de la commune d'Aïn Zitoune et à 33 Km de la ville d'Oum El Bouaghi, chef-lieu de la wilaya. On y accède par la route menant d'Oum El Bouaghi vers Khenchela. Lac de Timerganine : considéré comme l'un des sites les plus importants du Nord Est Algérien, le seul plan d'eau douce de la région caractérisé par la présence d'eau tout l'année (Seddik et al., 2010).

2.3.5. Sebket Gémot

Il s'agit d'un petit plan d'eau (57 ha) satellite de Gareat Tarf, actuellement séparé par la route nationale reliant Oum El Bouaghi et Khenchla. Il caractérisé par sa profondeur assez élevée et sa végétation constituée essentiellement de Tamarix (Aberkane, 2014).

2.3.6. Sebket Djendli

Ce plan d'eau naturel s'étend sur une superficie de 3700 ha, situé près de la ville de Batna, dont la présence de l'eau dépend fortement de la présence des précipitations, alimenté essentiellement par Oued Fareh qui prend naissance dans les chaînes montagneuses de Bou Arif ce Sebka est enclavée entre trois chaînes montagneuses, Djebel Bou Arif au Sud, Djebel Toumbaït et Djebel Tafraout au Nord et à l'Ouest. Par contre à l'Est, elle s'ouvre sur les plaines de Boulhilet et de Chemora (Hafid, 2013).



2.3.7. Barrage d'Ourkis

Barrage d'Ourkis est situé à 14 km au sud de la ville d'Ain Fakroun. Le réservoir créé à une altitude de 951 m stocke l'eau du ruisseau temporaire de l'Oued Ourkiss, mais plus de 90 % de l'eau est pompée dans un autre réservoir, l'Oued Athmenia, et canalisée vers le bassin de l'Ourkiss pendant les périodes de crue (Stevanović et al., 2010). La végétation est très rare, c'est une zone essentiellement agropastorale.

2.3.8. La retenue collinaire d'Ourkis (Lac de Touzline)

Un réservoir d'eau douce, situé à proximité de la route RN10 qui relie le village d'Ain Fakroun à la ville d'Oum El Bouaghi près de la commune de Touzline, ce plan d'eau occupe une superficie de 36 ha, alimenté principalement par Oued Ourkis et les eaux pluviales. Elle est destinée pour l'irrigation des champs de céréalières (Baaziz et Samraoui, 2008), entourée par plusieurs montagnes Djebel Fedjoudj, Touzeline, Hezma et la chaîne des djebels de réseau de Saloua (Boukrouma, 2007).

2.3.9. Oued Dahmane

Oued Dahmane représente l'un des affluents d'Oued settara, il se localise dans le nord centre de la wilaya d'Oum El Bouaghi. Sa profondeur moyenne varié entre 0.5 et 3m, sa ceinture végétale est composée principalement de *Scirpus lacustrice*, de *Scirpus maritimus* et de *Typha angustifolia*. L'eau de cet Oued de nature douce est fortement menacée surtout dans les dernières années de sécheresse du fait de l'installation de quelques pompes d'eau utilisée pour l'irrigation des cultures céréalières et d'autres activités industrielles (Redjaimia et Saheb, 2019).

2.3.10. Oued Dhimine

Oued Dhimine localisé à 3 km au nord de la commune Ain Bebouche, Les eaux pluviales, s'écoulant des versants Nord du Djebel Hamimat et Sud des Koudiet El- Khoudjel sont drainées par l'Oued Dahimine orienté vers le Nord-Est. Cet Oued et ses affluents sont en général secs ou légèrement humides, sauf après de fortes pluies où ils peuvent être en crue (Mosbah et Rached, 2014).

2.3.11. Oued Sigus

Oued Sigus représente un cours d'eau très important pour la région de Sigus avec une longueur totale de 4.57 km de territoire communale, considéré comme l'un des affluents les plus importants de l'Oued Boumerzoug (Bekhouche et al., 2017).



2.3.11. Oued Zerhaib

Oued Zerhaib représente l'un des principaux affluents de Chott Tinsilt, situé au Sud de la commune de Souk Naamen, son eau provenant essentiellement par les eaux de pluie (D.G.F, 2004).

2.4. Perturbation naturelle

Le terme de perturbation est utilisé depuis nombreuses années en écologie, et par conséquent, a un contexte historique. Les écologistes reconnaissent généralement la signification traditionnelle de la perturbation comme un événement massivement destructeur et rare (Rykiel, 1985).

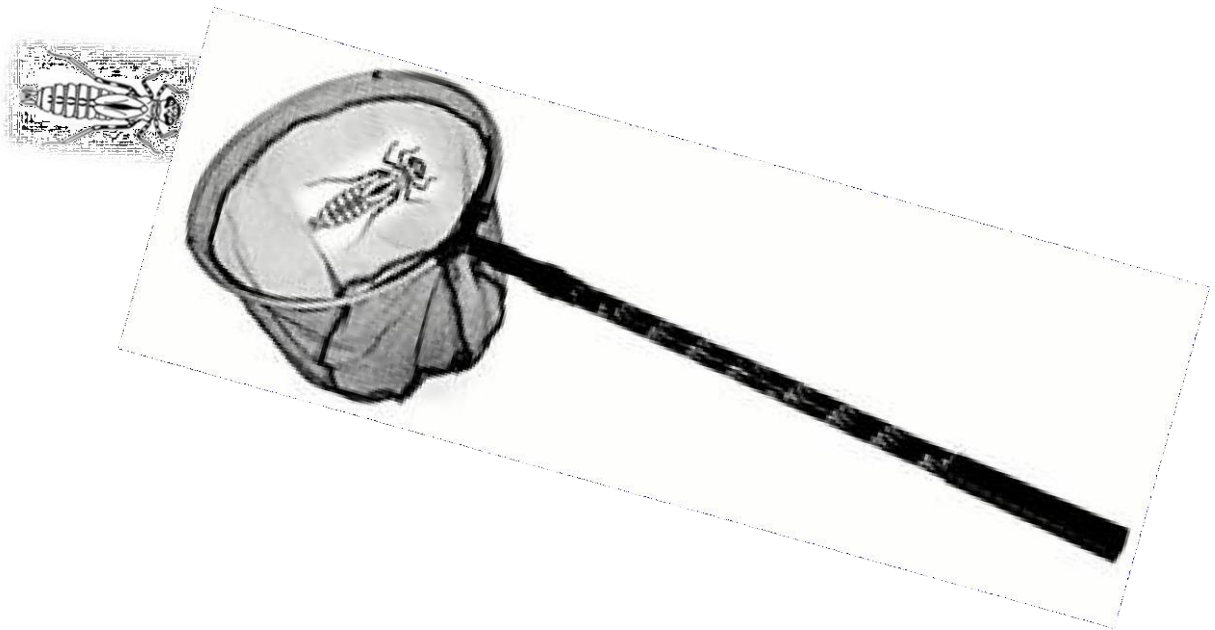
Le changement climatique pourrait menacer les communautés écologiques en modifiant la température, la précipitation, les modèles des ruissellements et les changements induits par d'autres variables environnementales (Londe et al., 2023, Le et al., 2023).

La sécheresse est l'une des principales formes de perturbation naturelles, elle détruit et génère des inégalités dans les habitats et des inégalités chez les êtres vivants. D'une manière générale, le rétablissement des invertébrés et des poissons après la sécheresse prend plus de temps que le rétablissement après l'inondation (Lake, 2000).

La diminution de la précipitation totale, l'augmentation de la rigueur des sécheresses et la désertification représentent l'un des enjeux clés pour la venue des zones humides méditerranéennes (Taylor et al., 2021). Durant notre période d'étude l'assèchement apparaît presque au niveau de tous les zones humides sauf lac Touzline et la retenue collinaire d'Ourkis, le plus remarquable est l'assèchement de lac Timerganine, en outre l'assèchement d'oued Dhimine et Oued Zerhaib. La période peut atteindre dix mois (Gareat Tarf, Sebkhet Ezzemoul, Sebkhet Djendli et Oued Zerhaib).

Chapitre 3

Matériel et Méthodes





3.1. Objectif de l'étude

Les travaux mis en œuvre dans le cadre de cette thèse s'attachant à une meilleure connaissance de la biodiversité des macroinvertébrés du bassin versant des Hautes plaines de l'Est Algérien et plus particulièrement la région d'Oum El Bouaghi. Pour aboutir à notre objectif, des prélèvements mensuels ont été effectués durant une campagne d'une année (allant d'août 2019 à juillet 2020), menées sur 13 zones humides.

3.2. Choix des sites et stations d'étude

Au cours de ce travail 31 stations de prélèvements ont été retenues dans la zone d'étude (**Figure 14**). 21 répartis sur neuf zones humides. Parmi ces zones ; trois ont été classées comme site Ramsar depuis 2004 (Gareat Tarf, Gareat Guellif et Chott Tinsilt) et deux zones proposé au site (Sebkhet Ezzemoul et Lac Timerganine), en outre dix stations répartis sur quatre oueds (Oued Dahmen, Oued Dhimine, Oued Sigus et Oued Zerhaib). Le choix des stations a été effectué en fonction de différentes critères dont les suivants ; l'accessibilité des sites étudiés, l'hétérogénéité des caractéristiques physiques (type du substrat, profondeur, végétation hydrophyte et héliophyte), la présence/ l'absence des taxons et l'altitude (**Tableau 5 et Tableau 6, Figure 15 et Figure 16**).

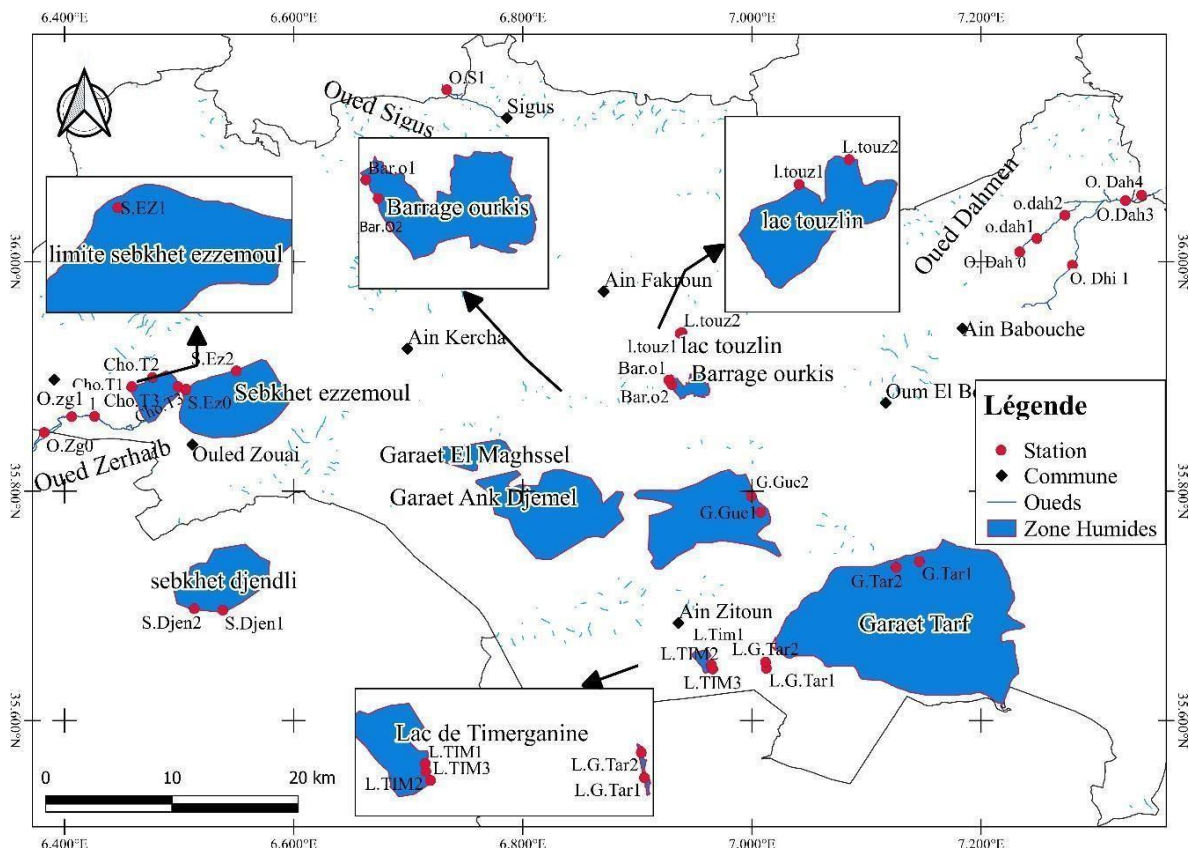


Figure 14. Situation géographique des stations d'étude.



Chapitre 3 : Matériel et Méthodes



Tableau 5. Caractéristiques générales des stations d'étude appartenant aux milieux lentiques.

Site	Station	Code	Latitude (N)	Longitude(E)	Altitude(m)	Hydropériode	Substrat	Nombre des échantillons
Lac Timerganine	Timerganine 1	Tim1	35°38'55.15"N	6°57'52.84"E	836	Temporaire	Limon	8
	Timerganine 2	Tim2	35°38'48.91"N	6°57'53.24"E	835.3	Temporaire	Limon	8
	Timerganine 3	Tim3	35°38'42.00"N	6°57'56.93"E	836.1	Temporaire	Limon	8
Sebkhet Gémot	Gémot 1	L. G. Tar1	35°38'44.04"N	7° 0'45.17"E	832.7	Permanent	Limon, Sable	12
	Gémot 2	L. G. Tar2	35°39'3.85"N	7° 0'42.63"E	829.2	Temporaire	Limon, Sable, Gravier	10
Gareat Guellif	Guellif 1	G.Gue1	35°46'54.04"N	7° 0'27.53"E	832.2	Temporaire	Sablon et Limons	5
	Guellif 2	G.Gue2	35°47'44.22"N	6°59'58.24"E	827.9	Temporaire	Sablon et Limons	3
Gareat Tarf	Tarf 1	G.Tar1	35°44'19.17"N	7° 8'46.06"E	829	Temporaire	Limon, Sablon	2
	Tarf 2	G.Tar2	35°44'0.89"N	7° 7'33.32"E	828.9	Temporaire	Limon, Sablon	1
Barrage Ourkis	Ourkis 1	Bar.O1	35°53'48.86"N	6°55'38.87"E	946.5	Permanent	Limon, Sable, Gravier	8
	Ourkis 2	Bar.O2	35°53'34.80"N	6°55'48.24"E	946.7	Permanent	Limon, Sable, Gravier	8
Lac Touzline	Touzlin 1	Touz1	35°56'15.37"N	6°56'14.47"E	994.8	Permanent	limons et Sablon	12
	Touzlin 2	Touz2	35°56'18.03"N	6°56'19.85"E	996.6	Permanent	Limons	12
Chott Tinsilt	Tinsilt 1	Cho.T1	35°53'27.96"N	6°29'56.55"E	787	Temporaire	Limons	4
	Tinsilt 2	Cho.T2	35°53'57.23"N	6°28'36.68"E	785.9	Temporaire	Limons et Sablon, Sable	5
	Tinsilt 3	Cho.T3	35°53'28.38"N	6°27'31.48"E	799.1	Temporaire	Limons et Sablon, Sable	4
Sebkhet Ezzemoul	Ezzemoul 0	S.Z0	35°53'18.41"N	6°30'20.86"E	791.1	Temporaire	Sable	6
	Ezzemoul 2	S.Z2	35°54'17.64"N	6°32'59.96"E	785.3	Temporaire	Limon et Sablon et Sable	1
Limite sebkhet Ezzemoul	L.Ezzemoul 1	S.Z1	35°53'20.43"N	6°30'22.24"E	791.2	Temporaire	Limon et Sablon	8
Sebkhet Djendli	Djendli 1	S.Dj1	35°41'46.38"N	6°32'17.11"E	833.1	Temporaire	Limon et Sablon	2
	Djendli 2	S.Dj2	35°41'51.20"N	6°30'47.58"E	830.2	Temporaire	Limon et Sablon	2



Chapitre 3 : Matériel et Méthodes



Tableau 6. Caractéristiques générales des stations d'étude appartenant aux milieux lotiques.

Site	Station	Code	Latitude (N)	Longitude(E)	Altitude(m)	Hydropériode	Substrat	Nombre des échantillons
Oued D'himine	Oued Dhimine1	O.Dhi1	35°59'49.16"N	7°16'46.99"E	803.2	Temporaire	Sablon et Limon. Pierres	9
Oued Dahmen	Oued Dahmen 0	O.Dah0	36° 0'31.28"N	7°14'1.33"E	817.7	Permanent	Sable. Gravier. Pierres. Blocs	9
	Oued Dahmen 1	O.Dah1	36° 1'13.20"N	7°14'55.50"E	799.3	Permanent	Sable. Gravier. Pierres. Blocs	10
	Oued Dahmen 2	O.Dah2	36° 2'26.44"N	7°16'23.63"E	779	Permanent	Sable. Gravier. Caillous. Pierres	9
	Oued Dahmen 3	O.Dah3	36° 3'12.09"N	7°19'33.95"E	754.5	Permanent	Limon. Sable	9
	Oued Dahmen 4	O.Dah4	36° 3'29.21"N	7°20'24.68"E	746.9	Permanent	Sablon. Sable. Blocs	9
Oued Sigus	Oued Sigus 1	O.Sig1	36° 9'0.08"N	6°44'1.13"E	720	Permanent	Gravier. Pierres. Blocs	8
Oued Zerhaib	Oued Zerhaib 0	O.Zerhaib0	35°51'3.96"N	6°22'56.44"E	798.4	Temporaire	Limon et Sablon	6
	Oued Zerhaib 1	O.Zerhaib1	35°51'53.83"N	6°24'22.55"E	798	Temporaire	Limon. Sable	5
	Oued Zerhaib 2	O.Zerhaib2	35°51'54.64"N	6°25'34.59"E	797	Temporaire	Limon. Blocs	5

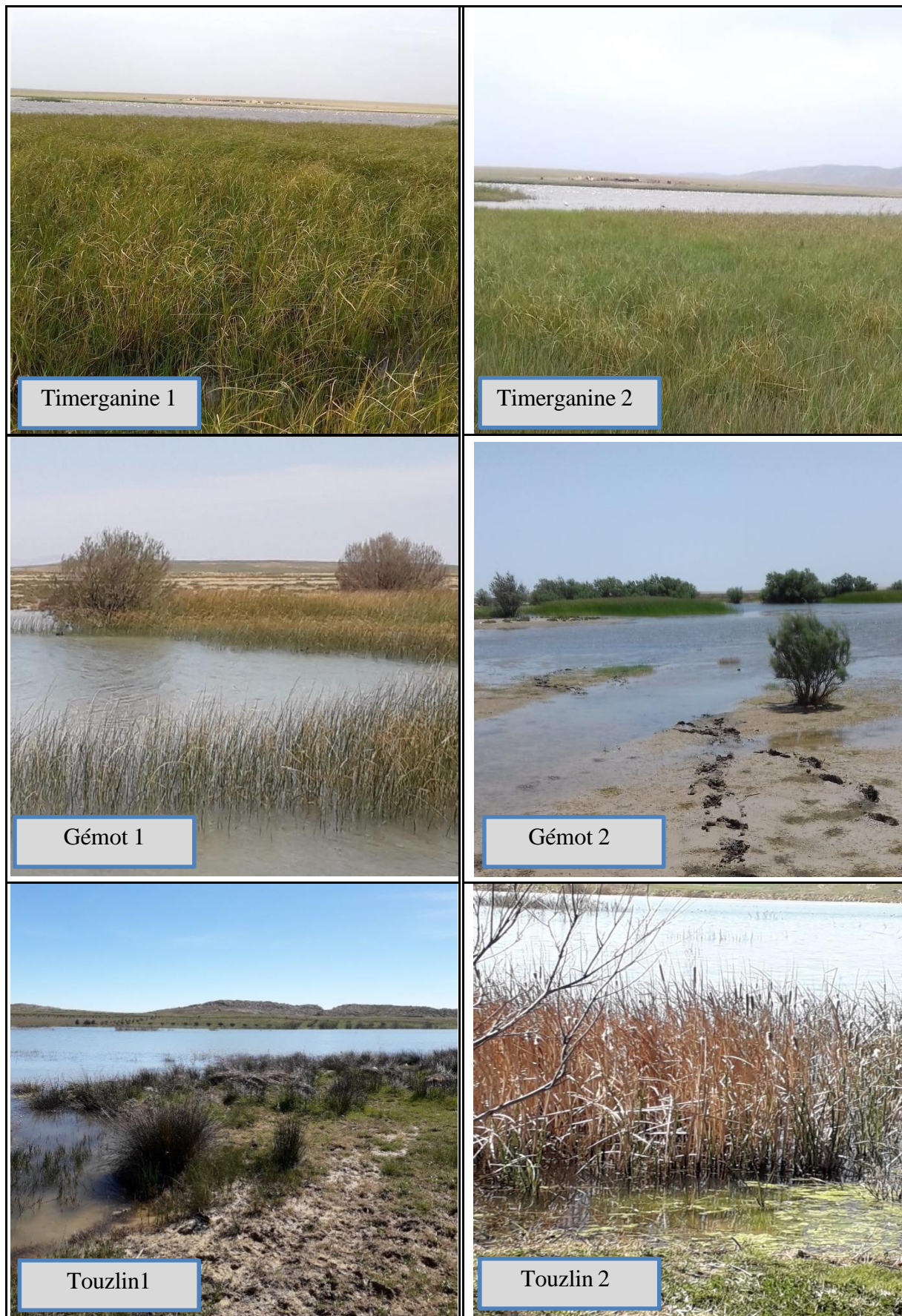


Figure 15. Stations appartenant aux zones humides (1).



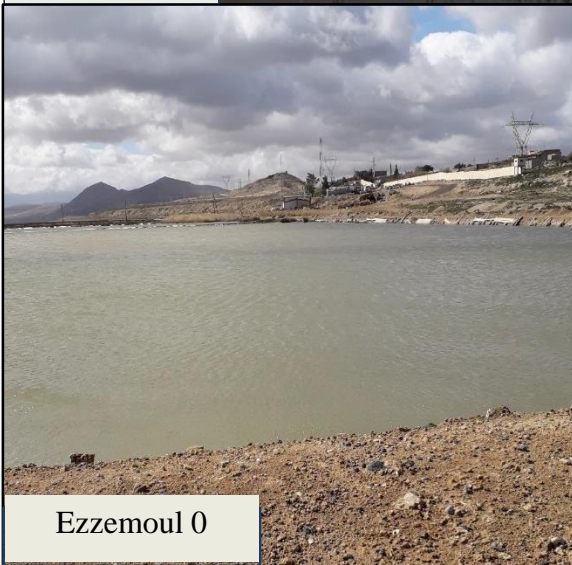
Figure 15. Stations appartenant aux zones humides (2).



Tinsilt 3



Ezzemoul 1



Ezzemoul 0

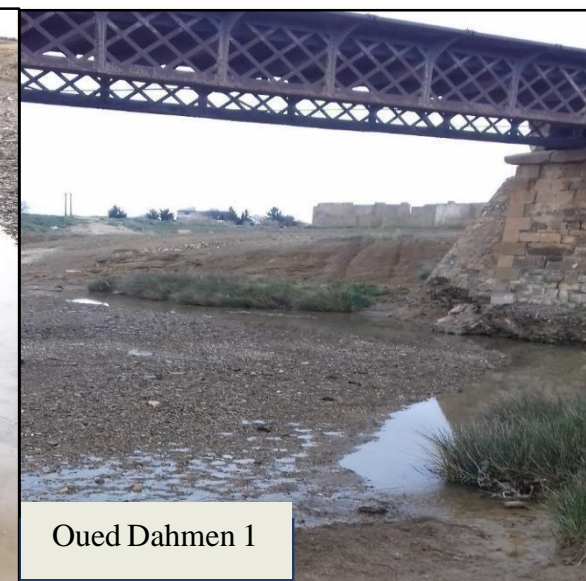


Ezzemoul 2

Figure 15. Stations appartenant aux zones humides (3).



Oued Dahmen 0

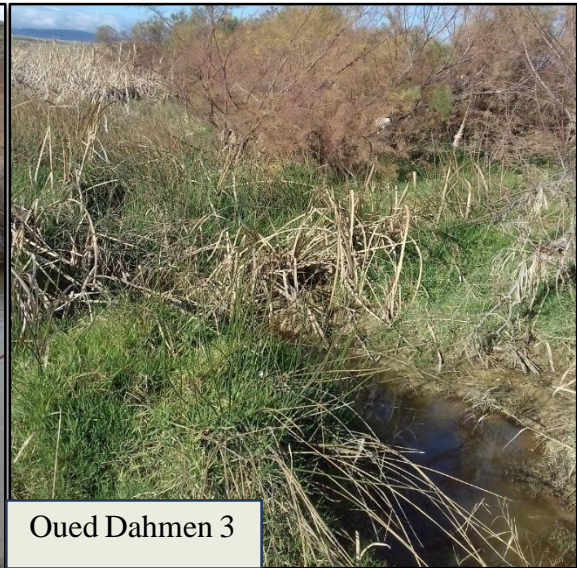


Oued Dahmen 1

Figure 16. Stations appartenant aux Oueds (1).



Oued Dahmen 2



Oued Dahmen 3



Oued Zerhaib 0



Oued Zerhaib 1



Oued Zerhaib 2



Oued Sigus

Figure 16. Stations appartenant aux Oued (2).



3.3. Les caractéristiques des habitats

Pour chaque prospection d’une station des paramètres mésologiques consignés sur une fiche technique du terrain : la nature du substrat, la profondeur de l’eau et le pourcentage de la végétation hélophyte et hydrophyte qui sont à la fois mesurée pour les milieux lenticques et lotiques, en plus la vitesse du courant et la largeur moyenne pour les milieux lotiques.

3.3.1. Le substrat

Le substrat est l’un des facteurs qui contrôle la distribution et l’abondance des communautés des macroinvertébrés (Reice, 1980). La détermination du substrat de chaque station effectué à l’aide d’un tableau guide de classification du substrat (Tableau 7).

Tableau 7. Classification des substrats minéraux (Tachet et al., 2010).

Limite de classes en mm (2 ⁿ)		
Dalles	1024	Substrats durs
Blocs	512	
	256	
Pierres	128	
	64	
Cailloux	32	Substrats meubles
	16	
Graviers	8	
	4	
	2	
Sables	1	
	0.5	
	0.25	
Sablons et Limons	0.125	
	0.062	

3.3.2. La profondeur et largeur moyenne de l’eau

La profondeur de l’eau représente l’une des variables les plus importantes déterminant la présence et l’absence des taxons de macroinvertébrés (Mereta et al., 2012). Les mesures de la profondeur et la largeur de nos stations effectuées à l’aide d’un décimètre.

3.3.3. La vitesse du courant

Le courant est la caractéristique la plus importante des eaux courantes, et c’est par l’adaptation de nombreux animaux à l’eau qui coule constamment se distinguent de leurs



congénères des eaux calmes (Hussain, 2012). La mesure de la vitesse au cours de notre étude effectuée à l'aide d'un flotteur (bouchon en plastique ou débris de végétaux), on jette le flotteur dans le sens du courant et calcule le temps qu'il faut pour parcourir une distance de 10m, puis on calcule manuellement la vitesse par la formule :

$$\text{Vitesse} = \text{Distance} / \text{Temps}$$

3.3.4. Pourcentage de la végétation

En plus de servir la nourriture aux insectes, les plantes des zones humides constituent également un habitat structural (Batzer et Wissinger, 1996), ils offrent des refuges pour protéger les larves de la prédation (Thompson, 1987). Pour chaque station, nous estimons le taux de couverture des végétaux héliophytes et des hydrophytes.

3.4. Échantillonnage du peuplement des macroinvertébrés

Les prélèvements de la faune ont été effectués selon une fréquence mensuelle du mois d'Août 2019 jusqu'au mois de Juillet 2020 au niveau de 31 stations appartenant à la même région (Oum El Bouaghi), dont le but de rassembler la diversité la plus représentative des macroinvertébrés au niveau de chaque visité.

Les macroinvertébrés ont été récoltés à l'aide d'une épuisette à 500 µm vide de mailles qui permet de capturer une grande variété des espèces aquatiques. Après avoir retirées les éléments les plus grossiers. Le contenu des spécimens du filet est récupéré dans des flacons en plastique sur lesquels les noms des stations, sites et la date avec un conservateur (éthanol à 65%).

Durant chaque visite des milieux lotiques, deux ou trois pierres ont été ramassés pour faire une collecte des spécimens sous ces pierres à l'aide des pinces et les conserver avec le contenu du filet dans les flacons (Bouhala, 2019). Des fiches du terrain à remplir pour chaque sortie, représente l'évaluation de l'habitat est précédé par la mesure des différents variables environnementales pour chaque station, la profondeur, végétation héliophyte. Hydrophyte, la vitesse et la largeur moyenne.

3.5. Échantillonnage des Odonates adultes

Pour rassembler la diversité odonatologique de chaque station. la capture des adultes a été effectué pendant les conditions météorologiques optimales pour le vol des adultes (Lambret et Stoquert, 2011, Perron et al., 2021), à l'aide d'un filet à papillon (Figure 17). Les adultes capturés sont mis dans des boîtes en plastiques bien étiquetées, puis transportés au Laboratoire de Conservation des Zones Humides. L'identification des spécimens au niveau spécifique a été faite par Pr Samraoui.



Figure 17. Filet à papillon utilisé.

3.6. Tri et détermination

Dans un souci de gagner du temps, les échantillons ont été transportés au laboratoire de conservation des zones humides, où ils sont dépouillés minutieusement sous une loupe binoculaire, les spécimens sont isolés individuellement avec une pince entomologique, puis regrouper les individus semblables de chaque espèce animale récoltée. La détermination taxonomique se faisant sur une loupe binoculaire à l'aide d'un ouvrage de détermination (Tachet et al., 2010, Moisan et Gagnon, 2006) et une guide en ligne (PERLA détermination des invertébrés d'eau douce). Presque tous les spécimens échantillonnés pendant la période d'étude ont été identifiés au niveau de la famille, à l'exception des Hémiptères, à l'aide de Dr. Bouhala identifiés au niveau genre/espèce. Odonates et Trichoptères sous la direction du Pr. Samraoui à l'aide des différentes clés taxonomiques, tel que (Zamora-Muñoz et al. (1995), Bemoussat-Dekkak et al. (2021a), Bemoussat-Dekkak et al. (2021b)). L'identification des Larges Branchiopodes a été effectué par Mlle Chergui à l'aide d'un microscope et d'un ouvrage de détermination tel que (Dumont (2002), Rogers et al. (2019), Gauthier (1930), Gauthier (1937)).



3.7. Traitement des données

3.7.1. Les indices écologiques de composition

Pour une bonne exploitation des résultats plusieurs indices écologiques de composition sont utilisés

3.7.1.1. L'Abondance

L'abondance est un paramètre très important pour la description d'un peuplement, elle représente le nombre d'individus d'une espèce ou d'un groupe taxonomique au sein d'un peuplement présent par unité de surface ou de volume (Ramade, 2003).

3.7.1.2. L'Abondance relative

Représente l'abondance d'une espèce par rapport à l'abondance totale des individus.

Le calcul de l'abondance relative se fait par la formule suivant :

$$P_i = (n_i/N) * 100$$

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

N = nombre total des individus.

3.7.1.3. La richesse spécifique

La richesse spécifique S est représentée par le nombre total des espèces recensée par unités de surface (Ramade, 2003, Daly et al., 2018).

3.7.2. Les indices écologiques de structure

Selon Costello et al. (2004). les indices de diversité les plus utilisés sont l'indice de diversité spécifique suivi par l'indice de diversité de Shannon Weaver (Salas et al., 2006). ces indices peuvent être fortement influencés par des tailles d'échantillon différentes (Rogers et al., 1999).

3.7.2.1. L'indice de diversité de Shannon Weaver H'

Également connu sous le nom d'indice de Shannon Wiener. cet indice est le plus utilisé pour caractériser la richesse taxonomique des peuplements (Daly et al., 2018), il se calcule par la formule :

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

P_i = l'abondance relative de chaque espèce ($P_i = n_i/N$).

n_i = nombre des individus de l'espèce de range i.

N = nombre total des individus.



3.7.2.2. L'Équitabilité

L'Équitabilité présente le rapport de la diversité observé à la diversité maximale, permet de comparer la structure des peuplements des insectes, l'indice est calculé par la formule :

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

H' : indice de diversité.

H_{max} = log₂ S : étant la diversité maximale.

S = richesse spécifique.

3.7.3. Traitement statistiques des données

3.7.3.1. Matrice de corrélation Pearson

Une matrice de corrélation est un tableau montrant les coefficients de corrélation entre les variables. Chaque cellule du tableau indique le degré de relation linéaire entre deux variables (Held, 2010). Un test de corrélation Pearson a été utilisé pour résumer les données et analyser les relations entre les différents paramètres abiotiques et biotiques mesurés.

3.7.3.2. Test T

Pour comparer les valeurs moyennes d'un résultat numérique entre deux groupes, le test de T et le test de Wilcoxon-Mann-Whitney représentent les méthodes les plus couramment utilisé par les chercheurs (McElduff et al., 2010). Un test T a été utilisé pour comparer entre les deux milieux en termes de richesse en Hémiptères.

3.7.3.3. Test de Mann-whitney

Le test de Wilcoxon-Mann-Whitney peut être utilisé en cas de doute sur l'éligibilité des données à un test t, notamment si la distribution n'est pas normale (McElduff et al., 2010). Un test de Mann-whitney a été utilisé pour comparer l'abondance des Hémiptères entre les deux milieux, lotiques et lentiques.

3.7.3.4. Test ANOVA à deux voies

Des tests Anova à deux voies ont été utilisés pour comparer les différentes moyennes de l'abondance et de la richesse des espèces d'odonates dans les échantillons provenant de deux milieux (Lotiques et Lentiques) et deux sous ordres (Anisoptères et Zygoptères).

3.7.3.5. L'Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en Composantes Principales fait partie de la classe des méthodes factorielle d'analyse descriptive multidimensionnelle (Duby et Robin, 2006). C'est une méthode statistique qui permet l'analyse et la visualisation d'un ensemble de données décrit par un



certain nombre de variables quantitatives. Dans notre cas une analyse en composantes principales a été utilisé pour chaque milieu (lotique / lentique) avec une matrice contenant des individus (stations) décrit par des variables abiotiques et biotiques, ainsi que l'abondance de différents taxons.

3.7.3.6. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

Pour produire des groupements des stations qui décrite par un certain nombre des variables abiotiques et biotiques, ainsi que l'abondance des différents taxons, en utilisant une méthode de classification appelée Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).

CAH est l'une des méthodes d'analyse en cluster les mieux adaptées au traitement des données catégorielles. Elle catégorise les cas étudiés de façon à ce que chaque cas n'appartienne qu'à une seule des classes (Benzécri, 1985).

Chapitre 4

Résultats et Discussion





4.1. Analyse générale

4.1.1. Étude abiotique et biotique des deux milieux

L'ensemble des valeurs des différentes variables abiotiques et biotiques prélevées dans les 31 stations tout au long de l'étude sont représentées par la **Figure 18**. La communauté des macroinvertébrés a été échantillonnée le long du gradient de profondeur oscillant entre 10 cm et 39 cm dans les milieux lotiques, cependant les milieux lentiqes l'échantillonnage se déroulent entre 5 cm et 43 cm. Les deux paramètres ; la vitesse et largeur du lit caractérisés les stations des milieux lotiques, fluctuant respectivement entre 0 à 0.99 m/s et 0.6 m à 35 m. La densité de la végétation héliophyte et hydrophyte variant respectivement de 1 % à 30 % et 0 % à 5 % dans les stations appartenant aux milieux lotiques, tandis que 0 % à 40 % et 0 % à 5 % dans les stations des milieux lentiqes.

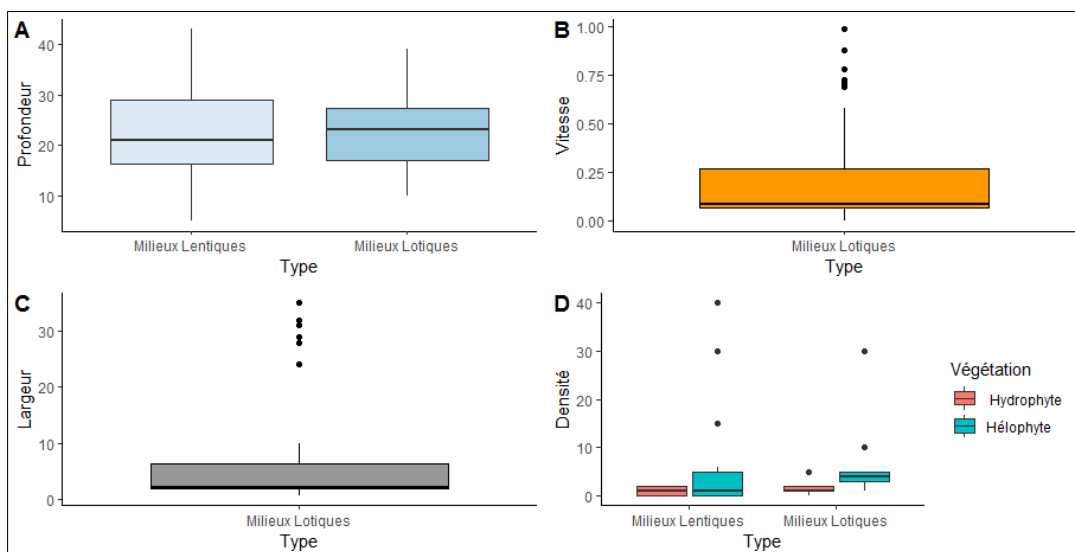


Figure 18. Les valeurs des différentes variables abiotiques et biotiques des deux milieux.

4.1.2. Composition taxonomique

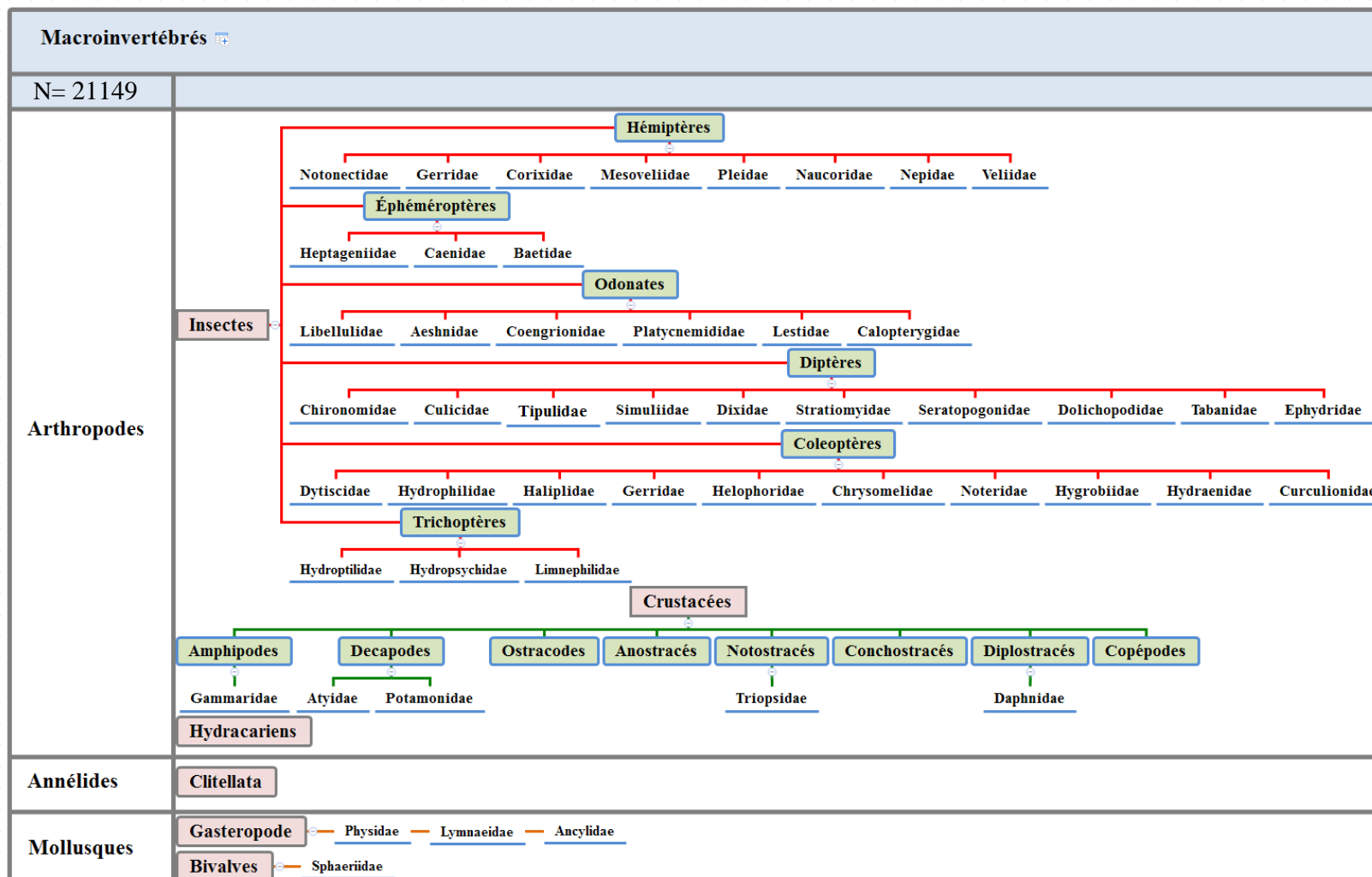
Suite aux travaux de détermination au niveau taxonomique le plus bas possible, réalisés au Laboratoire de Conservation des Zones Humides, nous avons réussi à identifier 21320 individus, 99.5% sont des invertébrés soit 21149 individus appartenant à trois embranchement (Arthropodes 97.97 % , Mollusques 2.02 % et Annélides 0.0004 %), et six classes sur l'ensemble des stations étudiés. Les différents taxons récoltés sont reportés dans le **Tableau 8**. L'analyse de l'inventaire globale des taxons récoltée montre que la classe des Crustacés sont les plus abondantes soit (50.24 %) du nombre total des invertébrés, suivi par les insectes (47.52%), les Gastéropodes (2.02 %), nous notons on outre que les Hydracariens, les Bivalves et les Clitellata sont les moins représentés avec un pourcentage inférieure à 0.5 % (**Figure 19**), tandis que les vertébrés sont représentés par les Poissons avec une abondance très faibles 0.5 % de la faune globale soit 107 individus.



Chapitre 4 : Résultat et Discussion



Tableau 8. Checklist des macroinvertébrés identifiés au cours de la période.



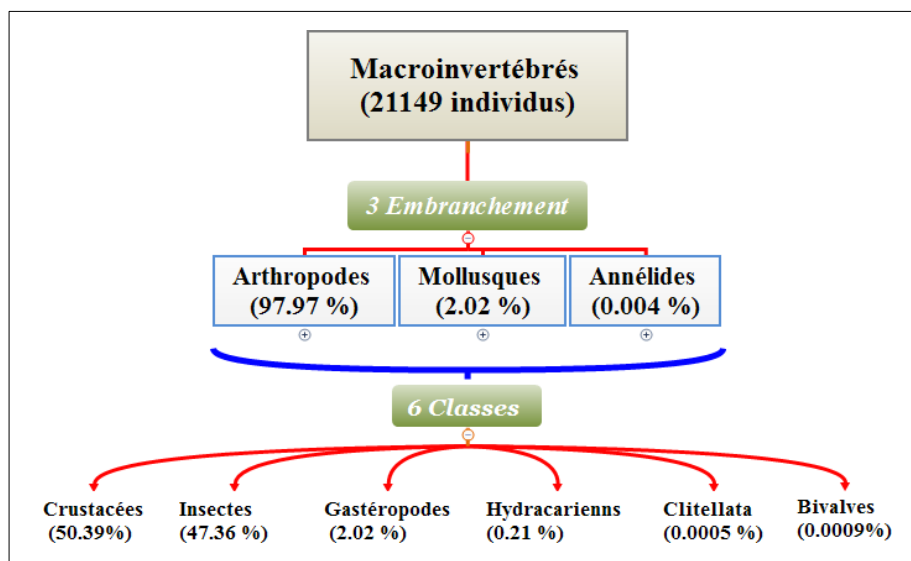


Figure 19. Abondance relative des groupes faunistiques dans la région d'étude.

4.1.2.1. Les Crustacés

L'analyse des Crustacés montre que, les Diplostacés (Daphnidae) présentent les effectifs les plus élevés avec un total de 5510 individus, ils représentant 51.7 % des Crustacés. Les Anostracés occupent la deuxième place par 17.58 % (1874 individus), suivis par les Amphipodes (Gammaridae) avec 15.63 % (1666 individus), les Ostracodes 13.18 % (1405 individus), tandis que les Décapodes (96.43 % Atyidae et 3.57 % Potamonidae), les Copépodes, les Conchostracés et les Notostracés (Triopsidae) sont les moins représentés avec un pourcentage inférieure à 1 %, il constituant respectivement 84 individus, 65 individus, 41 individus et 12 individus (Figure 20).

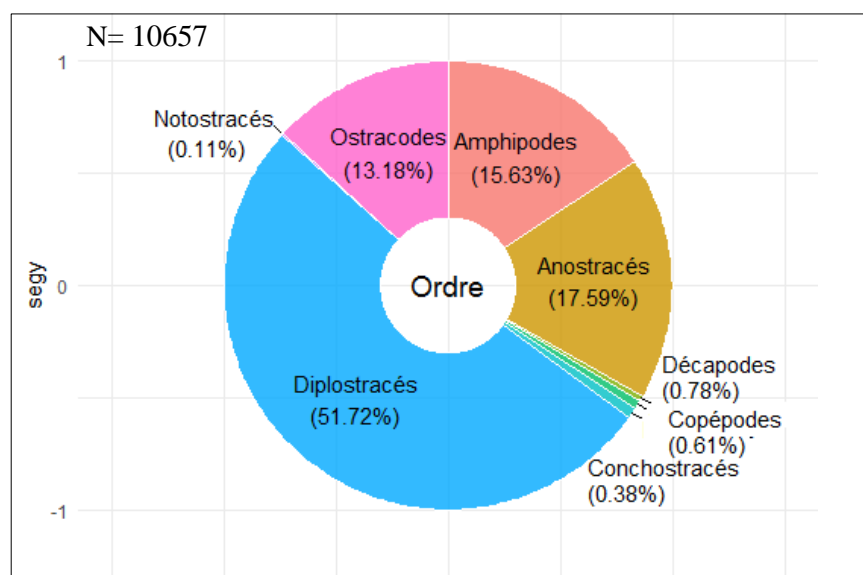


Figure 20. Structure générale des Crustacés identifiés au cours de l'étude.



4.1.2.2. Les Insectes

Les Hémiptères présentent l'effectif le plus abondant avec un total de 3146 individus soit 32,8 % des insectes, Les Diptères occupent la deuxième place par 2573 individus (25,53 %), Les Odonates, les Éphéméroptères et les Coléoptères représentés respectivement par 1408 individus (14,12 %), 1387 individus (13,76 %) et 1362 individus soit (13,53 %). Les Trichoptères sont faiblement représentés avec 128 individus soit (1%) de l'abondance total (**Figure 21**).

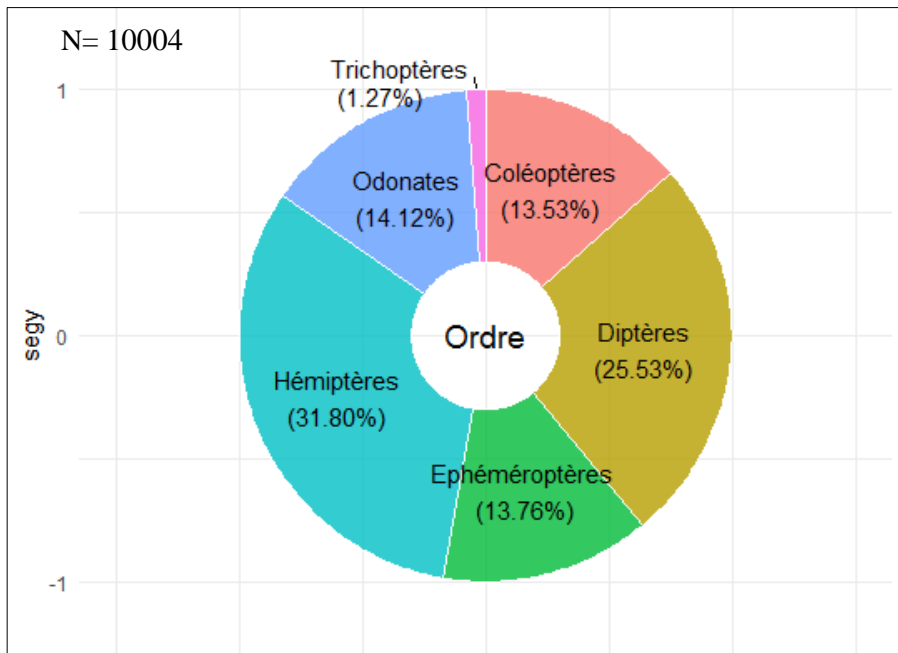


Figure 21. Structure générale des Insectes identifiés au cours de l'étude.

En termes de la richesse, les Insectes représente la classe le plus diversifiée avec 40 familles. Les Coléoptères, les Diptères et les Hémiptères constituant les ordres les plus riches avec respectivement 10 familles, 9 familles et 8 familles, cependant les Trichoptères présentent seulement par trois familles. On outre l'abondance varie d'une famille à une autre, Corixidae, Chironomidae et Baetidae sont les plus abondantes avec respectivement 2197 individus, 1687 individus et 1097 individus (**Figure 22**).

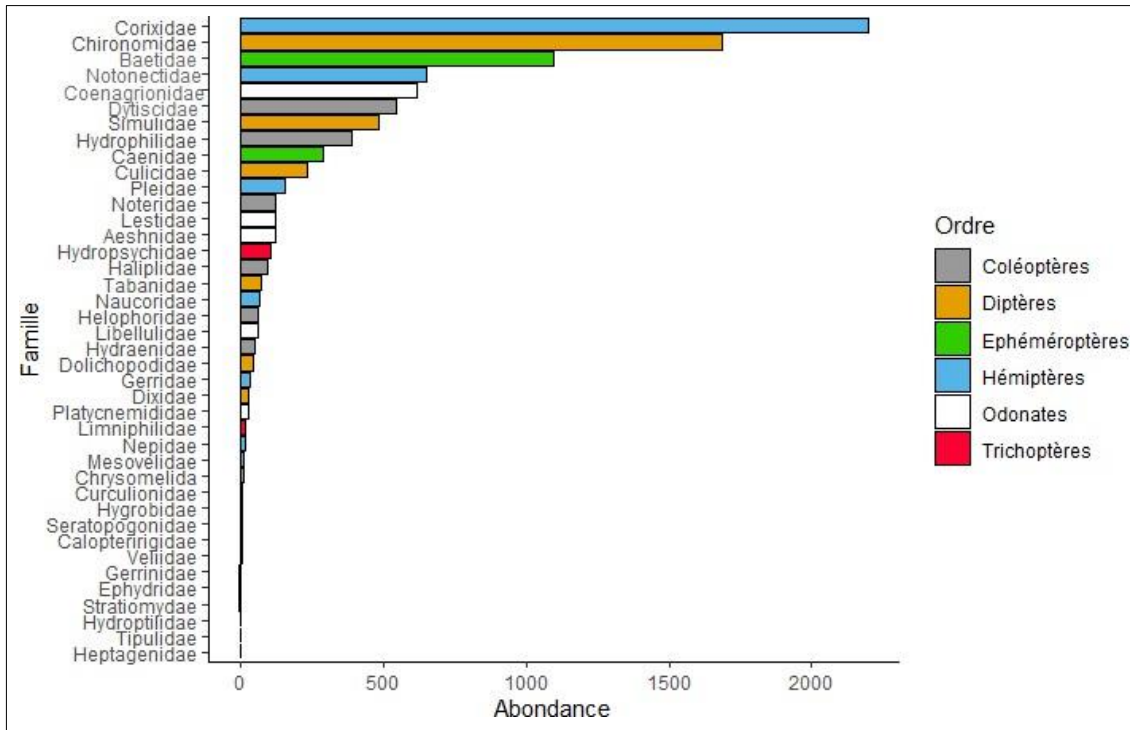


Figure 22. Richesse et abondance des différentes familles des insectes dans la zone d'étude.

4.1.2.3. Les Gastéropodes

Les Gastéropodes représentent 2.02 % de l'abondance totale, les Physidae présentent l'effectif les plus abondant avec un total de 364 individus soit 85.05 % des Gastéropodes, les Lymnaeidae occupent la deuxième place par 61 individus (14,25%), tandis que les Ancyliidae sont faiblement représentés avec 3 individus (0.7 %).

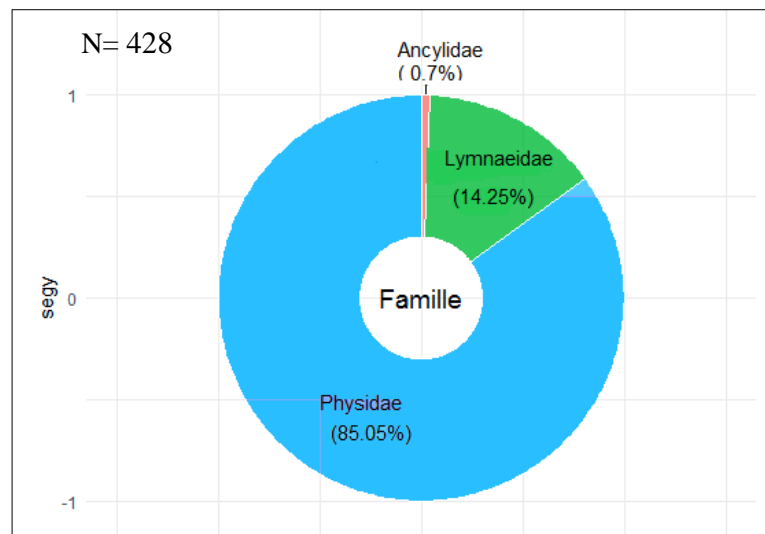


Figure 23. Familles des Gastéropodes identifiées au cours de l'étude.



4.1.2.4. Les Hydracariens, les Bivalves et les Clitellata

Les Hydracariens, les Bivalves (Sphaeriidae) et les Clitellata sont les moins représentés, avec respectivement 0.21 %, 0.0009 % et 0.0004 % de l'abondance totale.

4.2. Milieux Lotiques

4.2.1. Étude abiotique et biotique des sites d'étude

Toutes les variables de chaque station d'échantillonnage dans le cadre de ces travaux et pendant les douze mois d'échantillonnage sont présentés dans le tableau ci-dessous (**Tableau 9**).

Tableau 9. Caractéristiques environnementales des stations appartenant aux milieux lotiques.
* stations considérés dans nos analyses

Station	Altitude (m)	Largeur (m)	Profondeur (cm)	Vitesse du courant (m/s)	Végétation Hélophyte %	Végétation Hydrophyte %
O.Dhi1*	803.2	1,5±0,42 [1-1.9]	24±3,28 [16-27]	0,17±0.22 [0-0.69]	5	2
O.Dah0 *	817.7	1±0.34 [0.6-1.7]	16,63±2.5 [14-27]	0,05±0.04 [0-0.11]	10	1
O.Dah1 *	799.3	2±1.44 [1.7-2.3]	20,5±4.5 [14-27]	0,06±0.04 [0-0.14]	3	1
O.Dah2 *	779	1,66±0.45 [0.9-2.7]	28,3±3.23 [24-33]	0,06±0.05 [0-0.15]	3	5
O.Dah3 *	754.5	8,19±1.15 [7-10]	27,44±5.59 [19-36]	0,09±0.03 [0.07-0.17]	30	1
O.Dah4 *	746.9	2,35±0.36 [2-2.7]	23,16±3.76 [19-29]	0,47±0.22 [0.32-0.88]	5	1
O.Sig1	720	2,13±0.2 [1.97-2.5]	18,5±2.74 [16-23]	0,6±0.27 [0.28-0.99]	3	0
O.Zerhaib0*	798.4	29,83±2,83 [24-35]	14,5±3.27 [10-18]	0,064±0.06 [0-0.12]	5	2
O.Zerhaib1*	798	9,38±0.75 [6.2-10]	26,2±5.63 [17-32]	0,23±0.01 [0.21-0.27]	3	1
O.Zerhaib2*	797	4,2±0.54 [3.4-5]	31,4±8.65 [17-39]	0,39±0 [0.24-0.47]	1	2



4.2.1.1. Profondeur de l'eau

Les valeurs moyennes de la profondeur calculées dans les milieux lotiques présente des variations d'une station à une autre, elles oscillant entre (14,5 cm \pm 3.27) enregistrées dans la station O. Zerhaib0 et (31,4 cm \pm 8.65) enregistrées au niveau de la station O. Zerhaib2 de Oued Zerhaib.

L'évolution spatiale de la profondeur sont fluctue entre (10 cm) dans la station O. Zerhaib0 au mois d'avril et (39 cm) enregistré au niveau de la station O Zerhaib2 de l'Oued Zerhaib (**Figure 24**).

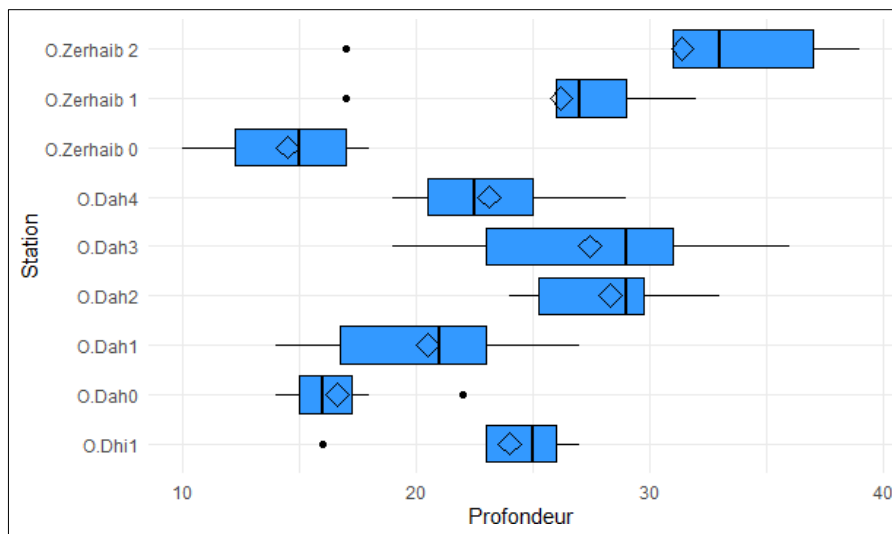


Figure 24. Évolution spatiale avec les valeurs moyennes de la profondeur (cm) de l'eau dans les milieux lotiques.

4.2.1.2. La Largeur du lit

La largeur du lit a varié d'une station à une autre, cette variation est en fonction de la pluviométrie et de la saison. Les valeurs élevées ont été enregistrées au niveau de la station O.Zerhaib0 avec une moyenne (29,83 m \pm 2,83), ces valeurs diminuent jusqu'à (1m \pm 0.34) dans la station O.Dah0.

Du point de vue spatial, les valeurs de largeur les plus basses enregistrées dans les stations O.Dah0, O.Dah2 et O.Dhi1 pendant l'été, respectivement 0.6 m, 0.9 m et 1 m, alors que les valeurs élevées enregistrées à O.Zerhaib0, O.Zerhaib1 et O.dah3 pendant l'hiver, respectivement 10m, 10m et 35m (**Figure 25**).

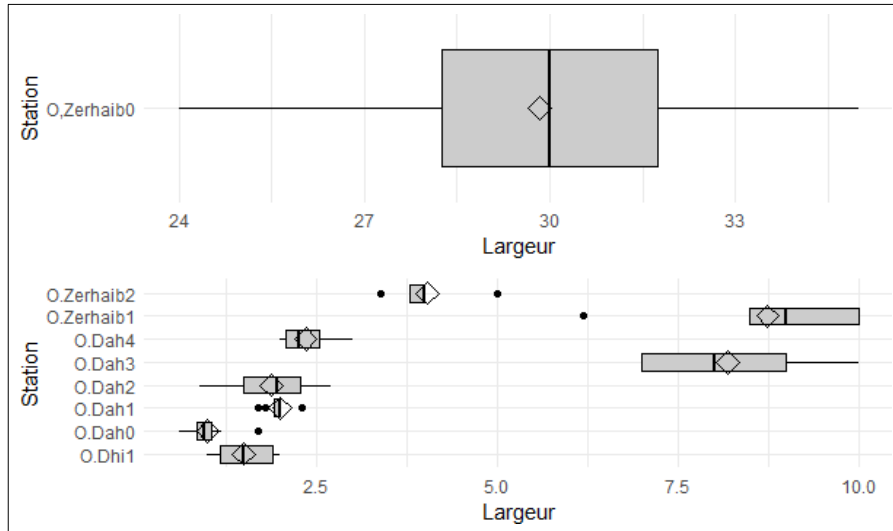


Figure 25. Évolution spatiale avec les valeurs moyennes de largeur du lit (m).

4.2.1.3. Vitesse du courant

La vitesse de l'eau présente une variation spatiotemporelle, en effet cette valeur dépend à largeur, le profondeur de l'eau et la nature du substrat, la valeur la plus faible atteinte zéro, enregistré dans les stations O.Dah0, O.Dah1 et O.dah2 de l'Oued Dahmen, O.Dhi1 de l'Oued Dhimine principalement en été, O.Zerhaib0 en printemps, en fait, Oued Zerhaib c'est une Oued extrêmement temporaire, alors que la valeur élevée (0.88 m/s) enregistrée dans la station O.Dah4 à la fin d'automne.

Les valeurs moyennes de la vitesse de l'eau varient d'une station à une autre, elles oscillants entre (0.05 m/s ±0.04) à la station O.Dah0 et (0,47 m/s ±0.22) à la station O.Dah4 (Figure 26).

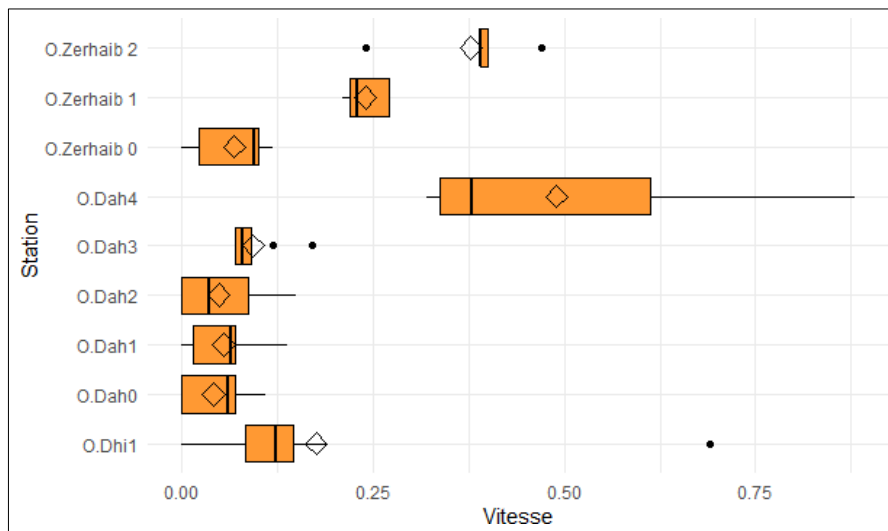


Figure 26. Évolution spatiales avec les valeurs moyennes de la vitesse du courant (m/s)



4.2.1.4. Recouvrement végétal

Pendant la période d'étude, une progression relative de la végétation Hélophyte et Hydrophyte pendant le printemps, la végétation hélophyte la plus dense atteignent 30 % enregistrés à la station O.Dah3 et le plus faible atteignent 1 % enregistrés à la station O.Zerhaib2. En revanche, la végétation Hydrophyte la plus dense a été enregistrée dans la station O.Dah2 avec 5 %, alors que la plus faible densité enregistrée au cours de la période d'étude a été enregistrée dans les stations O.Dah0, O.Dah1, O.Dah3, O.Dah4 et O.Zerhaib1 avec 1 % (**Figure 27**).

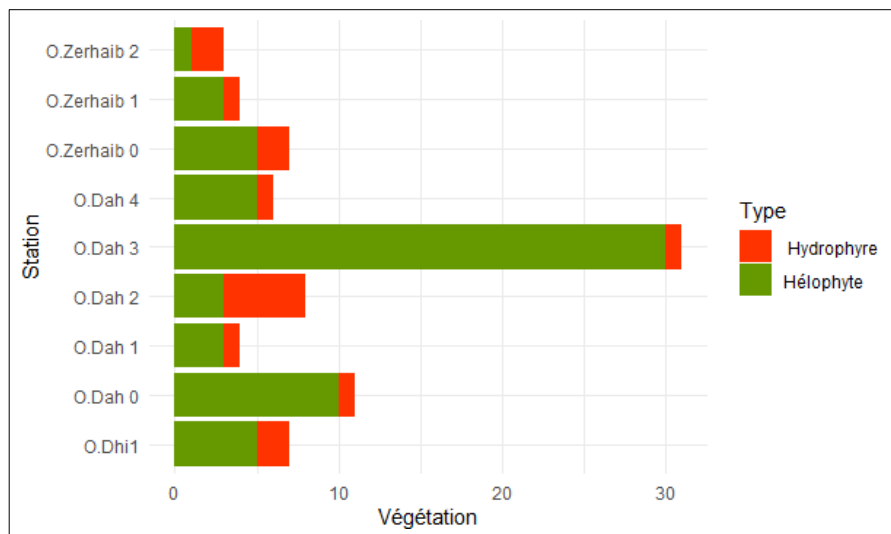


Figure 27. Recouvrements de la végétation (%) hélophyte et hydrophyte dans les milieux Lotiques.

4.2.1.5. Corrélation de Pearson

Sur une série de neuf stations, le coefficient de corrélation Pearson a été utilisé pour évaluer la relation entre les différentes variables abiotique et biotiques mesurées pendant la période d'étude (**Figure 28**). L'analyse des corrélations montre que l'altitude était corrélée avec la végétation hélophyte ($R = -0.45$) et avec la vitesse ($R = -0.41$). Une corrélation négative entre largeur et la profondeur ($R = -0.46$), ainsi une corrélation positive entre la profondeur et la vitesse ($R = 0.44$). Aucune relation linéaire n'a été trouvée pour les autres corrélations.

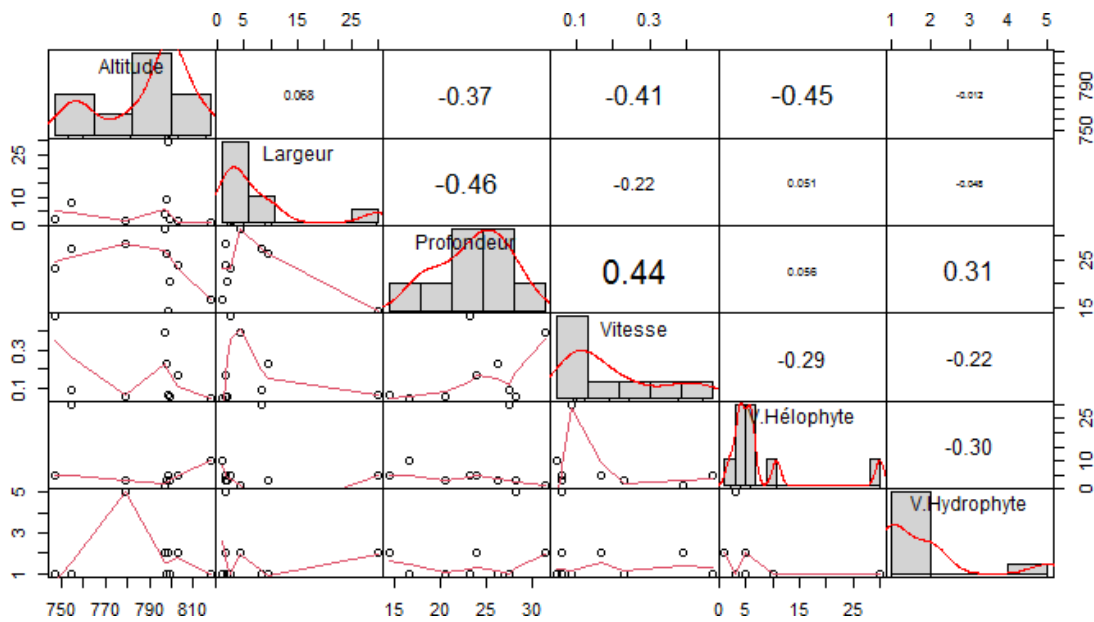


Figure 28. Corrélation entre les différents variables abiotiques et biotiques mesurés aux milieux lotiques.

4.2.2. Analyse biologique

4.2.2.1. Analyse des Odonates

Au cours de notre recensement, nous avons enregistré 376 individus (incluant 295 larves et 81 adultes). Un total de 12 espèces dont six Zygoptères et six Anisoptères. Les Zygoptères représentent 61% du nombre total, composé de Coenagrionidae (58,77%), Platycnemididae (34,65%), Calopterygidae (3,51%) et Lestidae (3,07%). Les 39% d'Anisoptères sont répartis en 73,65% de Libellulidae et 26,35% d'Aeshnidae (**Figure 29**).

La famille des Libellulidae est la plus diversifiée parmi les Odonates récoltée, elle compte cinq espèces (*Orthetrum nitidinerve*, *Sympetrum fonscolombii*, *Sympetrum striolatum*, *Trithemis annulata* et *Orthetrum chrysostigma*), la famille des Coenagrionidae occupe la deuxième position par trois espèces (*Ischnura graellsii*, *Enallagma deserti* et *Erythromma lindenii*), tandis que les autres familles présentent seulement par une seule espèce. L'abondance spécifique révèle que les deux espèces, *ischnura graellsii* et *Platycnemis subdilatata* sont les plus abondantes, respectivement 102 individus et 79 individus. En revanche, *Orthetrum chrysostigma* et *Sympetrum fonscolombii* sont les moins abondantes avec 4 et 5 individus respectivement (**Figure 30**).

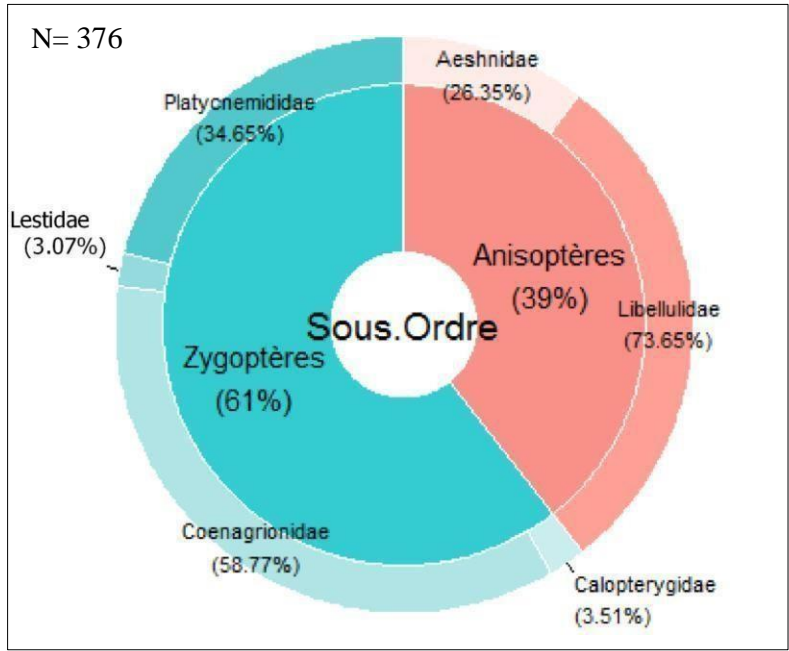


Figure 29. Structure des Odonates recensés dans milieux lotiques.

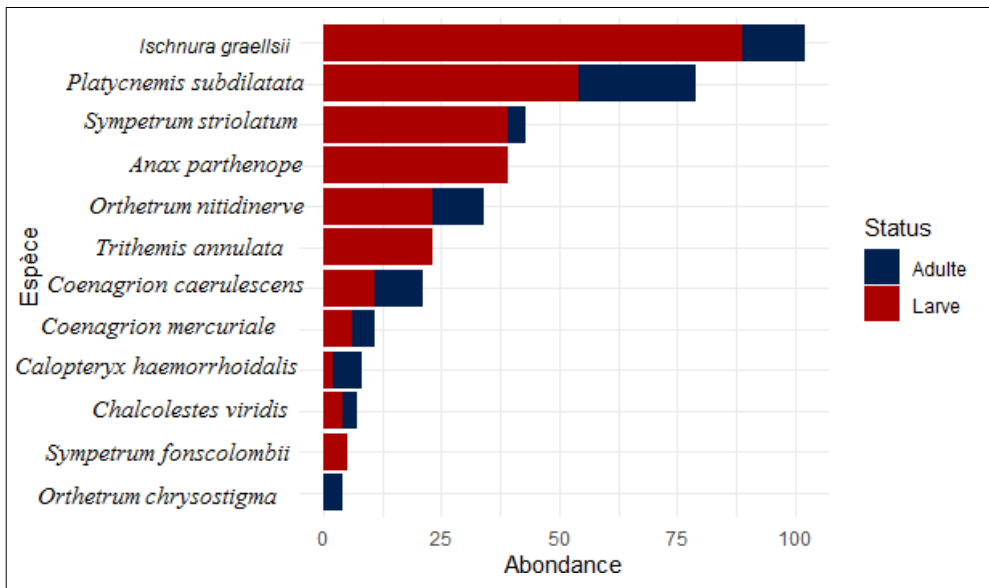


Figure 30. Abondance des espèces d'Odonates dans les milieux lotiques.

Deux anisoptères *Anax parthenope* et *Orthetrum nitidinerve*, étaient les plus répandus, étant trouvés dans six stations. Alors que *Calopteryx haemorrhoidalis* et *Orthetrum chrysostigma* étaient peu communs et limités à une seule station, O. Dah4 et O. Dah2 avec respectivement 8 et 4 individus (Tableau 10).



Tableau 10. Checklist des Odonates enregistrés dans les milieux lotiques avec la liste des localités.

Sous-Ordre	Famille	Espèce	Stations
Zygoptères	Calopterygidae	<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	O. Dah4
	Lestidae	<i>Chalcolestes viridis</i>	O. Dah0, O. Dah2, O. Dah4
	Coenagrionidae	<i>Ischnura graellsii</i>	O. Dhi 1, O. Dah0, O. Dah1, O. Dah2, O. Dah3
		<i>Coenagrion caeruleascens</i>	O. Dhi 1, O. Dah3, O. Dah4
		<i>Coenagrion mercuriale</i>	O. Dhi 1, O. Dah1, O. Dah2, O. Dah3
	Platycnemididae	<i>Platycnemis subdilatata</i>	O. Dhi 1, O. Dah0, O. Dah1, O. Dah3, O. Dah4
Anisoptères	Aeshnidae	<i>Anax parthenope</i>	O. Dhi 1, O. Dah0, O. Dah1, O. Dah2, O. Dah3, O. Dah4
	Libellulidae	<i>Orthetrum nitidinerve</i>	O. Dhi 1, O. Dah0, O. Dah1, O. Dah2, O. Dah3, O. Dah4
		<i>Orthetrum chrysostigma</i>	O. Dah2
		<i>Sympetrum fonscolombii</i>	O. Dah0, O. Dah2
		<i>Sympetrum striolatum</i>	O. Dah0, O. Dah1, O. Dah2, O. Zerhaib 0
	<i>Trithemis annulata</i>	O. Dah1, O. Dah2	

4.2.2.2. Analyse des Hémiptères

Un total de 463 individus (incluant 167 larves et 296 adultes), les adultes appartenant à 16 taxons dans 7 familles et deux infra ordres ont été enregistré au cours de la période d'étude. 12 taxons appartiennent aux Népomorpha avec 92% et 4 taxons aux Gérromorpha avec 8% (**Figure 31**). Les deux familles Notonectidae et Corixidae sont les plus diversifiées parmi les Hémiptères collectés avec cinq taxons, les Gerridae deux taxons, tandis que les autres familles ne présentent qu'un seul taxon.

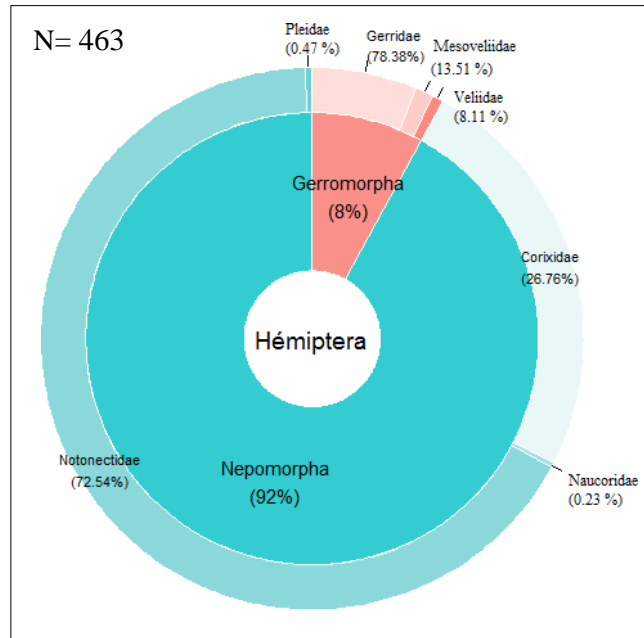


Figure 31. Structure des Hémiptères recensés dans les milieux lotiques.

L'espèce la plus dominante était *Notonecta maculata* qui était représentée par 137 d'individus trouvés pendant l'échantillonnage, enregistrés dans 5 stations. Elle était suivie par *Sigara sp2* avec 68 individus, qui considérée comme l'espèce la plus répandue, étant trouvée dans sept stations. Alors que *Notonecta Obliqua*, *Aquarius sp*, *Naucoridae* et *Pleidae* sont les moins abondants avec un seul individu pour chacune (Figure 32 et Figure 33).

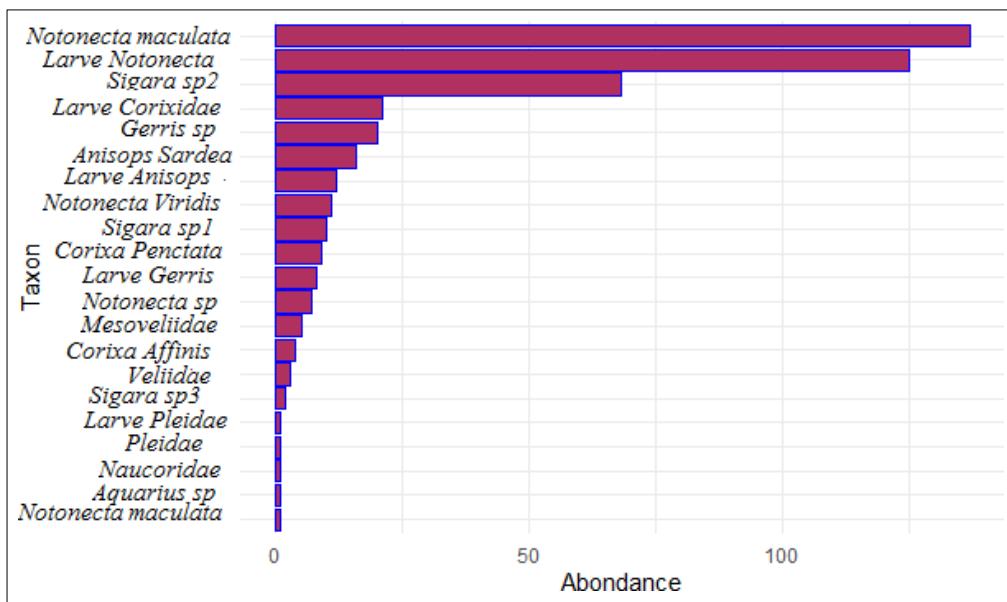


Figure 32. Abondance des Hémiptères aquatiques dans les milieux lotiques.



Chapitre 4 : Résultat et Discussion

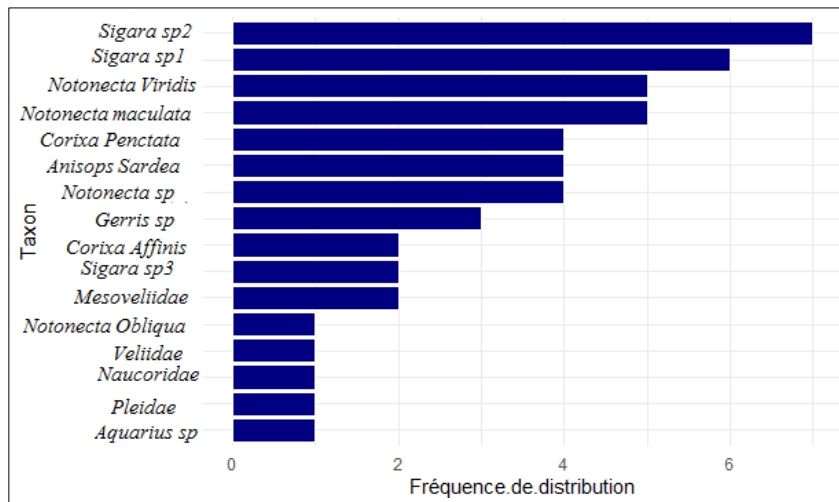


Figure 33. Fréquence de distribution des Hémiptères adulte dans les milieux lotiques.

La phénologie et la liste de localité des Hémiptères adulte sont fournies dans le **Tableau 11**.

Notonecta maculata était absent seulement au début de l'automne. *Notonecta Viridis* était absent pendant le printemps. *Notonecta,sp* est apparu à la fin du printemps-été. Alors que *Notonecta Obliqua*, *Aquarius sp*, *Naucoridae*, *Mesoveliidae*, *Pleidae* et *Veliidae* chacun d'entre eux a été enregistré durant un mois de la période d'étude.

Tableau 11. Phénologie et liste de localité des Hémiptères adultes recensés dans les milieux lotiques.

Espèce	Phénologie	Stations
<i>Notonecta maculata</i>	Janvier-Aout, Octobre-Décembre	O.Dhi1, O.Dah0, O.Dah1, O.Dah2, O.Dah3
<i>Notonecta Viridis</i>	Janvier, Juin-Aout, Octobre-décembre	O.Dhi1, O.Dah0, O.Dah1, O.Dah2, O.Dah3
<i>Notonecta Obliqua</i>	Octobre	O.Dah1
<i>Notonecta sp</i>	Mai- juillet	O.Dhi1, O.Dah0, O.Dah1, O.Dah2
<i>Anisops Sardea</i>	Avril, Juillet, Octobre	O.Dhi1, O.Dah1, O.Dah2, O.Dah4
<i>Corixa Penctata</i>	Janvier, Février, Juin, Octobre- Décembre	O.Dhi1, O.Dah0, O.Dah1, O.Zerhaib1
<i>Corixa Affinis</i>	Juin, Juillet	O.Dhi1, O.Dah1,
<i>Sigara sp1</i>	Janvier, Février, Juin, Novembre, Décembre	O.Dhi1, O.Dah0, O.Dah2, O.Dah3, O.Dah4, O.Zerhaib1
<i>Sigara sp2</i>	Février-Juin, Octobre, Décembre	O.Dhi1, O.Dah0, O.Dah2, O.Dah3, O.Dah4, O.Zerhaib0, O.Zerhaib2
<i>Sigara sp3</i>	Juin, Novembre	O.Dhi1, O.Dah4
<i>Gerris sp</i>	Février, Juin-Aout, Octobre, Novembre	O.Dah0, O.Dah1, O.Dah2
<i>Aquarius sp</i>	Juin	O.Dah0
<i>Naucoridae</i>	Juillet	O.Dah1
<i>Mesoveliidae</i>	Avril	O.Dah0
<i>Pleidae</i>	Février	O.Dah1
<i>Veliidae</i>	Avril	O.Dah0



4.2.2.3. Analyse des Trichoptères

Au total 120 individus des Trichoptères ont été collectés, appartenant à 3 familles et 3 espèces. *Hydropsyche resmineda* était l'espèce la plus dominante 82% (soit 99 individus), suivie par *Mesophylax aspersus* 17% (soit 20 individus), tandis que *Hydroptila sp* est l'espèce la moins représentée (**Figure 34**).

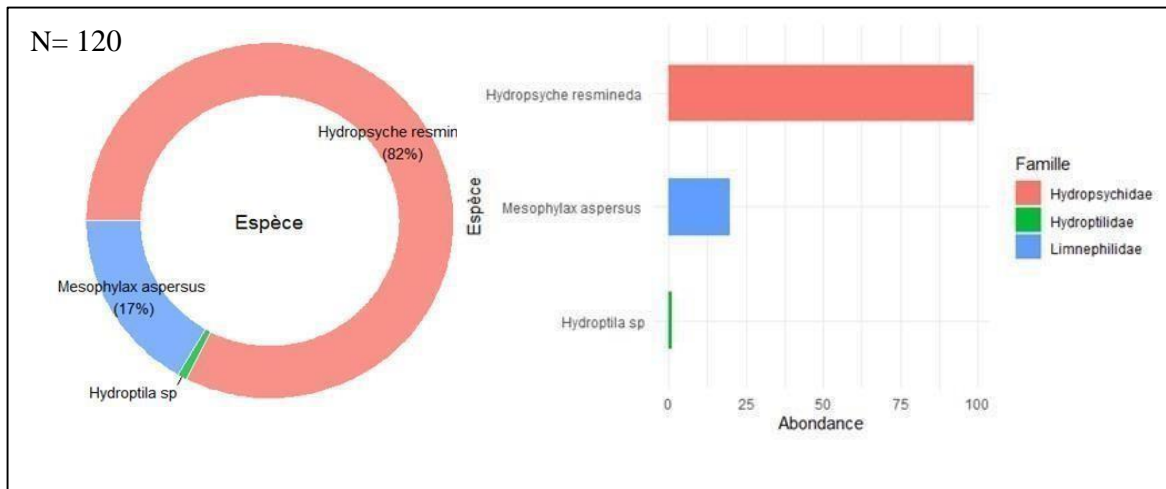


Figure 34. Composition des Trichoptères recensés dans mieux lotiques.

4.2.3. Les indices écologiques de composition

4.2.3.1. Abondance totale

La totalité des Odonates, Hémiptères et Trichoptères capturés, triés, identifiés et considérés dans nos analyses est de 959 individus distribués dans dix stations. L'abondance totale de la faune enregistrée n'est pas homogène entre les stations, la valeur la plus importante est celle enregistré à Oued Dahmen (O.Dah2) avec 198 individus, cette abondance est liée à la densité importante de la végétation hydrophyte qui peut fournir la nourriture et également un habitat structurel pour les insectes. Les valeurs les plus faibles sont celles enregistrés dans les stations de Oued Zerhaib, cela est probablement dû à la sévérité des conditions de vie et l'assèchement total de ces stations qui peut faire de déséquilibre au sein de la communauté (**Figure 35**).

Les odonates apparaissent en grande abondance dans la station O.Dah2 avec 104 individus, cette abondance est liée à *Ischnura graellsii* qui représente plus que la moitié (53.85 %). Alors que nous avons enregistré une absence totale dans les deux stations O.Zerhaib1 et O.Zerhaib2.

L'analyse de l'abondance des Hémiptères révèle que les stations O.Dah1, O.Dah0 et O.Dah1 représentent les effectifs les plus élevées avec 115, 108 et 101 individus respectivement, cette abondance est liée à *Notonecta maculata* qui représente 48.7% des Hémiptères dans la station O.Dah1, larve *Notonecta* et *Notonecta maculata* qui représentent respectivement 42.6 % et 38.9



% dans la station O.Dah0, *Sigara sp2* qui compte 47.52 % dans la station O.Dhi1. Alors que les stations d'Oued Zerhaib représentent la plus faible abondance où les effectifs restent inférieurs à 8 individus.

Les Trichoptères n'apparaissent que dans cinq stations avec une abondance très importante enregistrée dans la station O.Dah4 liée à *Hydropsyche resmineda*, qui représente 100% (99 individus).

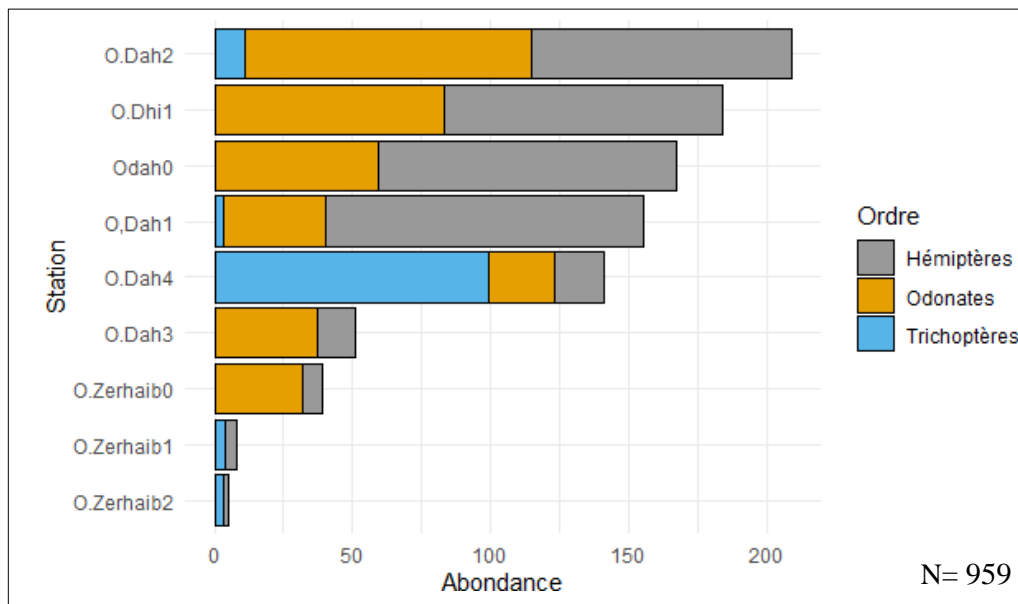


Figure 35. Variation spatiale de l'abondance des Hémiptères, Odonates et Trichoptères recensées dans les milieux lotiques.

4.2.3.2. Richesse totale

L'ensemble de stations dans nos analyses a permis la récolte de 31 taxons, composée de 16 taxons d'Hémiptères, 12 espèces d'odonates et trois espèces des Trichoptères. L'analyse de la richesse montre des variations entre les stations, il fluctue entre un minimum de 2 taxons enregistré dans les deux stations appartenant à Oued Zerhaib (O.Zerhaib0 formé de *Sympetrum striolatum* et *Sigara sp2* et O.Zerhaib2 formé de *Mesophylax aspersus* et *Sigara sp2*) et un maximum de 20 taxons enregistré dans la station O.Dah1, composé de 11 taxons d'Hémiptères, 7 espèces d'Odonates et 2 espèces de Trichoptères (**Figure 36**).

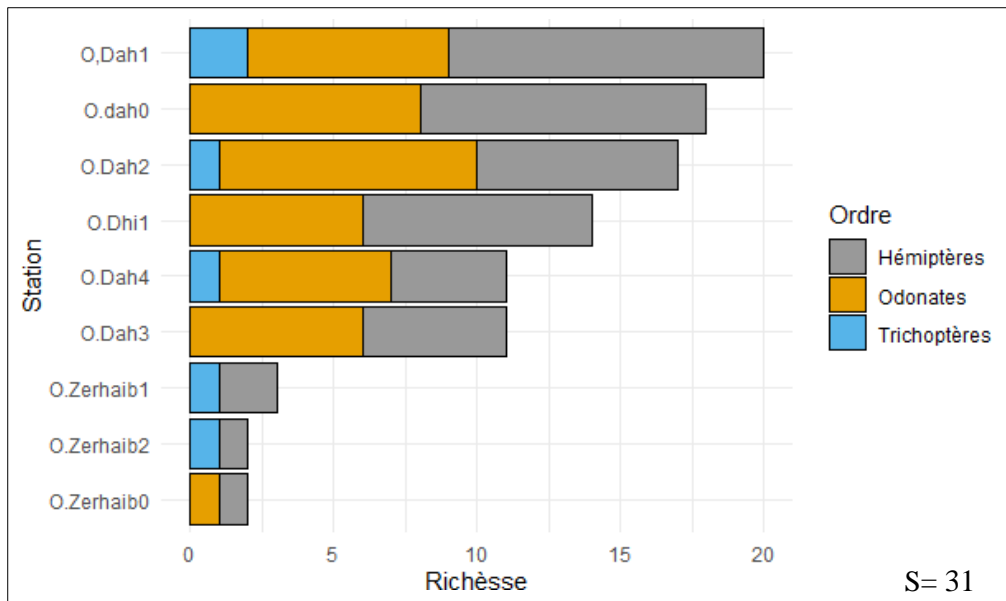


Figure 36. Variation spatiale de la richesse des trois ordres recensés dans les milieux lotiques.

4.2.4. Les indices écologiques de structure

4.2.4.1. Indice de diversité de Shannon-Weaver H'

De tous les indices, l'indice de diversité de Shannon Weaver H' est le plus utilisé pour caractériser la richesse taxonomique des peuplements. En général H' et E augmente avec le nombre d'espèce et la régularité de leur distribution. En d'autres termes, un indice faible est le résultat d'un faible nombre de taxons et/ou un déséquilibre entre l'abondance. L'analyse des fluctuations de l'indice entre les différentes stations montre une variation de 0.57 à 3.08. Les deux stations O.Dhi1 et O.Dah0 représentent la valeur maximale, ceci présente un peuplement bien diversifié en espèces et équilibré en termes d'abondance. Alors que la station O.Zerhaib0 présente la valeur minimale (Figure 37).

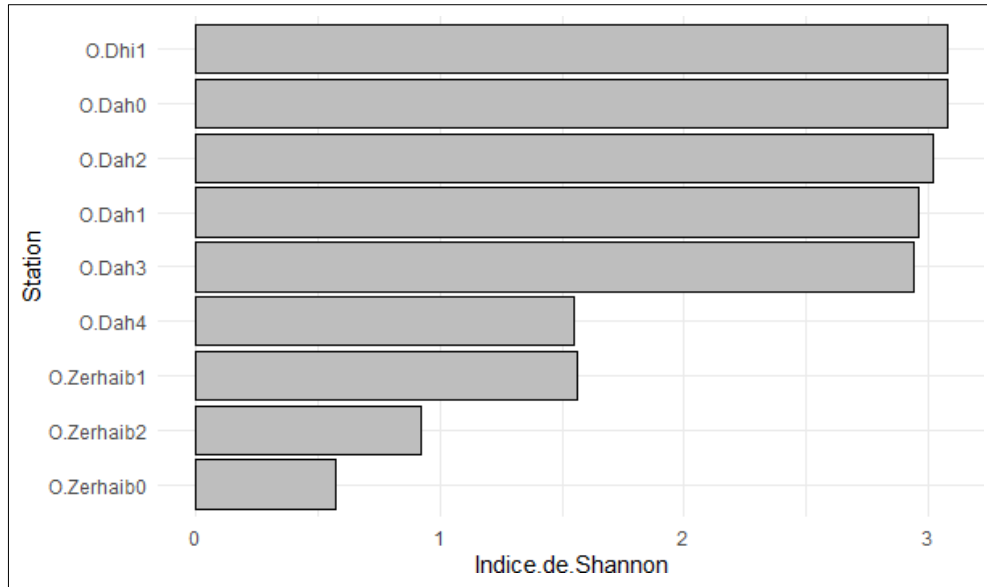


Figure 37. Variation spatiale de l'indice de Shannon-Weaver H' dans les stations des milieux lotiques.

4.2.4.2. Indice d'Équitabilité

D'une manière générale, l'Équitabilité oscille entre 0 et 1. Elle tend vers 0 lorsque la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce, et tend vers 1 lorsque chaque espèce est représentée par un nombre similaire d'individus. Les valeurs de l'indice varient d'une station à l'autre avec un minimum de 0.45 enregistré à la station O.Dah4 et un maximum de 0.89 enregistré à la station O.Zerhaib1, cela témoigne de la régularité des peuplements dans cette station (**Figure 38**).

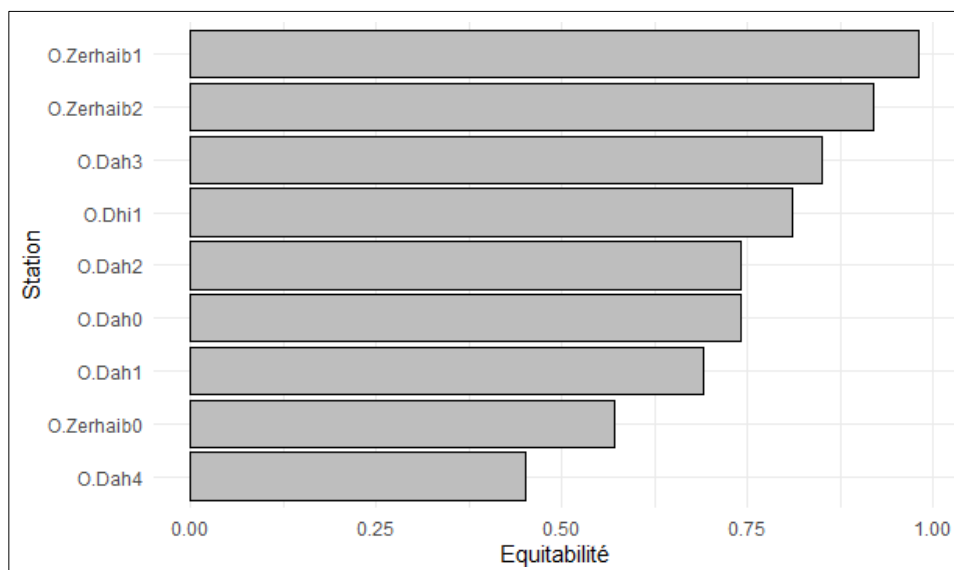


Figure 38. Variation spatiale de l'indice d'Équitabilité dans les stations des milieux lotiques.



4.2.5. Interprétation de l'analyse en composant principale (ACP)

Une classification abiotique et biotique des stations d'étude a été réalisée à l'aide d'une analyse en composantes principales (ACP), contenant 9 stations décrites par l'abondance de différents taxons, ainsi que, 6 variables de l'eau mesurés, ces derniers étant ajoutés dans l'analyse comme variables quantitatives supplémentaires (**Figure 39 et Figure 40**). Les trois premiers axes de l'analyse expriment 70.07 % de l'inertie totale du jeu de données.

La première dimension F1 (27.17 %) montre une bonne corrélation positive avec Gerridae, *Notonecta maculata*, *Notonecta obliqua* (0.94, 0.89 et 0.83 respectivement), On observe ainsi un contraste entre les individus à faible débit tels que O.Dah1 (à droite du graphique, caractérisé par une coordonnée fortement positive sur l'axe, 6,76) et les individus à vitesse moyenne à importante tels que O.Dah4 et O.Dhi1 (à gauche du graphique, caractérisés par une coordonnée négative sur l'axe, respectivement -2,92 et -2,68). Le premier axe F1 discrimine également la station O.Dah1 qui est caractérisée par *Notonecta Viridis*, *Notonecta Obliqua*, *Corixa Affinis* et *Gerris*, la station O.Dah2 caractérisées par sa végétation hydrophyte importante avec la présence des espèces tel que, *Chalcolestes viridis*, *Ischnura graellsii*, *Trithemis annulata*, *Notonecta,sp* et *Mesophylax aspersus*.

La deuxième dimension F2 (23.27 %) présente une corrélation positive et significative avec *Anisops Sardea*, *Corixa Punctata* et *Sigara sp2* (0.93, 0.83 et 0.82 respectivement), séparant d'un côté les stations O.Dhi1 (6.49), O.Dah1 (2.53) et de l'autre côté les stations O.Zerhaib0 (-2.18), O.Dah2 (-2.14) et O.Zerhaib2 (-198).

La troisième dimension F3 (19.64 %) sépare les stations ayant une végétation hydrophyte importante (0.66) caractérisé par la présence des espèces tel que, *Sympetrum fonscolombii* (0.85), *Ischnura graellsii* et *Anax parthenope* (0.74), *Chalcolestes viridis* (0.73).

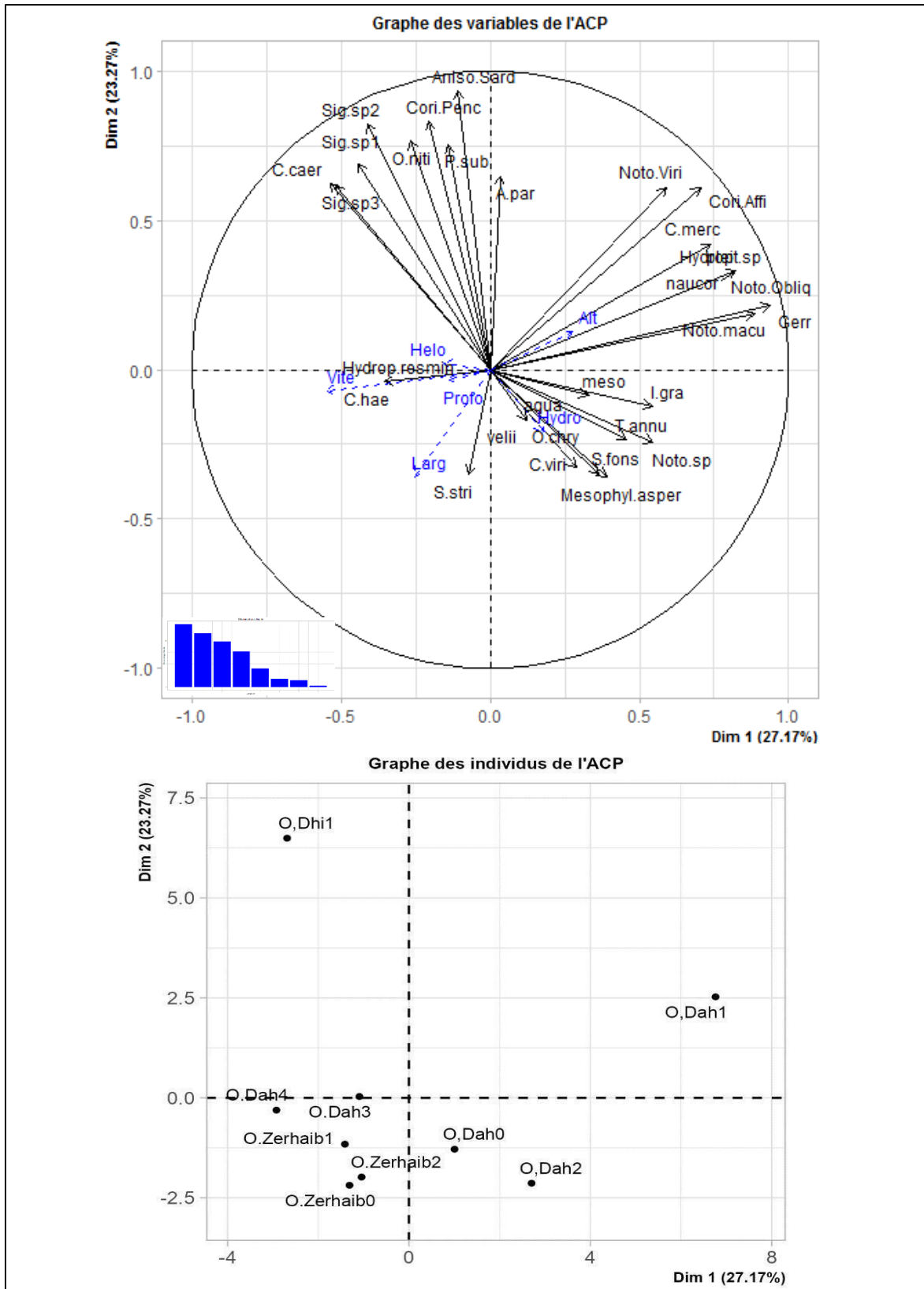


Figure 39. Projection des variables et des individus à partir une Analyse en Composante Principale (ACP1).

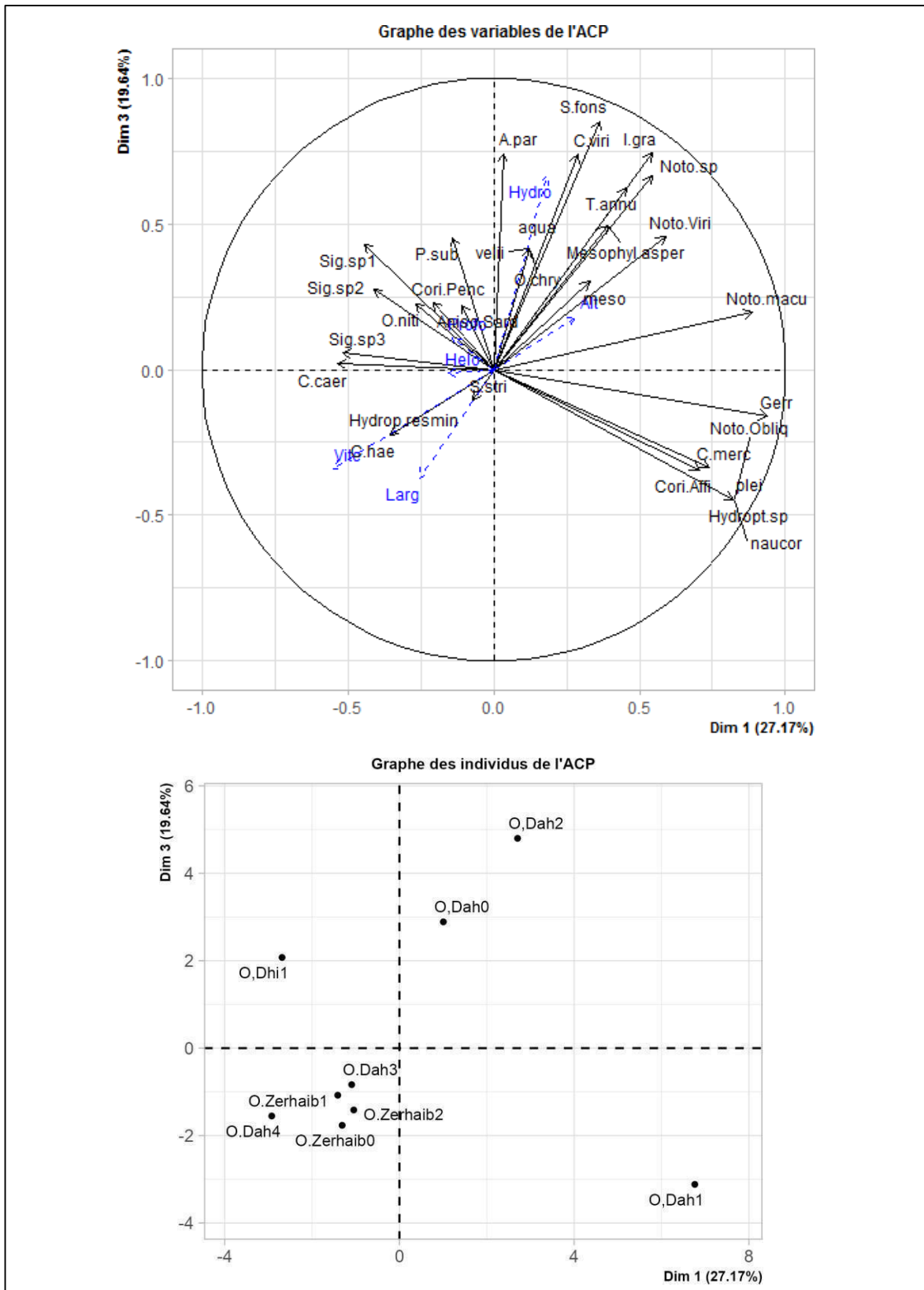


Figure 40. Projection des variables et des individus à partir une Analyse en Composante Principale (ACP2).



4.2.6. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

La classification ascendante hiérarchique basée sur l'abondance des macroinvertébrés et les variables abiotiques et biotiques dans les milieux lotiques a montré que les stations prospectées au cours d'une année d'étude sont séparés en quatre classes qui diffèrent par la composition de leur communauté. (**Tableau12 et Figure 41**).

La classe 1 regroupe les stations les moins abondantes et une richesse taxonomique moins remarquable à faible par rapport aux autres stations (O.Zerhaib1, O.Zerhaib2, O.Dah3, O.Zerhaib0 et O.Dah4). Caractérisées par des valeurs de test négatifs des espèces *Notonecta viridis* (V. test= -2.46, p=0.01), *Anax parthenope* (V. test= -2.23, p=0.02) et *Notonecta maculata* (V. test= -2.28, p=0.02) qui sont présentes en très petit nombre (de 1 à 4 individus) et uniquement au niveau de la station O.Dah3 pour ces deux dernières espèces. Alors que *Anax parthenope* est présent à la fois au niveau des stations O.Dah3 et O.Dah4, avec un seul individu pour chacune d'entre elles.

La classe 2, comprend uniquement la station O.Dhi1, qui est caractérisée par une forte abondance et une richesse moyenne. Cette classe est caractérisée par des valeurs de test positives. Les mieux représentés dans cette classe sont *Sigara sp2* (V. test= 2.79, p=0.005), *Anisops Sardea* (V. test= 2.72, p=0.006) et *Corixa Punctata* (V. test= 2.56, p=0.01).

La classe 3 comprend des stations caractérisées par leur richesse et leur abondance remarquables par rapport aux autres stations (O.Dah0 et O.Dah2 à Oued Dahmen). Caractérisées par des valeurs de test positives, *Sympetrum fonscolombii* (V. test= 2.86, p=0.005) présent uniquement dans ces deux stations, *Ischnura graellsii* (V. test= 2.2, p=0.03) avec des abondances élevées, *Chalcolestes viridis* (V. test= 2.2, p=0.03) et la présence de *Notonecta sp* (V. test= 2.1, p=0.03).

La classe 4 isole la station O.Dah1, caractérisée par sa richesse remarquable et son abondance moyenne. Caractérisée par plusieurs taxons, les mieux représentés sont *Hydroptila sp*, *Pleidae*, *Naucoridae* et *Notonecta Obliqua* avec V. test=2.83 et p= 0.005.



Chapitre 4 : Résultat et Discussion



Tableau12. Les variables quantitatives qui décrivent le mieux chaque groupe pour la classification (CAH)

	v. Test	Moyenne catégorie	Moyenne totale	sd dans la catégorie	Total sd	p. Value
Classe 1						
<i>Anax parthenope</i>	-2.229990	0,4	4.333333	0.4898979	5.577734	0.02574808
<i>Notonecta maculata</i>	-2.284305	0,8	15.222222	1.6000000	19.965402	0.02235360
<i>Notonecta Viridis</i>	-2.458803	0,2	1.222222	0.4000000	1.314684	0.01394009
Classe 2						
<i>Sigara sp2</i>	2.787820	48	7.555556	0	14.507554	0.005306409
<i>Anisops Sardea</i>	2.718755	11	1.777778	0	3.392075	0.006552805
<i>Corixa Pentata</i>	2.558409	55	1.000000	0	1.563472	0.010515246
<i>Sigara sp1</i>	2.414039	4	1.111111	0	1.196703	0.015776756
<i>Anax parthenope</i>	2.270934	17	4.333333	0	5.577734	0.023150952
<i>Platycnémis subdilata</i>	2.258128	33	8.777778	0	10.726683	0.023937686
<i>Orthetrum nitidinerve</i>	2.185191	16	3.777778	0	5.593206	0.028874854
Classe 3						
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	2.758386	2,5	0.555556	0,5	1.065740	0.005808749
<i>Ischnura graellsii</i>	2.205151	36	11.333333	20	16.911535	0.027443470
<i>Chalcolestes viridis</i>	2.170901	3	0.777778	2,1	1.547599	0.029938625
<i>Notonecta sp</i>	2.121596	2,5	0.777778	1,5	1.227262	0.033871651
Classe 4						
<i>Hydroptila sp</i>	2.828427	1	0.111111	0	0.3142697	0.004677735
<i>Pleidae</i>	2.828427	1	0.111111	0	0.3142697	0.004677735
<i>Naucoridae</i>	2.828427	1	0.111111	0	0.3142697	0.004677735
<i>Notonecta Obliqua</i>	2.828427	1	0.111111	0	0.3142697	0.004677735
<i>Corixa Affinis</i>	2.673696	3	0.444444	0	0.9558139	0.007502049
<i>Gerris</i>	2.643925	16	2.222222	0	4.0764303	0.008195070
<i>Coenagrion mercuriale</i>	2.474372	6	1.222222	0	1.9309052	0.013347066
<i>Notonecta maculata</i>	2.042422	56	15.222222	0	19.9654022	0.041109684

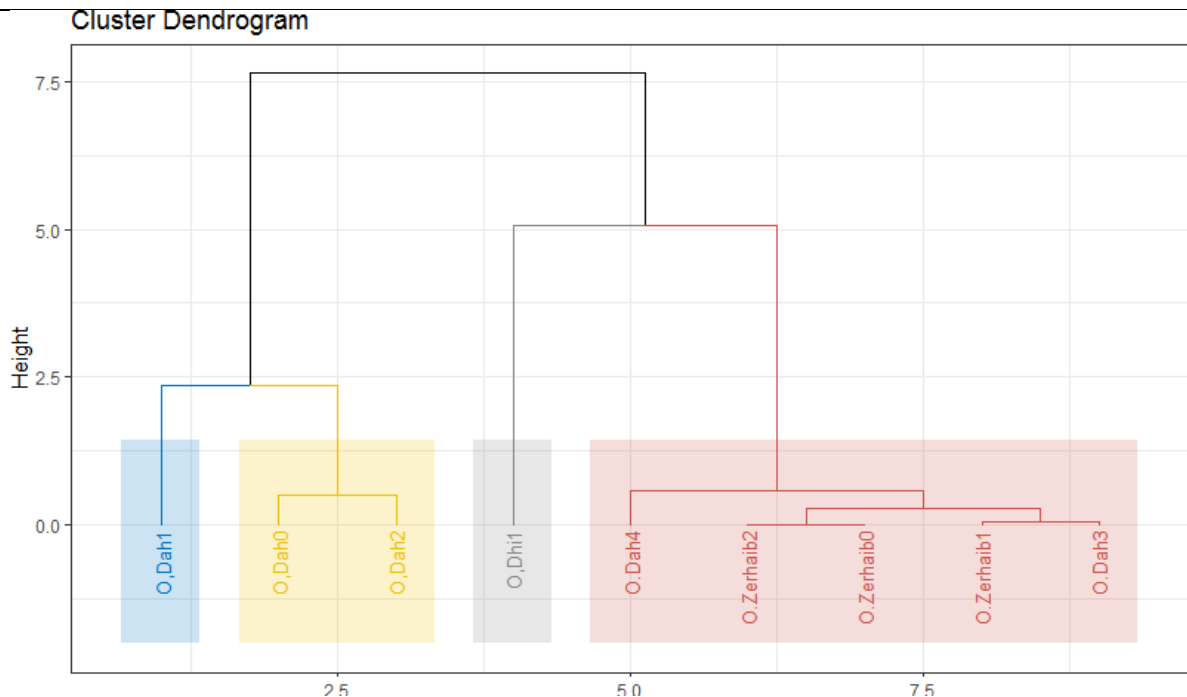


Figure 41. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) en fonction des variables abiotiques, biotiques ainsi que de l'abondance des différents taxons.



4.3. Milieux Lentiques

4.3.1. Étude abiotique et biotique des sites d'étude

Tous les variables de chaque station d'échantillonnage dans le cadre de ces travaux et pendant les douze mois d'échantillonnage sont présentés dans le tableau ci-dessous (**Tableau 13**).

Tableau 13. Caractéristiques environnementales des stations appartenant aux milieux lentiques.

* Stations considérés dans nos analyses.

Station	Altitude (m)	Profondeur (cm)	Végétation Hélophyte %	Végétation Hydrophyte %
Tim1*	836	21,25±5.15 [17-32]	40	1
Tim2*	835,3	23,54±4.89 [19-31]	5	2
Tim3*	836,1	20,38±3.46 [17-27]	30	2
L.G.Tar1*	832,7	30,17±8.91 [17-43]	6	2
L.G.Tar2*	829,2	26,3±6.5 [18-39]	5	1
G.Gue1	832,2	11,33±3.44 [6-14]	1	0
G.Gue2	827,9	5,67±0.58 [5-6]	0	0
G.Tar1	829	10,5±7.78 [5-16]	0	0
G.Tar2	828,9	9±0 [9-9]	0	0
Bar.O1*	846,5	31,75±4.59 [29-42]	1	1
Bar.O2*	846,7	25,38±4.98 [21-36]	1	2
Touz1*	994,8	25,36±6.14 [20-36]	5	1
Touz2*	996,9	34,55±5.65 [25-42]	15	2
Cho.T1*	787	15±0.7 [14-15]	1	2
Cho.T2*	785,9	12,33±3.21 [10-16]	5	1
Cho.T3*	799,1	12,5±0.71 [12-13]	4	1
S.Z0*	791,1	15,5±3.99 [10-22]	0	0
S.Z1*	791,2	18,88±3.68 [15-25]	5	1
S.Z2	785,3	14±0 [14-14]	0	0
S.Djen1	833,1	9,5±0.71 [9-10]	1	0
S.Djen2	830,2	15,5±0.71 [15-16]	0	0



4.3.1.1. La profondeur de l'eau

La valeur moyenne la plus forte de la profondeur moyenne calculée dans les milieux lenticques enregistrée au niveau de la station Touz2 (34,55 cm \pm 5.65) de la retenue collinaire d'Ourkis, les valeurs diminuent jusqu'à (12,33 \pm 3.21) au niveau de la station Cho.T2 de Chott Tinsilt

L'évolution spatiale de la profondeur a varié entre une valeur minimale de 10 cm au niveau des deux stations Cho.T2 de de Chott Tinsilt au mois de février et S.Z0 de Sebkheth Ezzemoul au mois de décembre et une valeur maximale de 43cm enregistrée au niveau de la station L. G. Tar1 de Sebkheth Gémot au mois de novembre (**Figure 42**).

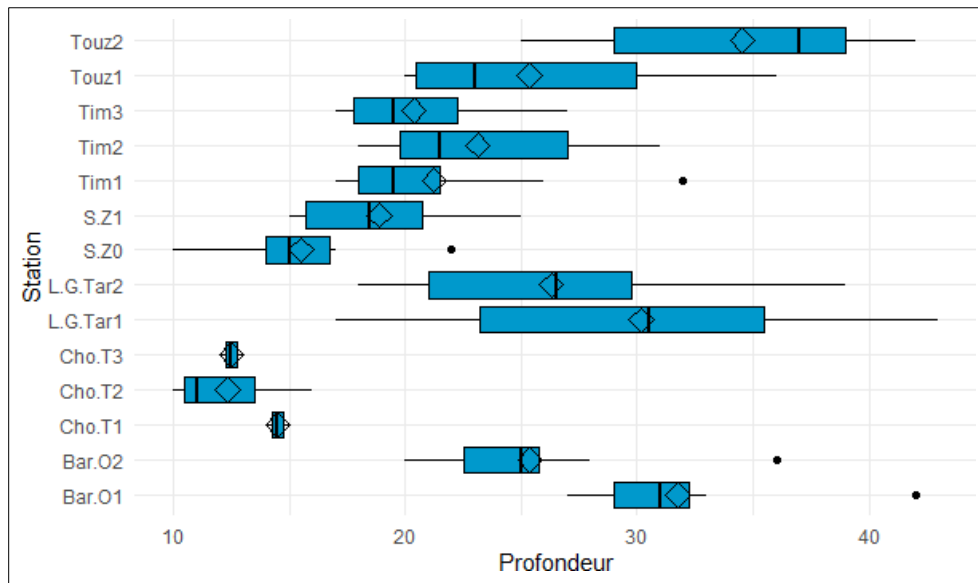


Figure 42. Évolution spatiale avec les valeurs moyennes de la profondeur (cm) de l'eau dans les milieux lenticques.

4.3.1.2. Recouvrement végétale

La distribution végétale montre que la végétation héliophyte la plus dense enregistrée au niveau de deux stations de Lac Timerganine, Tim1 et Tim3 avec 40% et 30% respectivement. La végétation hydrophyte est relativement éparses avec une densité maximale de 2% enregistrée aux stations, Tim2, Tim3, L.G.Tar1, Bar.O2, Touz2 et Cho.T1. La station S.Z0 des bassins de Sebkheth Ezzemoul représente une couverture végétale nulle (**Figure 43**).

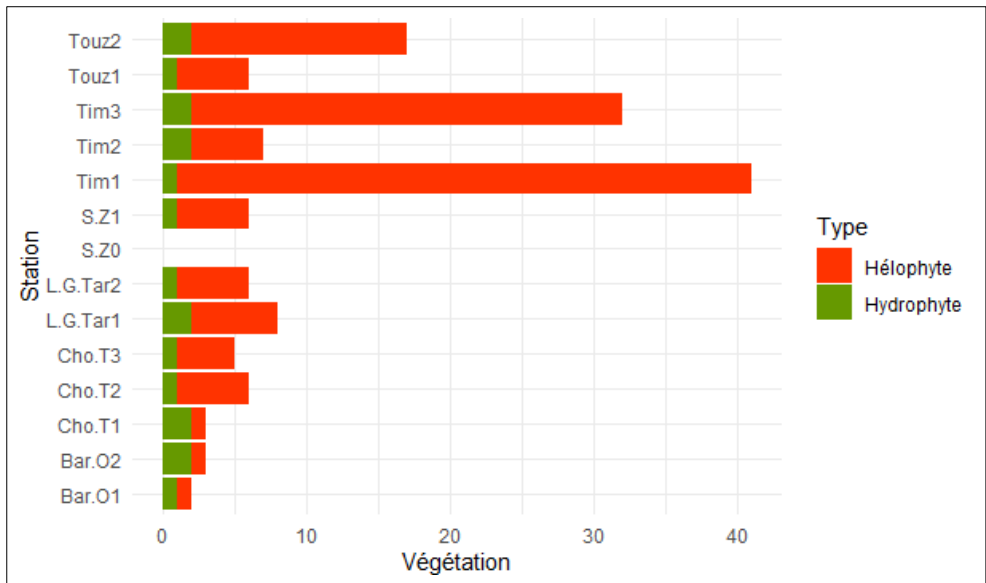


Figure 43. Recouvrements de la végétation (%) hélophyte et hydrophyte dans les milieux Lotiques.

4.3.1.3. Corrélation entre les paramètres

Sur une série de quatorze stations, une corrélation linéaire positive et significative a été observée en considérant l'analyse de corrélation entre l'altitude et la profondeur ($R= 0.67$, $P=0.0089$). De plus une corrélation positive entre la profondeur et la végétation hydrophyte ($R=0.37$, $P= 0.1874$). Aucune relation linéaire n'a été trouvée pour les autres corrélations (Figure 44).

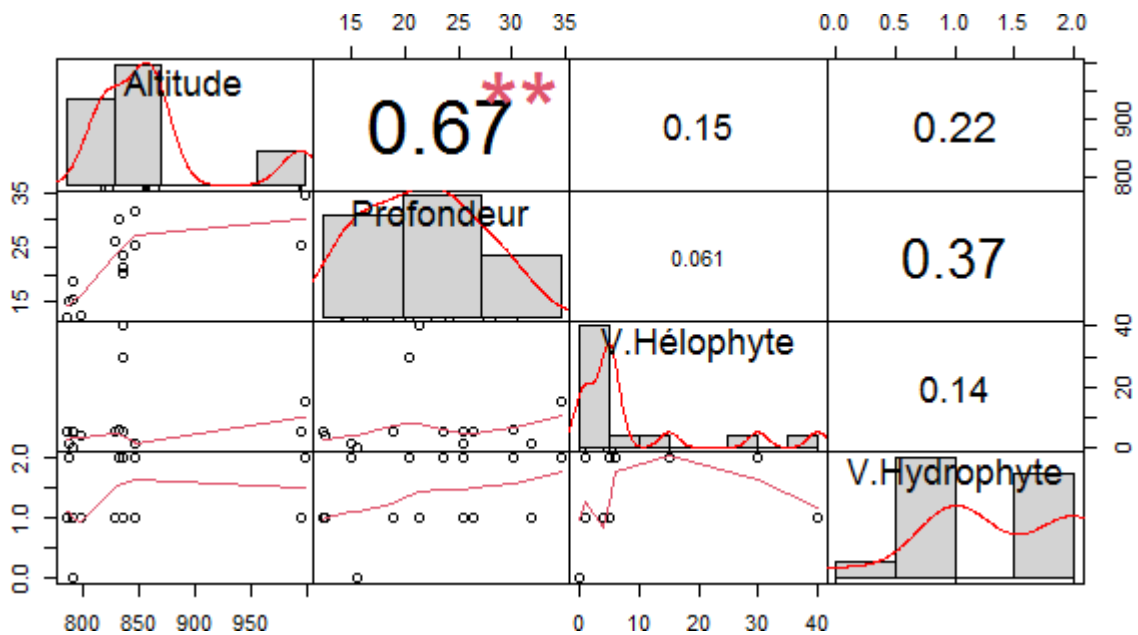


Figure 44. Corrélation entre les différents variables abiotiques et biotiques mesurés aux milieux lentiques.



4.3.2. Analyse biologique

4.3.2.1. Analyse des Odonates

Nous avons enregistré 975 individus (incluant 897 larves et 78 adultes). Un total de 11 espèces d'odonates, dont cinq zygoptères et six anisoptères. Les zygoptères représentent 61 % de l'abondance totale, répartis en deux familles, Coenagrionidae (78,4 %) et Lestidae (21,6 %). 39 % des anisoptères sont répartis en Aeshnidae (22,8 %) et Libellulidae (77,2 %). La famille des Libellulidae est la plus diversifiée parmi les Odonates récoltée, elle compte quatre espèces (*Orthetrum nitidinerve*, *Sympetrum fonscolombii*, *Sympetrum striolatum* et *Crocothemis erythraea*), la famille des Coenagrionidae occupe la deuxième position par trois espèces (*Ischnura graellsii*, *Coenagrion caerulescens* et *Coenagrion mercuriale*), alors que, les deux familles Aeshnidae et Lestidae présentes par deux espèces (**Figure 45**).

Parmi les Zygoptères, *Ischnura graellsii* était l'espèce prédominante avec 430 individus, tandis que *Lestes virens* est rare (un seul individu). Parmi les Anisoptères, *Sympetrum fonscolombii* était l'espèce dominante par rapport aux autres, tandis que *Anax imperator*, *Crocothemis erythraea* et *Erythromma lindenii* sont peu abondants avec respectivement 1, 5 et 7 individus (**Figure 46**).

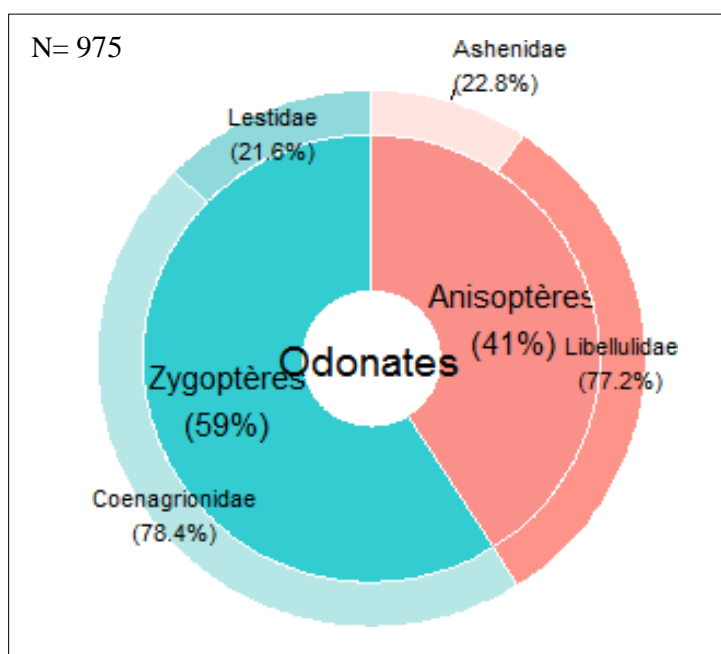


Figure 45. Structure des Odonates recensés dans les milieux lentiques.

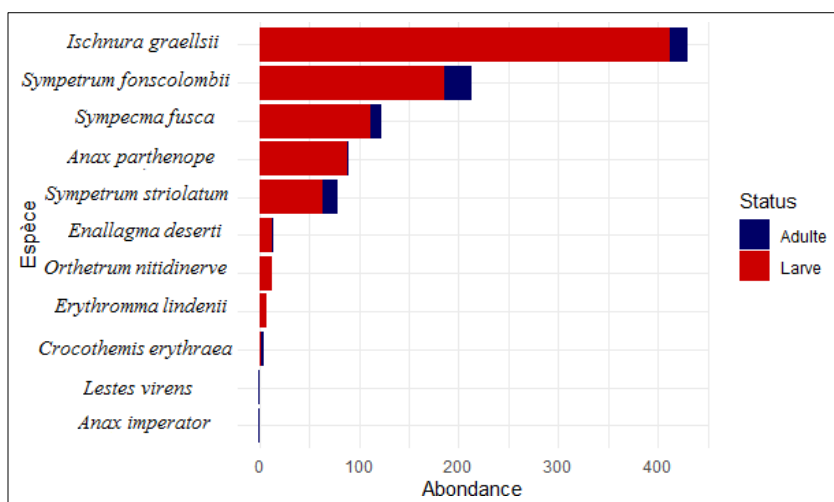


Figure 46. Abondance des espèces d'Odonates dans les milieux lenticques.

Trois espèces sont assez bien réparties dans les milieux lenticques, *Anax parthenope* étant noté dans onze stations, *Ischnura graellsii* et *Sympetrum fonscolombii* ont été notés dans dix stations. Alors que *Lestes virens* peu fréquent dans la région et noté uniquement dans la station L.G.Tar1 (**Tableau 14**).

Tableau 14. Checklist des Odonates enregistrés dans les milieux lenticques avec la liste des localités.

Sous-Oredre	Famille	Espèce	Stations
Zygoptères	Lestidae	<i>Lestes virens</i>	L.G.Tar1
		<i>Sympecma fusca</i>	L.G.Tar1, L.G.Tar2, Touz1, Touz 2, Cho.T2
	Coenagrionidae	<i>Enallagma deserti</i>	Touz1, Tim3, Bar O1, Touz1
		<i>Ischnura graellsii</i>	Tim1, Tim2, Tim3, Bar O1, Bar O2, L.G.Tar1, L G Tar 2, Touz1, Touz 2, S. Ez 1
Anisoptères	Aeshenidae	<i>Anax parthenope</i>	Tim1, Tim2, Tim3, L.G.Tar1, L.G.Tar2, S. EZ1, Bar O2, Touz1, Touz 2, Cho.T2, S. Ez 1
		<i>Anax imperator</i>	S. EZ1
	Libellulidae	<i>Orthetrum nitidinerve</i>	Tim2, Tim3, L.G.Tar1, L.G.Tar2, Bar O1, Touz1, Touz 2
		<i>Sympetrum fonscolombii</i>	Tim1, Tim2, Tim3, L.G.Tar1, L G Tar 2, Bar O1, Touz1, Touz 2, Cho.T2, S. Ez 1
		<i>Sympetrum striolatum</i>	Tim3, L.G.Tar1, L G Tar 2, Touz 2, Cho.T2
		<i>Crocothemis erythraea</i>	L.G.Tar1, Touz1, Touz 2



4.3.2.2. Analyse des Hémiptères

Un total de 2683 individus (incluant 797 larves et 1886 adultes), les adultes appartenant à 14 taxons dans 8 familles et deux infra ordres ont été enregistré au cours de la période d'étude. 11 taxons appartiennent aux Népomorpha avec 99% et 3 taxons aux Gérromorpha avec 1% (**Figure 47**). La famille de Corixidae est les plus diversifiée parmi les hémiptères collectés avec six taxons, la famille Notonectidae occupe la deuxième position par trois taxons, tandis que les autres familles ne présentent qu'un seul taxon.

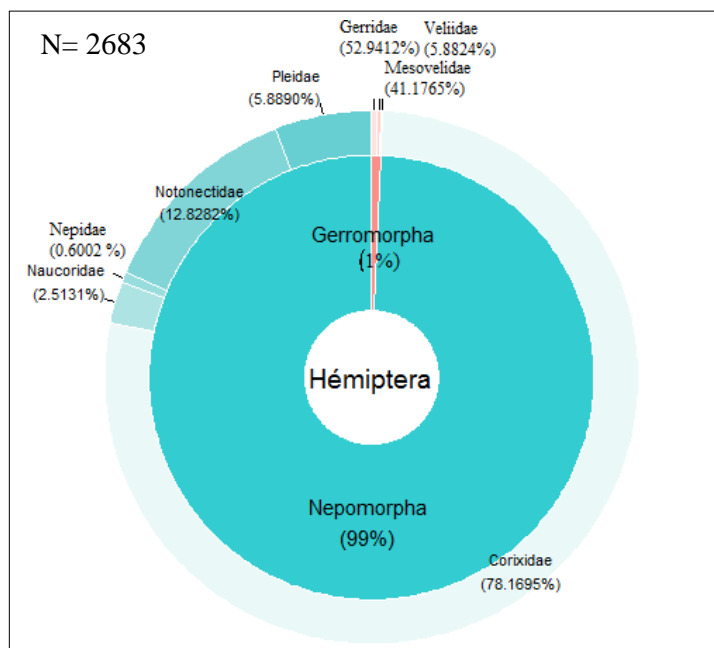


Figure 47. Structure des Hémiptères recensés dans les milieux lentiques.

Corixidae Larve, *Sigara sp2* et *Sigara sp1* étaient les plus dominants, représentés par 601 individus, 530 individus, 511 individus respectivement (**Figure 48**). *Sigara sp2* est le plus répandu dans la région, enregistré dans 13 stations, suivi par *Sigara sp3* avec 11 stations, *Corixa Pentata* occupé la troisième position par 10 stations (**Figure 49**).

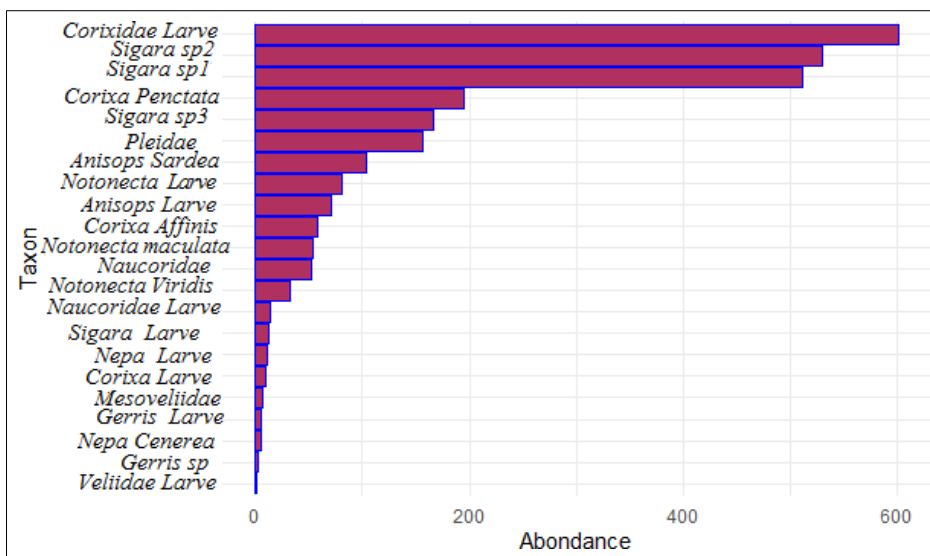


Figure 48. Abondance des Hémiptères aquatiques dans les milieux lenticques.

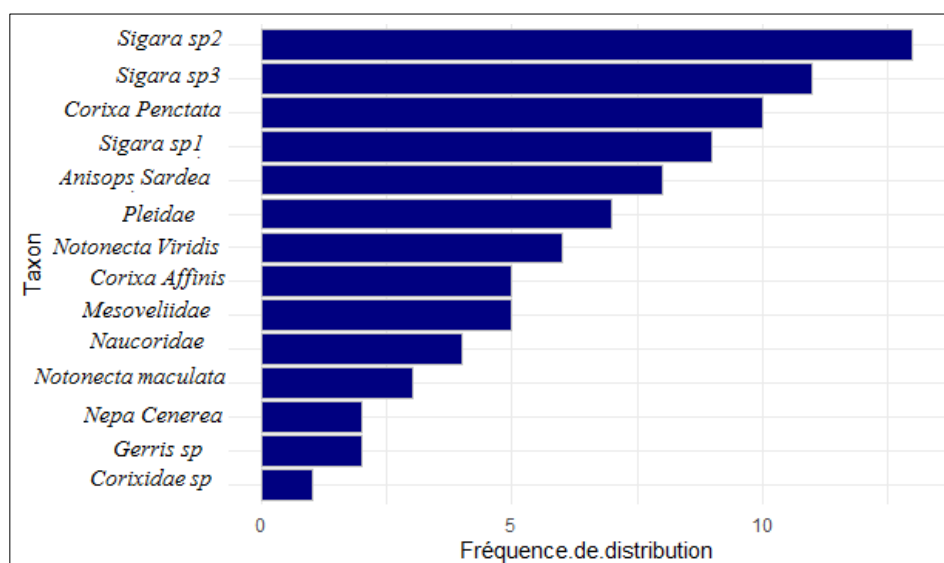


Figure 49. Fréquence de distribution des Hémiptères adultes dans les milieux lenticques.

Trois espèces de la famille des Corixidae (*Corixa Punctata*, *Sigara sp2* et *Sigara sp3*) ont été collectées tout au long de l’année, alors que *Notonecta Viridis*, *Corixa Affinis*, *Sigara sp1*, *Naucoridae* et *Pleidae* étaient absents dans certains échantillons. *Anisops Sardea* a été observé pendant l’été et l’automne. *Gerris sp* et *Nepa Cenerea* ont été capturés au printemps. *Corixidae sp* est apparu à la fin du printemps-été. *Mesoveliidae* est apparu en automne (Tableau 15).



Tableau 15. Phénologie et liste de localité des Hémiptères adultes recensés dans les milieux lenticques.

Espèce	Phénologie	Station
<i>Notonecta maculata</i>	Février, Mars, Mai, Octobre, Novembre	Tim1, Bar.O1, Touz1
<i>Notonecta Viridis</i>	Janvier-Mai, Octobre-Décembre	Tim2, Tim3, L. G. Tar2, Bar.O1, Touz1, Touz2
<i>Anisops Sardea</i>	Juin, Septembre-Novembre	Tim1, Tim2, Tim3, L. G. Tar1, L. G. Tar2, Bar.O1, Touz1, S.Z1
<i>Corixa Penctata</i>	Janvier-Décembre	Tim1, Tim2, Tim3, L. G. Tar1, L. G. Tar2, Bar.O1, Bar.O2, Touz1, Touz2, S.Z1
<i>Corixa Affinis</i>	Janvier-Juillet, Octobre-Décembre	L. G. Tar1, L. G. Tar2, Bar.O1, Touz1, Touz2
<i>Corixidae sp</i>	Mai, Juillet	L. G. Tar1
<i>Sigara sp1</i>	Janvier-Avril, Juin, Juillet, Octobre-Décembre	Tim1, Tim2, Tim3, L. G. Tar1, L. G. Tar2, Touz1, Touz2, S.Z0, S.Z1
<i>Sigara sp2</i>	Janvier-Décembre	Tim1, Tim2, Tim3, L. G. Tar1, L. G. Tar2, Bar.O2, Touz1, Touz2, Cho.T1, Cho.T2, Cho.T3, S.Z0, S.Z1
<i>Sigara sp3</i>	Janvier-Décembre	Tim1, Tim2, L. G. Tar1, L. G. Tar2, Touz1, Touz2, Cho.T1, Cho.T2, Cho.T3, S.Z0, S.Z1
<i>Gerris sp</i>	Mars, Mai	Tim1, Cho.T2
<i>Nepa Cenerea</i>	Avril, Mai	Touz1, Touz2
<i>Naucoridae</i>	Février-Octobre	Bar.O1, Bar.O2, Touz1, Touz2
<i>Mesoveliidae</i>	Septembre-Novembre	Tim1, Tim2, Tim3, Touz1, S.Z1
<i>Pleidae</i>	Janvier-Avril, Juin, Juillet, Novembre, Décembre	Tim1, Tim2, Tim3, L. G. Tar1, L. G. Tar2, Touz1, Touz2

4.3.3. Les indices écologiques de composition

4.3.3.1. Abondance totale

La totalité des Odonates et des Hémiptères capturés, triés, identifiés et considérés dans nos analyses est de 3658 individus distribués dans 14 stations. L'abondance totale de la faune enregistrée varie d'une station à une autre. La valeur la plus importante est celle enregistré à S.Z1 avec 845 individus, cette abondance est liée aux *Sigara sp1*, *Sigara sp2* et *Sigara sp3* lesquelles compte respectivement 454, 191 et 72 individus, soit 97.82% de l'abondance totale. Les valeurs les plus faibles enregistrés dans les stations de Chott Tinsilt, Ceci peut être lié à la sévérité de la sécheresse auquel cette zone est exposée (**Figure 50**).

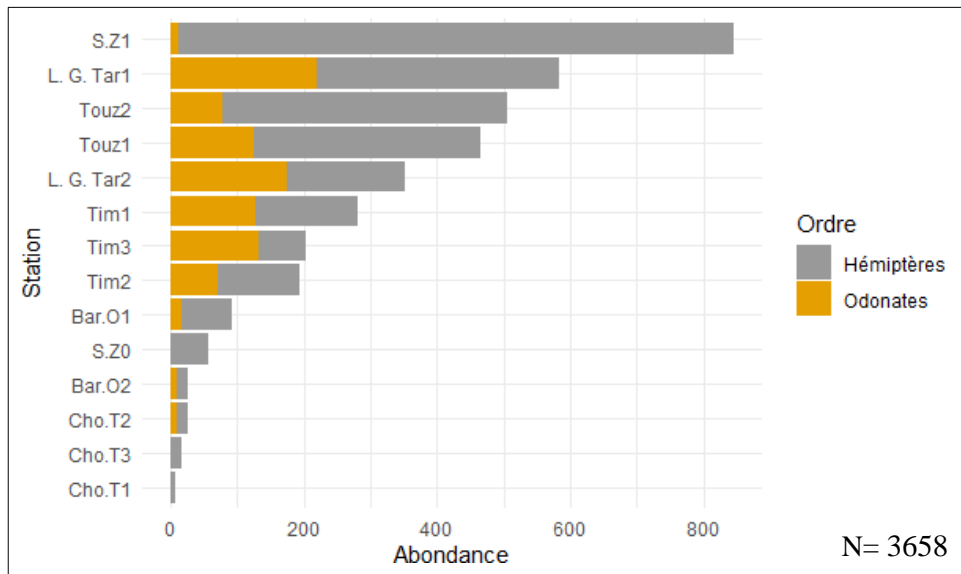


Figure 50. Variation spatiale de l’abondance des Hémiptères et des Odonates recensées dans les milieux lenticques.

4.3.3.2. Richesse totale

L’ensemble de stations dans nos analyses a permis la récolte de 25 taxons, composée de 14 taxons des Hémiptères et 11 espèces d’odonates. L’analyse de la richesse montre des variations entre les stations, il fluctue entre un minimum de 2 taxons enregistré dans les deux stations appartenant à Chott Tinsilt (Cho.T1 et Cho.T3) et un maximum de 18 taxons enregistré dans la station Touz1 de Lac Touzline, composé de 11 taxons d’Hémiptères et 7 espèces d’Odonates (**Figure 51**).

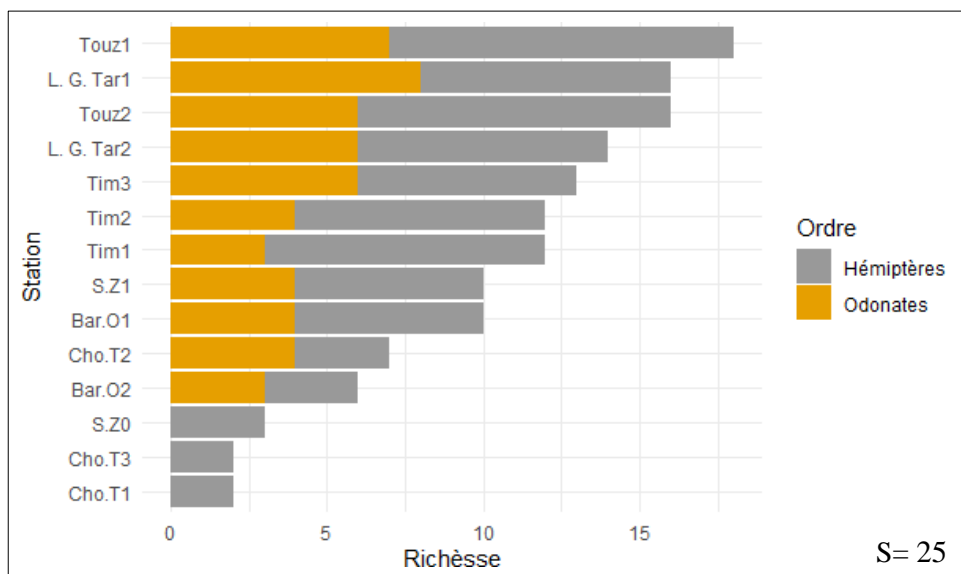


Figure 51. Variation spatiale de la richesse des Odonates et Hémiptères recensées dans les milieux lenticques.



4.3.4. Les indices écologiques de structure

4.3.4.1. Indice de diversité de Shannon-Weaver H'

L'analyse des fluctuations de l'indice entre les différentes stations montre une variation de 0.39 à 3.38. La station Touz1 de Lac Touzline représente la valeur maximale, ceci présente un peuplement bien diversifié en espèces et équilibré en termes d'abondance. Alors que la station Cho.T3 de Chott Tinsilt présente la valeur minimale (**Figure 52**).

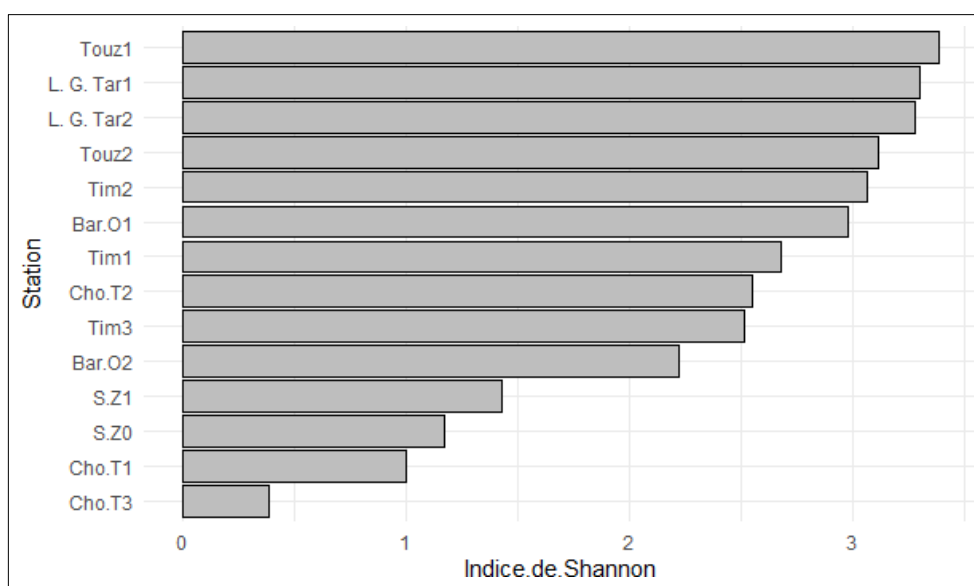


Figure 52. Variation spatiale de l'indice de Shannon-Weaver H' dans les stations des milieux lenticques.

4.3.4.2. Indice d'Équitabilité

Les valeurs de l'indice d'Équitabilité varient d'une station à l'autre avec un minimum de 0.39 enregistré à la station Cho.T3 et un maximum de 1 enregistré à la station Cho.T1, ceci témoigne de la régularité des peuplements au sein de cette station qui présente deux espèces ayant la même abondance (**Figure 53**).

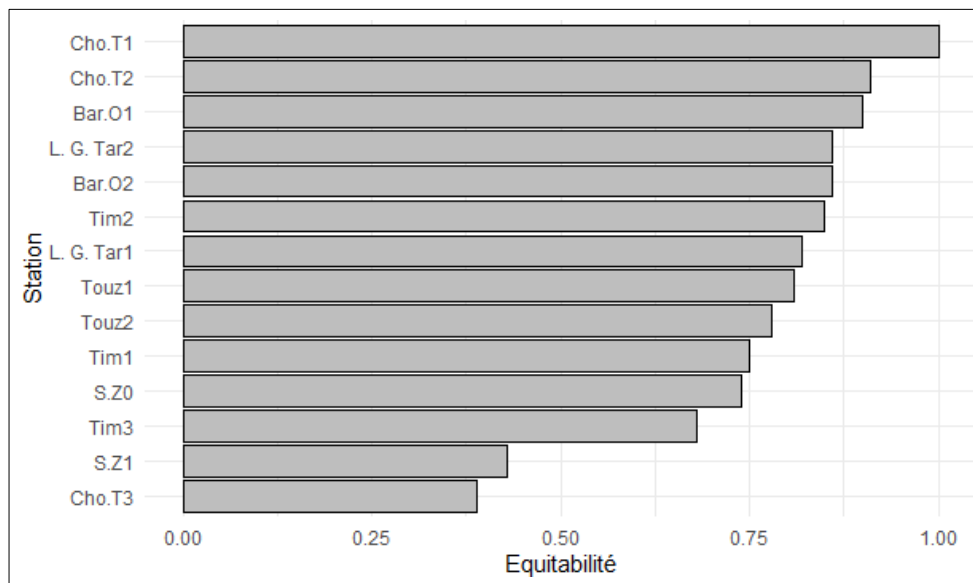


Figure 53. Variation spatiale de l'indice d'Équitabilité dans les stations des milieux lenticques.

4.3.5. Interprétation de l'analyse en composant principale (ACP)

Une classification abiotique et biotique des stations d'étude a été réalisée à l'aide d'une analyse en composantes principales (ACP), contenant 14 stations décrites par quatre variables abiotiques et biotiques de l'eau, ainsi que l'abondance de différents taxons, ces derniers étant ajoutés dans l'analyse comme des variables quantitatives supplémentaires (**Figure 54 et Figure 55**). Les trois premiers axes de l'analyse expriment 63.4 % de l'inertie totale du jeu de données.

La première dimension F1 (28.88 %) montre une bonne corrélation positive avec *Sympetrum fonscolombii* (0.94), *Sympecma fusca* (0.9), *Sympetrum striolatum* (0.86), *Corixa Penctata* (0.85), *Crocothemis erythraea et* (0.84) avec la profondeur (0.57). Opposant ainsi des individus tels que L.G.Tar1 (à droite du graphique, caractérisé par une coordonnée fortement positive sur l'axe) caractérisée par sa profondeur, *Corixa sp*, *Lestes virens*, *Sympetrum striolatum* à des individus tels que L.S.Z1, Cho.T1 et S.Z0 (à gauche du graphique, caractérisés par une coordonnée fortement négative sur l'axe) avec faible profondeur.

La deuxième dimension F2 exprime 17,89% et montre une bonne corrélation positive avec Pleidae (0,82), *Nepa Cenerea* (0,81), *Notonecta maculata* (0,72), Naucoridae (0,70) et avec l'altitude (0,78). En séparant les stations du lac Touzline et du lac Timerganine, qui sont caractérisées par une altitude élevée et un couvert végétal moyen en termes d'hélophytes.

La troisième dimension F3 (19.64 %) sépare le plan d'eau à proximité de Sebkheth Ezzemoul (S.Z1) caractérisé par la présence des trois espèces de *Sigara* et *Anax imperator*.

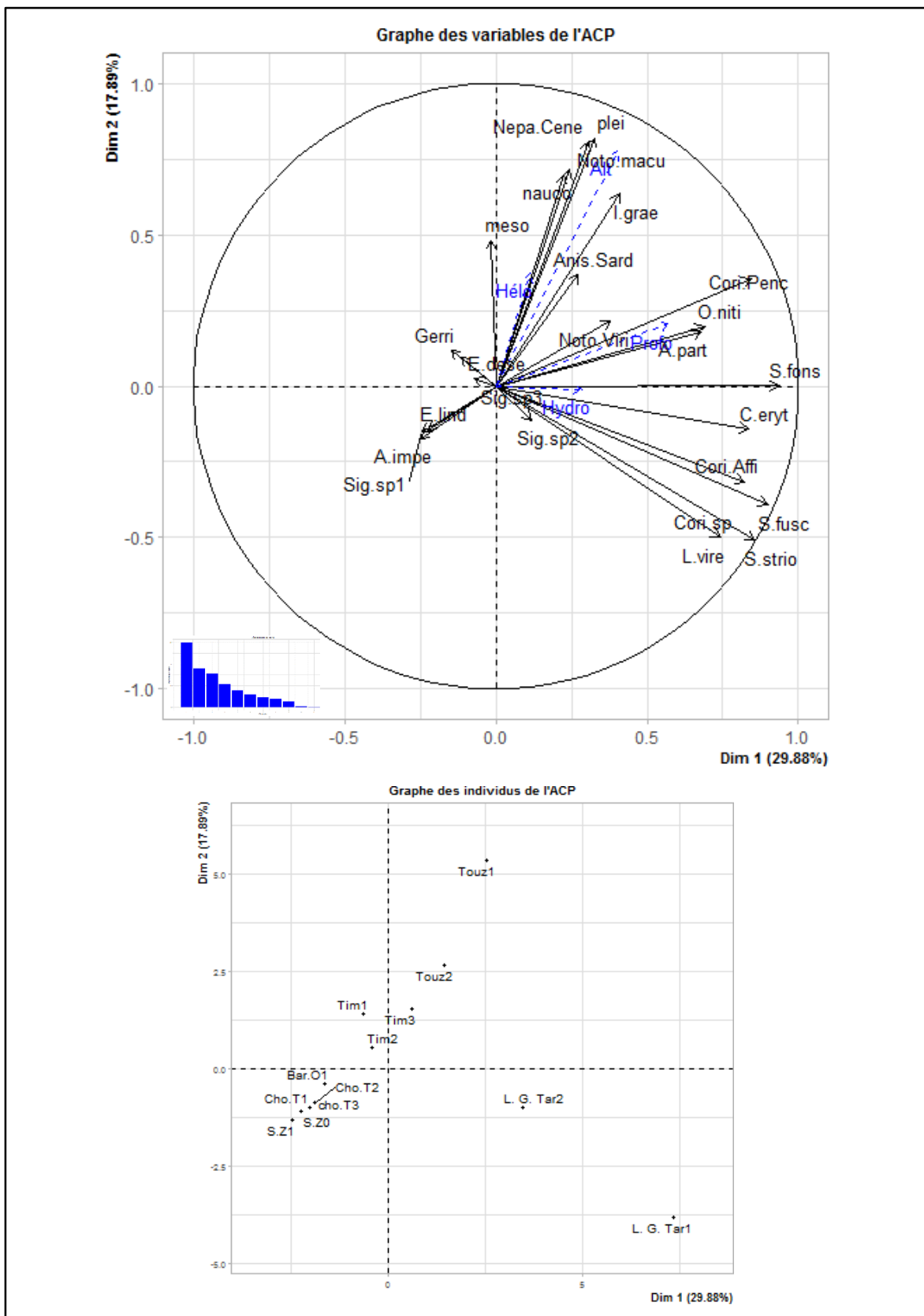


Figure 54. Projection des variables et des individus à partir d'une Analyse en Composante Principale (ACP1).

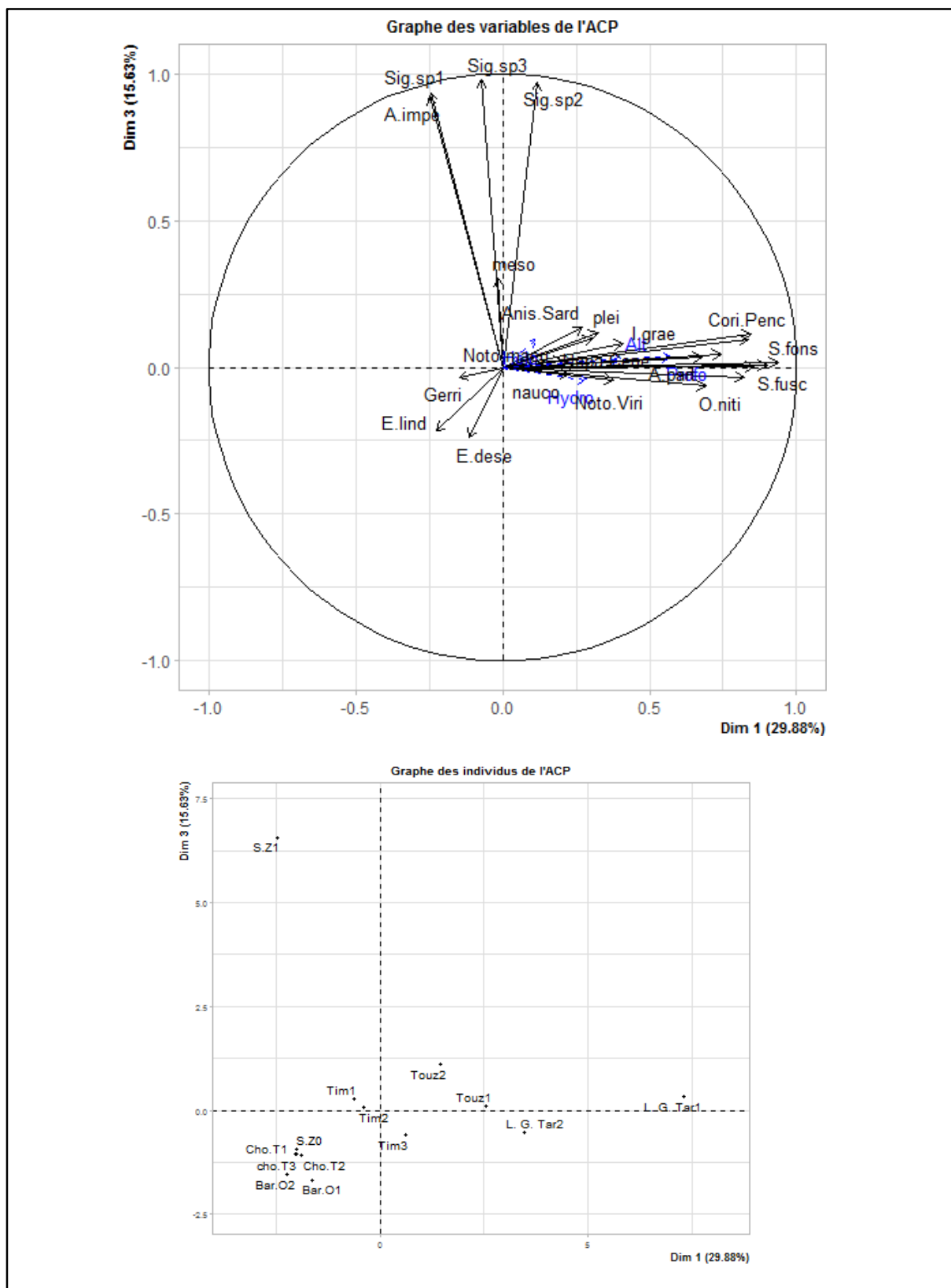


Figure 55. Projection des variables et des individus à partir d'une Analyse en Composante Principale (ACP2).



4.3.6. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

La classification ascendante hiérarchique des stations d'étude en fonction de l'abondance des macroinvertébrés et les variables abiotiques et biotiques dans les milieux lenticques fait ressortir trois classes qui diffèrent par la composition de leur communauté (**Tableau 16** et **Figure 56**).

La classe 1 comprend d'un côté les stations de Lac de Timerganine (Tim1, Tim2 et Tim3) avec la station Touz2 de Lac Touzline qui sont caractérisé par une couvert végétal important en termes d'hélophyte avec une richesse importantes et abondance moyenne, présentant des valeurs de test positives pour les taxons, *Anisops Sardea* (V. test= 2.92, p=0.003), *Ischnura graellsii* (V. test= 2.8, p=0.005) et *Mesoveliidae* (V. test= 2.34, p=0.02). Et d'autre coté isole la deuxième station du Lac Touzline (Touz1), qui est caractérisé par une forte présence de *Notonecta maculata* (V. test= 3.59, p=0.0003), *Naucoridae* (V. test= 3.58, p=0.0003), *Nepa Cenerea* (V. test= 2.95, p=0.003) et *Pleidae* (V. test= 2.35, p=0.02).

La classe 2 comprend les stations, Bar. O1, Bar.O2, Cho.T1, Cho.T2, Cho.T3, S.Z0 et S.Z1. En général, il s'agit de stations d'une richesse taxonomique faible à moyenne, avec des valeurs de test négatives pour plusieurs taxons, les mieux représentés étant *Ischnura graellsii* (V. test= -3.10, p=0.002), *Anax parthenope* (V. test= -2.91, p=0.004), *Corixa Penctata* (V. test= -2.77, p=0.006) et *Sympetrum fonscolombii* (V. test= -2.71, p=0.007).

La classe 3 rassemble les deux stations de Sebkhet Gémot, d'un cote la station L.G.Ta2 qui présentent des valeurs de test positives pour *Notonecta Viridis* (V. test= 2.76, p=0.006), *Corixa Affinis* (V. test= 2.70, p=0.007), *Anax parthenope* (V. test= 2.32, p=0.02) et *Sympetrum fonscolombii* (V. test= 2.02, p=0.04). Et d'autre coté la station L.G.Tat1, caractérisé par une richesse et une abondance importantes, avec des valeurs de test positives pour plusieurs taxons, les mieux représentés étant *Corixa sp* (V. test= 3.61, p=0.0003), *Lestes virens* (V. test= 3.61, p=0.0003), *Crocothemis erythraea* (V. test= 3.26, p=0.001), *Sympetrum striolatum* (V. test= 3.14, p=0.002) et *Sympecma fusca* (V. test= 3.03, p=0.002).



Tableau 16. Les variables quantitatives qui décrivent le mieux chaque groupe pour la classification (CAH)

	v.test	Moyenne catégorie	Moyenne totale	sd dans la catégorie	Total sd	p.value
Classe 1 (1)						
<i>Anisops Sardea</i>	2.926217	21.50	7.428571	10.9201648	10.9656235	0.0034312
<i>Ischnura graellsii</i>	2.796424	72.25	30.714286	21.5334043	33.8704013	0.0051672
<i>Mesoveliidae</i>	2.336664	1.25	0.500000	0.8291562	0.7319251	0.0194566
Classe 1 (2)						
<i>Notonecta maculata</i>	3.592538	48	3.8571429	0	12.2873753	0.00032747
<i>Naucoridae</i>	3.578157	44	3.7857143	0	11.2388267	0.00034603
<i>Nepa Cenerea</i>	2.952921	3	0.3571429	0	0.8949974	0.00314782
<i>Pleidae</i>	2.347606	63	11.2142857	0	22.0589424	0.01889448
Classe 2						
<i>Notonecta Viridis</i>	-2.052211	0.2857143	2.2857143	0.6998542	3.513821	0.0401492
<i>Anisops Sardea</i>	-2.160718	0.8571429	7.4285714	1.7261494	10.965623	0.0307171
<i>Orthetrum nitidinerve</i>	-2.317024	1.1428571	0.9285714	0.3499271	1.222660	0.0205024
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	-2.707949	1.1428571	15.2142857	1.4568627	18.735675	0.0067700
<i>Corixa Penctata</i>	-2.773004	0.7142857	13.9285714	0.8806306	17.181653	0.0055542
<i>Anax parthenope</i>	-2.914467	1.0000000	6.4285714	1.3093073	6.715805	0.0035630
<i>Ischnura graellsii</i>	-3.102298	1.5714286	30.7142857	2.4411439	33.870401	0.0019202
Classe 3 (1)						
<i>Notonecta Viridis</i>	2.764593	12	2.285714	0	3.513821	0.0056994
<i>Corixa Affinis</i>	2.696799	27	4.142857	0	8.475655	0.0070009
<i>Anax parthenope</i>	2.318624	22	6.428571	0	6.715805	0.0204154
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	2.016779	53	15.214286	0	18.735675	0.0437186
Classe 3 (2)						
<i>Corixia sp</i>	3.605551	10	0.71428571	0	2.5753938	0.000311491
<i>Lestes virens</i>	3.605551	1	0.07142857	0	0.2575394	0.000311491
<i>Crocothemis erythraea</i>	3.257668	3	0.35714286	0	0.8112726	0.001123316
<i>Sympetrum striolatum</i>	3.142901	48	5.57142857	0	13.4998110	0.001672823
<i>Sympecma fusca</i>	3.031584	67	8.78571429	0	19.2025987	0.002432744
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	2.176901	56	15.21428571	0	18.7356748	0.029487935
<i>Corixa Affinis</i>	2.106875	22	4.14285714	0	8.4756554	0.035128453

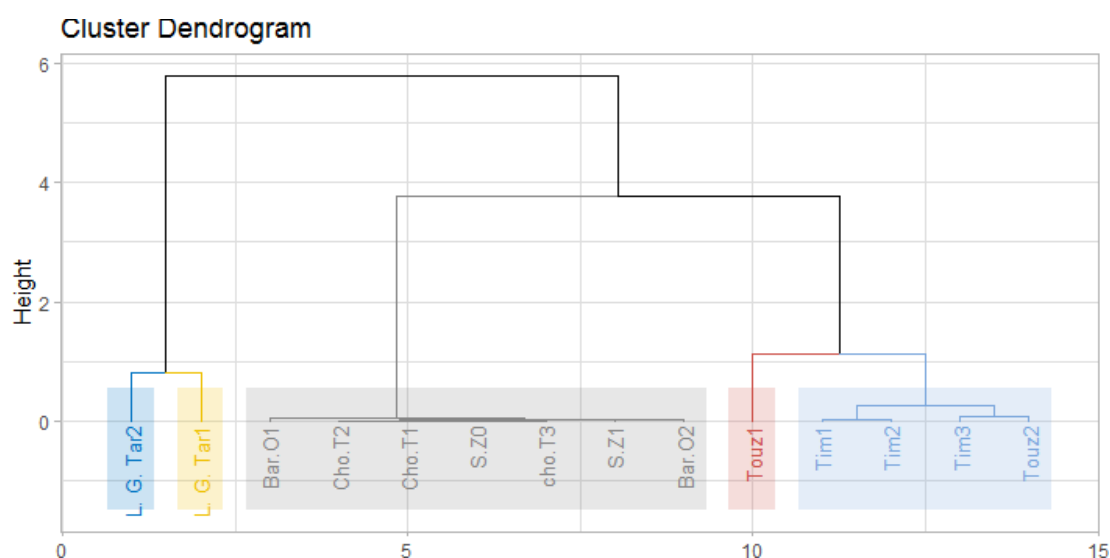


Figure 56. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) en fonction des variables abiotiques, biotiques ainsi que de l'abondance des différents taxons.



4.4. Abondance, Richesse et Cartographie des communautés d'Odonates et des Hémiptères dans les systèmes lotiques et lotiques.

4.4.1. Analyse des Odonates

Un total de 1351 individus (dont 1192 larves et 159 adultes) appartenant à 18 espèces et 6 familles ont été enregistrés dans les deux milieux. Les Zygoptères sont les plus diversifiées avec quatre familles et dix espèces, les Anisoptères représentés par deux familles et huit espèces.

Les types du milieu et les sous ordres ne présentent pas d'effet marginal quant à l'abondance des espèces (ANOVA à deux voies, $p = 0.127$ et ANOVA à deux voies, $p = 0.201$ respectivement) ou à la richesse (ANOVA à deux voies, $p = 0.247$ et ANOVA à deux voies, $p = 0.064$ respectivement). En outre, l'interaction entre les deux facteurs n'étant pas significative (ANOVA à deux voies, $p = 0.844$) pour l'abondance et (ANOVA à deux voies, $p = 0.072$) pour la richesse. Les comparaisons multiples par paires de Tukey indiquent que la richesse moyenne des Anisoptères et des Zygoptères ne présente pas de différence marginale entre les deux milieux (Tukey's HSD, $p = 0.055$) (**Figure 57 et Figure 58**).

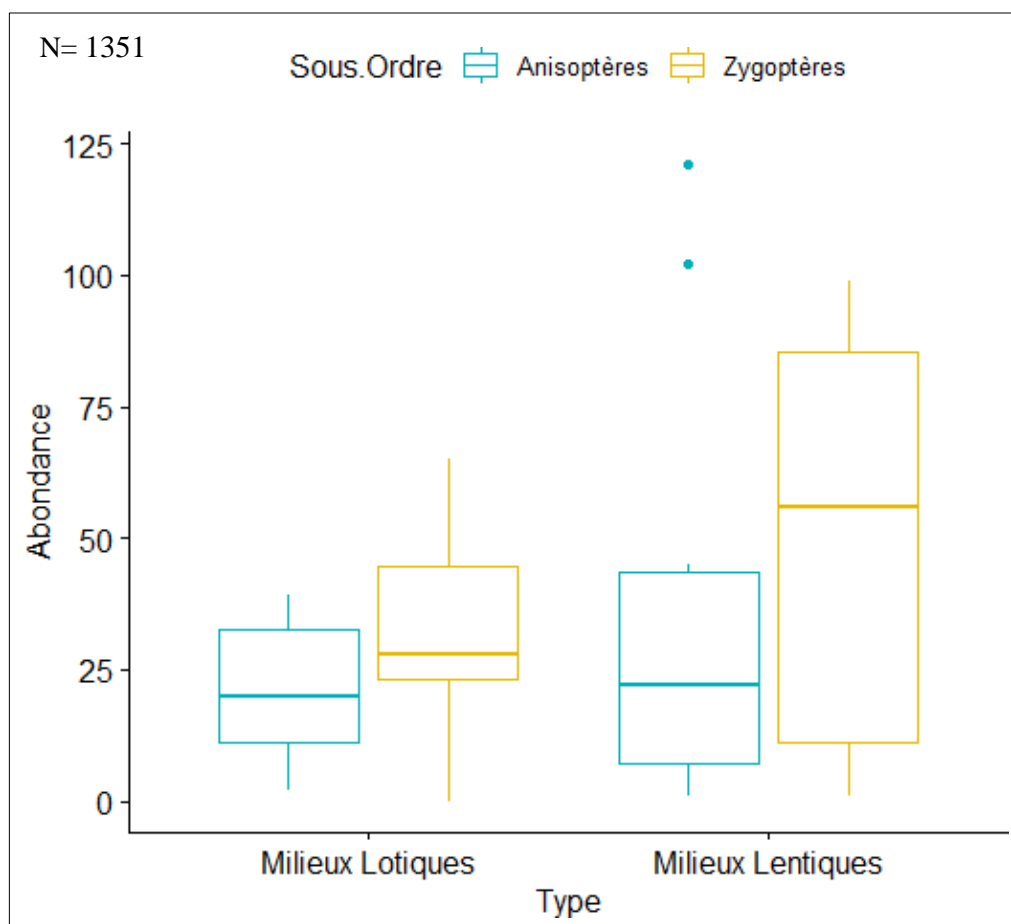


Figure 57. Diagramme d'interaction entre type du milieu et sous-ordre pour une ANOVA à deux voies pour l'abondance.

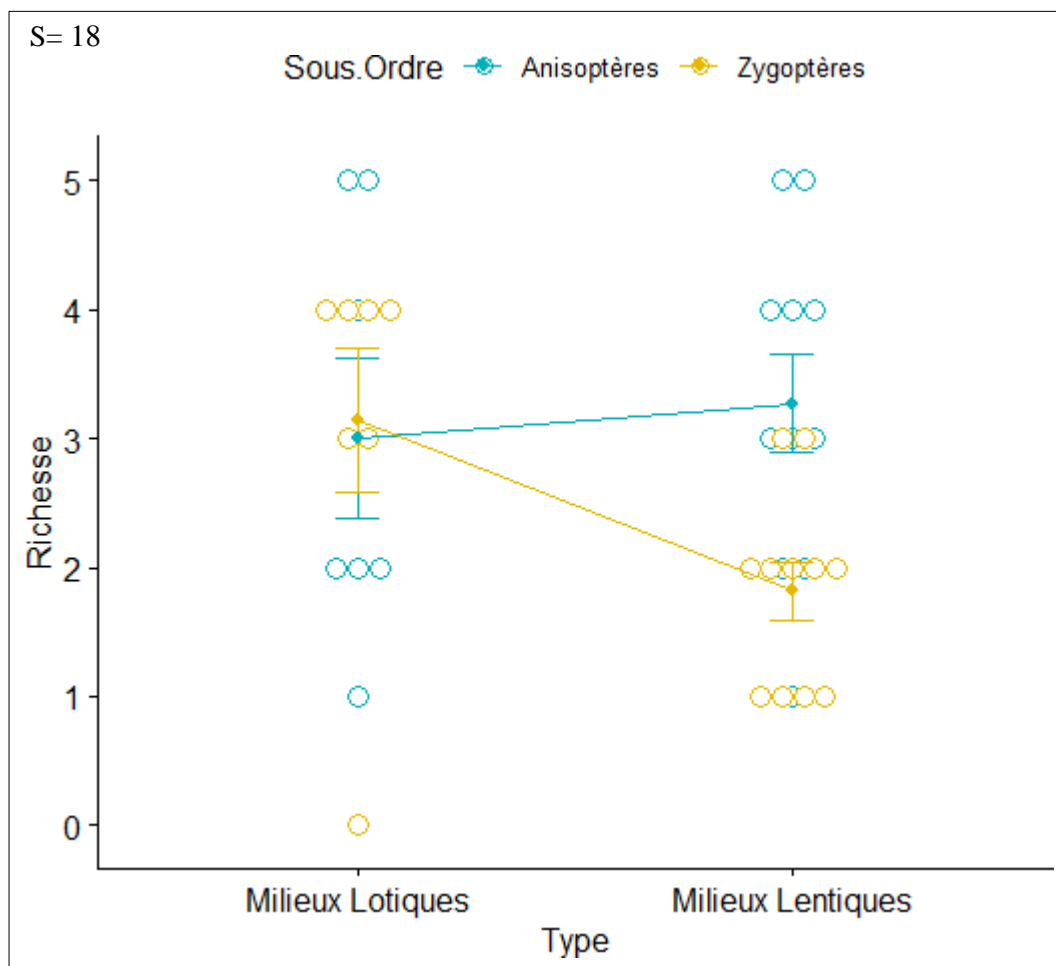


Figure 58. Diagramme d'interaction entre type du milieu et sous-ordre pour une ANOVA à deux voies pour la richesse.

Avec 18 espèces, la richesse en espèces ne présentait pas de différence significative entre les deux milieux, avec 12 espèces enregistrées dans les milieux lotiques et 11 espèces dans les milieux lentiques. Le nombre des espèces partagés entre les deux milieux est de 5 espèces, il s'agit d'*Ischnura graellsii*, *Anax parthenope*, *Orthetrum nitidinerve*, *Sympetrum fonscolombii* et *Sympetrum striolatum*. 7 espèces présentes exclusivement dans les milieux lotiques dont *Calopteryx haemorrhoidalis*, *Chalcolestes viridis*, *Coenagrion mercuriale*, *Coenagrion caerulescens*, *Platycnémis subdilatata*, *Orthetrum chrysostigma* et *Trithemis annulata*. Alors que, *Lestes virens*, *Sympecma fusca*, *Enallagma deserti*, *Erythromma lindenii*, *Anax imperator* et *Crocothemis erythraea* collectés uniquement dans les milieux lentiques (Figure 59).

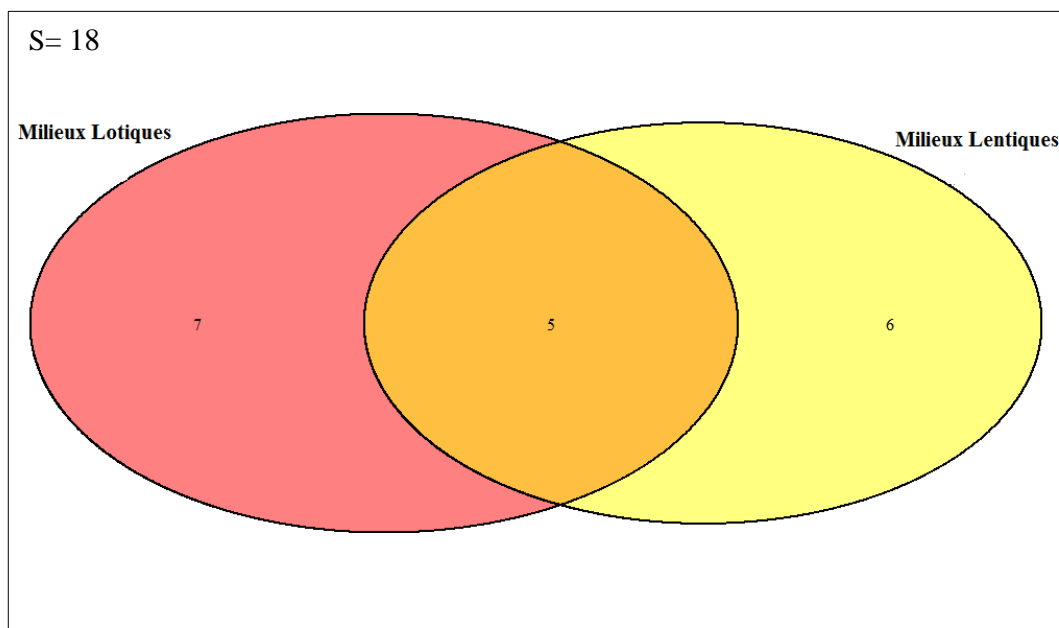


Figure 59. Diagramme de Venn montrant la richesse des Odonate trouvées dans les deux milieux.

La représentation cartographique de la distribution des espèces d'Odonates dans notre zone d'étude indique l'existence de ces derniers dans 18 stations, O.Dah2 représente la station la plus diversifiée avec 9 espèces (**Figure 60**). La présence de deux espèces endémiques du Maghreb, *Platycnemis subdilatata* dans toutes les stations d'Oued Dahmen et la station O.Dhi d'Oued Dhimine, ainsi que la présence d'*Enallagma deserti* dans trois stations appartenant aux milieux lentiques, Tim3, Bar.O1 et Touz2 (**Figure 61**).

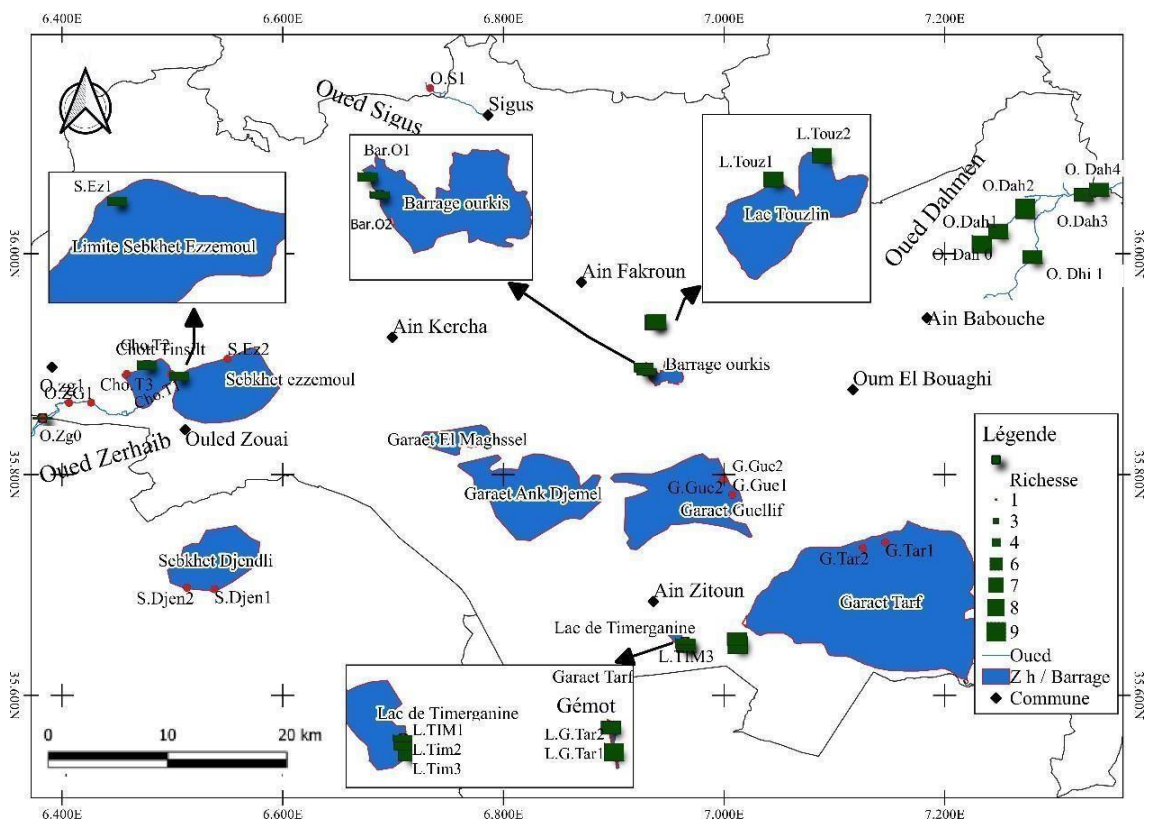


Figure 60. Représentation cartographique de la localisation des espèces d'odonates dans la zone d'étude.

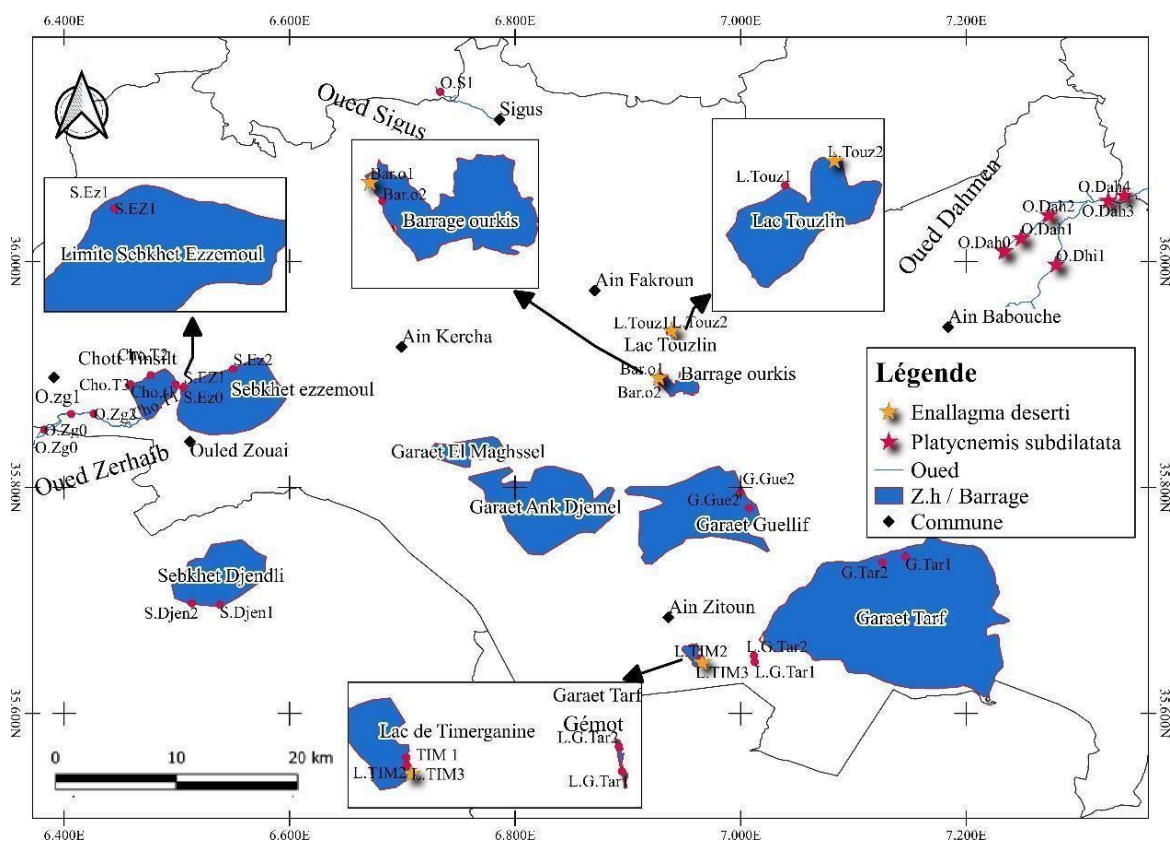


Figure 61. Répartition spatiale de *Platynemis subdilata* et *Enallagma deserti*.



4.4.2. Analyse des Hémiptères

Avec un total de 3146 individus ont été enregistrés dans les deux milieux étudiés (dont 964 larves et 2182 adultes), les adultes appartenant à 18 taxons, 8 familles et deux infraordres. Les Corixidae et les Notonectidae représentent les familles les plus abondantes et les plus riches dans la région. Les résultats du test de Mann-whitney révèlent la présence d'une différence significative pour l'abondance total des Hémiptères entre les milieux lenticques et lotiques en termes d'abondance (test de Mann-whitney, $p = 0.037$). Alors qu'aucune différence significative n'a été détectée pour la richesse entre les deux milieux (test de t, $p = 0.63$) (**Figure 62 et Figure 63**).

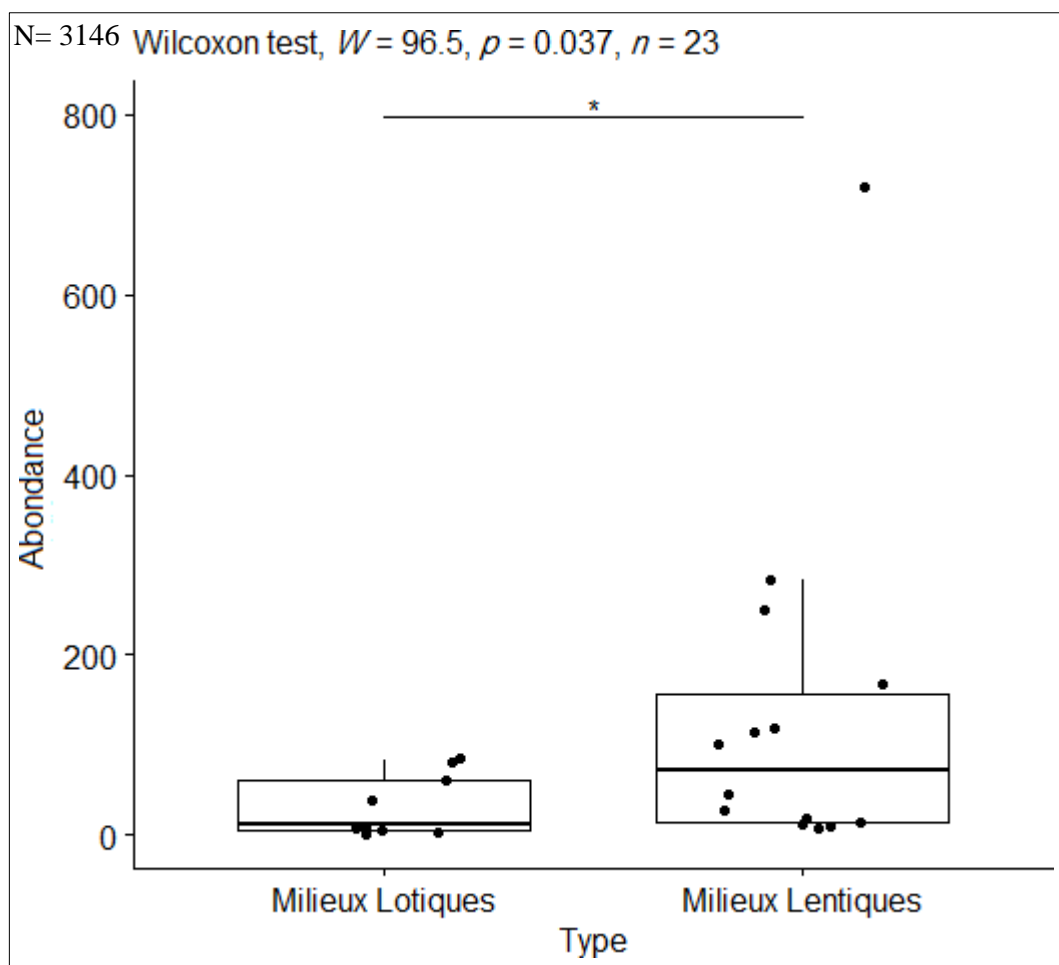


Figure 62. Comparaison de l'abondance des Hémiptères recensées dans les deux milieux.

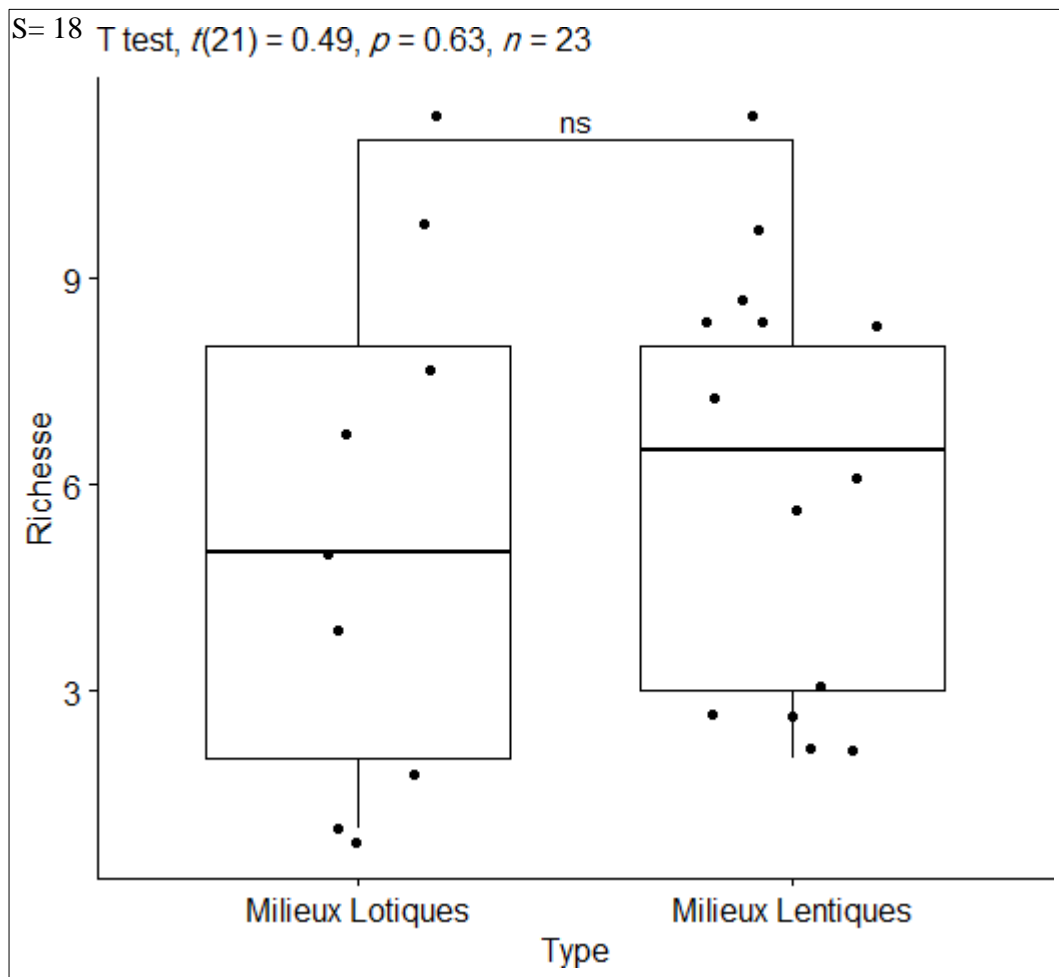


Figure 63. Comparaison de la richesse des Hémiptères recensées dans les deux milieux.

La représentation cartographique de la distribution des Hémiptères adultes indique l'existence de ces derniers dans 23 stations, la station O.Dah1 de l'Oued Dahmen et les deux stations de Lac Touzline (Touz1 et Touz2) représentent les stations les plus diversifiées avec 11 taxons (**Figure 64**). Au cours de notre étude 18 taxons ont été recensés, dont 16 taxons enregistrées dans les milieux lotiques et 14 espèces dans les milieux lentiques. 12 taxons communs dans les deux milieux (**Figure 65**). Quatre espèces présentes exclusivement dans les milieux lotiques, il s'agit, *Notonecta Obliqua*, *Notonecta,sp*, *Aquarius sp* et *Veliidae*. Alors que, *Corixidae sp* et *Nepa Cenerea* ne sont recueillis que dans les milieux lentiques.

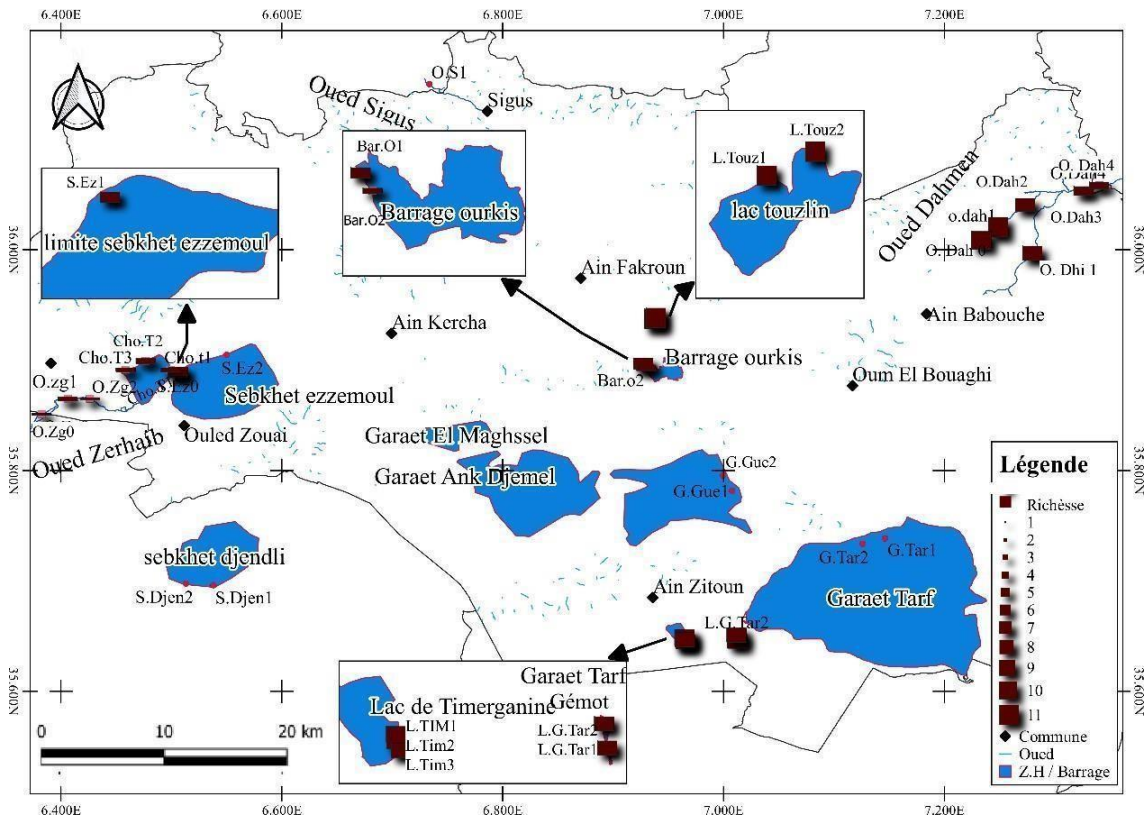


Figure 64. Représentation cartographique de la localisation des Hémiptères adultes dans la zone d'étude.

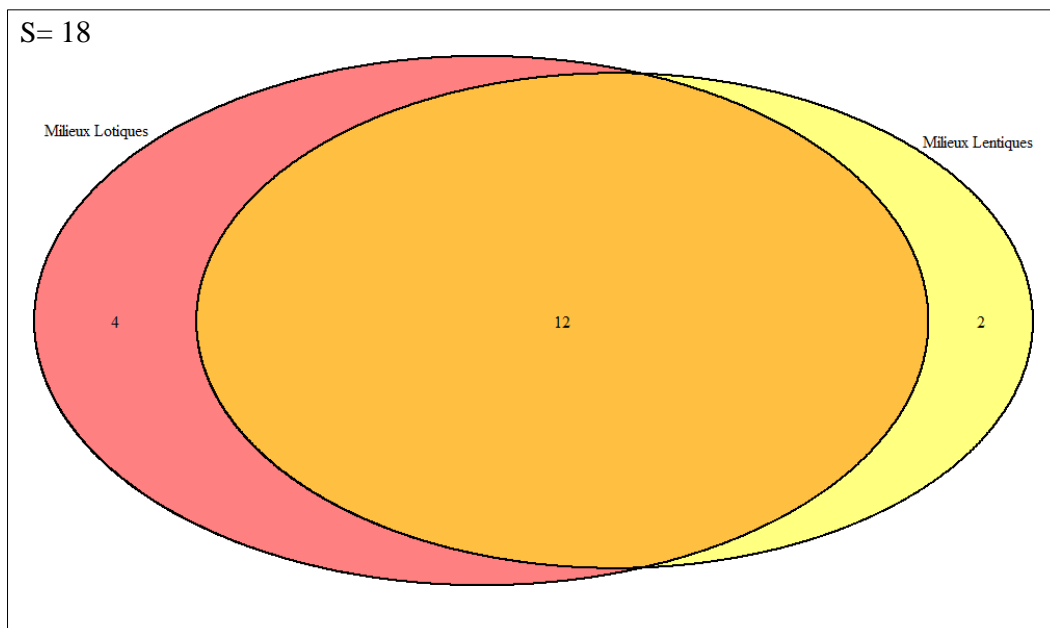


Figure 65. Diagramme de Venn montrant la richesse des Hémiptères trouvées dans les deux milieux.



4. 5. Les Grandes Branchiopes

Six zones humides (Sebkhet Ezzemoul, Chott Tinsilt, Garaet Tarf, Garaet Guellif, Sebkhet Génot et Sebkhet Djendli) permettant de recenser dix espèces de Grandes Branchiopes appartenant à huit familles et trois ordres, les Anostracés représentant l'ordre le plus riche avec sept espèces, les Notostracés représentant deux espèces, tandis que les Conchostracés n'avaient qu'un seul représentant. Les Notostracés et les Conchostracés n'apparaissent que dans Sebkhet Génot. Les deux familles, Branchipodidae et Triopsidae sont les plus riches par deux espèces pour chacune d'entre elles. Alors qu'une seule espèce pour les autres. *Branchinecta media* représente l'espèce la plus répandue dans la région avec trois zones humides (Sebkhet Djendli, Garaet Guellif et Chott Tinsilt) (**Tableau 17**).

Sebkhet Génot abrite sept espèces, dont quatre Anostracés, deux Notostracés et l'espèce de Conchostracés, ce qui indique que cette zone humide est la plus riche dans la région (**Figure 66 et Figure 67**).

Tableau 17. Liste des espèces de Grandes Branchiopes recensés dans la région étudiée.

Ordre	Famille	Espèce	Zone humide
Anostraca	Artemiidae	<i>Artemia salina</i> (Linnaeus 1758)	Garaet Ezzemoul
	Branchinectidae	<i>Branchinecta orientalis</i> (Sars, 1901)	Sebkhet Génot
	Branchipodidae	<i>Tanymastigites perrieri</i> (Daday 1910)	Sebkhet Génot
		<i>Branchipus schaefferi</i> (Fischer von Waldheim 1834)	Sebkhet Génot
	Thamnocephalidae	<i>Phallocryptus spinosus</i> (Milne Edwards 1840)	Garaet Tarf, Garaet Guellif.
	Chirocephalidae	<i>Branchinecta media</i> (Schmankewitsch 1873)	Sebkhet Djendli, Garaet Guellif, Chott Tinsilt
	Streptocephalidae	<i>Streptocephalus torvicornis</i> (Waga, 1842)	Sebkhet Génot
Notostraca	Triopsidae	<i>Triops simplex</i> (Ghigi 1921)	Sebkhet Génot
		<i>Triops granarius</i> (Lucas 1864)	Sebkhet Génot
Spinicaudata	Leptestheriidae	<i>Leptestheria mayeti</i> (Simon 1885)	Sebkhet Génot

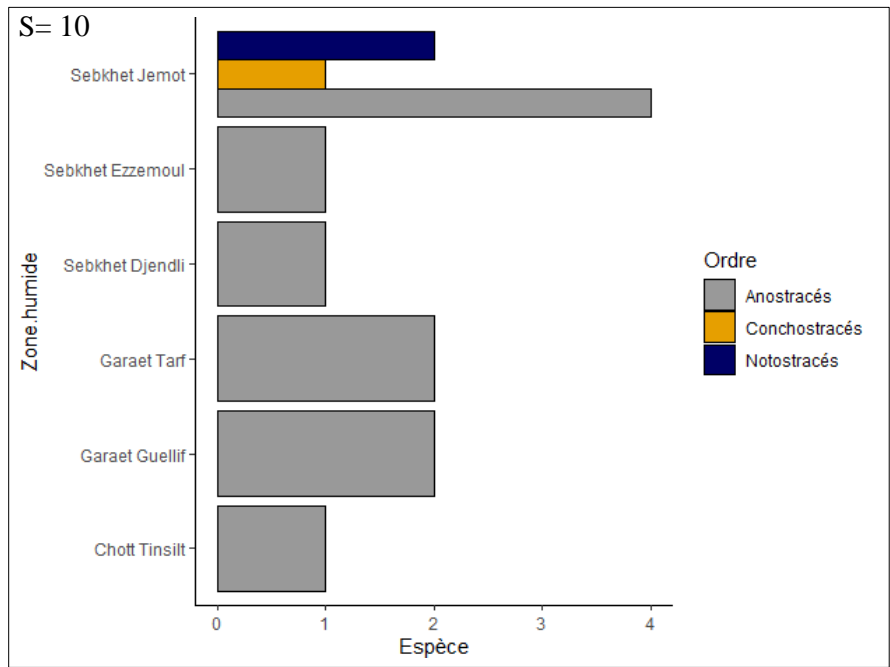


Figure 66. La richesse des Larges Branchiopodes recensés dans les zones humides.

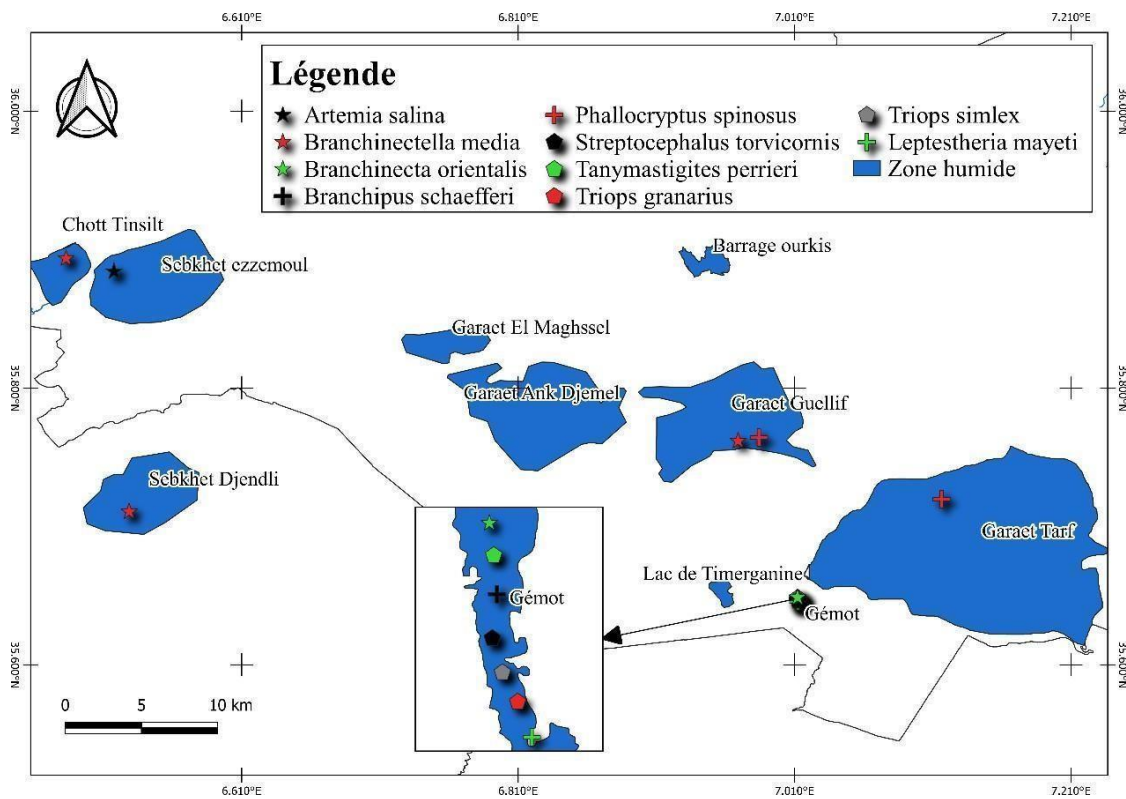


Figure 67. Représentation cartographique de la distribution des Larges Branchiopodes recensés dans la région.



4.6. Activités humaines

De nombreuses activités humaines ont été enregistrées au cours de la période d'étude. La plupart de ces activités ont pris la forme de rejets publics incontrôlés dans l'oued Dahmen, de pâturage dans Chott Tinsilt, Barrage Ourkis, Lac Touzline, Lac de Timerganine et Oued Dahmen, et de pompage d'eau pour l'irrigation ou d'autres activités industrielles dans ces deux derniers. En outre, des eaux usées non traitées sont rejetées directement dans Chott Tinsilt, Sebket Ezzemoul, Gareat Tarf et Oued Sigus sans être traitées.



Figure 68. Exemples de la pression anthropique enregistrée dans la région d'étude.



4.7. Discussion

Face au changement climatique et aux pressions anthropiques qui accélèrent le déclin de la biodiversité au Maghreb, il est devenu nécessaire d'avoir une connaissance approfondie de la communauté aquatiques de la région (Dambri et al., 2022), comme le cas du nord-est Algérien, qui abrite un large éventail des zones humides, dont beaucoup sont d'importance internationale (Samraoui and Samraoui, 2013).

Les hautes plaines d'Oum El Bouaghi abritent une grande diversité des zones humides, dont 8 présentent un statut de site Ramsar. La région comprend des sites importants à attirer l'attention de nombreuses recherches, la plupart d'entre elles portant sur les oiseaux aquatiques (Samraoui and Samraoui, 2013, Seddik et al., 2012, Samraoui Chenafi, 2005, Boukhssaim et al., 2009, Menouar et al., 2009), en revanche peu de recherches sur la communauté des macroinvertébrés (Khawla et al., 2018, Amarouyache et al., 2010, Samraoui et al., 2006).

Au cours de notre enquête inféodée sur les habitats lotiques et lenticques de la région au cours d'une année (la période allant d'aout 2019 à juillet 2020), nous avons enregistré 21149 individus appartenant à trois embranchements et six classes. Les Crustacées représentent la classe la plus abondante, cette abondance est due aux Daphnidae qui représentent 51.72%.

Les Insectes occupent la deuxième position par 47.36 %. Parmi cette classe, les Hémiptères et les Diptères étaient les plus abondants, cela correspond aux résultats de Rouibi (2022) de la Numidie Orientale. En termes de la richesse, les Insectes représente la classe le plus diversifié, comme indiqué dans les mares temporaire de la région d'Oum El Bouaghi (Khawla et al., 2018) et les oueds de l'ouest du massif de l'Aurès (Dambri, 2021). Nous remarquons l'absence des Plécoptères qui représente l'un des groupes essentiels des macroinvertébrés dans les cours d'eau, même remarque signalée dans le l'ouest du massif de l'Aurès (Dambri, 2021).

Les Chironomidae sont les plus fréquentes, le fait que cette famille soit présente dans la plupart des stations échantillonnée (68 %), cette fréquence indique que ce taxon est tolérant aux perturbations et réside dans les environnements touchés, comme indiqué de nombreuses études antérieurs (Karr and Rossano, 2001, Vimos-Lojano et al., 2020). La



famille est riche en espèces, constituant entre 10 % et 15 % de la biomasse des macroinvertébrés aquatiques (Odum and Muller, 2011). Les Corixidae occupent la deuxième position avec 21 stations, suivies par les Baetidae (18 stations) où la famille est généralement considérée comme largement répandue et ubiquiste, elle est donc insuffisamment utile pour les études écologiques ou la bioévaluation (Gattolliat et al., 2023).

Malgré des progrès récents, la connaissance des Insectes en Algérie reste incomplète par rapport aux pays maghrébins voisins et tend à être sporadique, tels que, Hémiptères (Annani et al., 2012), Trichoptères (Khettar et al., 2022, Dambri et al., 2020, Bemoussat-Dekkak et al., 2021), Ephéméroptères et Plécoptères (Samraoui et al., 2020). D'une manière générale, les insectes ont rarement fait l'objet d'efforts de conservation remarquable en Algérie (Annani et al., 2012).

Les Gastéropodes représentent 2.02 % de l'abondance totale, alors que, les Hydracariens, les Bivalves et les Clitellata sont les moins abondants, avec un pourcentage inférieur à 0.5 %.

À la lumière des résultats de notre inventaire des macroinvertébrés, cette étude montre que les zones humides de la région abritent une diversité très importante des invertébrés aquatiques.

Conditions d'habitat

Les réponses des communautés de macroinvertébrés aux variations des conditions hydrologiques peuvent aller d'une augmentation à une diminution à la fois de l'abondance et de la diversité (Laini et al., 2019). La structure physique de l'habitat et la qualité de l'eau ont récemment fait l'objet d'une attention particulière en tant qu'élément important de la qualité de l'environnement et comme facteurs structurant les assemblages de la faune aquatiques (Karr and Dudley, 1981).

Les variables abiotiques et biotiques mesurées présentent des variations entre les sites d'échantillonnage. Les valeurs de la vitesse de l'eau variant entre les stations avec une moyenne comprise entre (0.05 m/s \pm 0.04) et (0,47 m/s \pm 0.22), selon Hussain., (2012) les espèces différentes ont des préférences différentes en termes de la vitesse du courant. Elle considéré comme cruciale pour la distribution de la plupart groupes des macroinvertébrés (Díaz et al., 2008). Au cours de notre enquête la valeur d'abondance la plus importante des



trois ordres détaillés est celle enregistré à Oued Dahmen (O.Dah2) qui correspond à la station ou la vitesse est relativement faible. *Hydropsyche resmineda* représente l'espèce dominante dans la station O.Dh4, laquelle ou la vitesse est plus importante, selon (Ikomi et al. (2005), Charpentier and Morin (1994), le genre *Hydropsyche* peut être capable de résister à une vitesse élevée.

Les valeurs de la largeur fluctue entre (29,83 m \pm 2,83) et (1m \pm 0.34). Les valeurs de la profondeur fluctuée entre (14,5 cm \pm 3.27) et (31,4 cm \pm 8.65) dans les milieux lotiques et entre (12,33 \pm 3.21) et (34,55 cm \pm 5.65) dans les milieux lentiques. La profondeur de l'eau influence la structure des communautés des macroinvertébrés des zones humides et détermine la présence ou l'absence des taxons (Mereta et al., 2012).

La couverture végétale joué un rôle de filtre important qui protège les rivières des régions perturbées voisines. De plus, la dynamique de la qualité et de la quantité de nourriture accessible à certains invertébrés est influencée par la végétation (Fraaije et al., 2019). Pour les sites de la présente étude, l'abondance le plus importante dans les milieux lotiques est celle enregistré à O.Dah2 avec une végétation hydrophyte relativement dense. Alors que S.Z1 dans les milieux lentiques, une station représente une couverture relativement moyenne.

La communauté des Odonates

Au niveau mondial, approximativement 6000 espèces d'Odonates sont connues (Suhling et al., 2015). 165 espèces enregistrés dans méditerranéenne (Packer et al., 2009), dont 64 espèces dans l'Algérie (Samraoui and Menaï, 1999, Taleb et al., 2022). La récolte des odonates de la région d'Oum El Bouaghi pendant une année nous a permis d'enregistrer 1351 individus (dont 1192 larves et 159 adultes) appartenant à 18 espèces, dont dix espèces Zygoptères et huit espèces Anisoptères, ce qui représente 29 % des espèces connus en Algérie. La richesse spécifique est relativement modeste parraport au travaux récemment publié en Algérie, 37 espèces enregistrées à Bejaïa au Nord-est (Chelli and Moulaï, 2019, Chelli et al., 2020), 29 espèces et 23 espèces respectivement à Sidi Bel Abbes (El Bouhissi et al., 2022) et à Tiaret (Senouci and Bounaceur, 2021) au Nord-ouest. Toutefois, elle semble relativement élevée par rapport à d'autres régions voisines, avec huit espèces enregistrées à Collo, contre quatre et trois dans la région de Khenchela et celle des Aurès respectivement (Satour et al., 2024).



Nos résultats indiquent l'existence des odonates dans 18 stations, les anisoptères sont les plus diversifiés dans la plupart des stations par rapport aux Zygoptères (à l'exception des stations, O.Dhi1, O.Dah3, O.Dah4 et Bar.O2). Un résultat compatible avec les données trouvées ailleurs dans le nord-est de l'Algérie (Chelli and Moulai, 2019), cela peut être dû à la diminution de la richesse en espèces et l'abondance des Zygoptères par rapport à celles des anisoptères avec l'augmentation des perturbations environnementales, ainsi qu'à la plus forte capacité de dispersion des Anisoptères (Šigutová et al., 2023).

Les milieux lenticques présentent la plus grande richesse en espèces d'Anisoptères par rapport aux Zygoptères, alors qu'on note le contraire dans les milieux lotiques qui présentaient une richesse en espèces des Zygoptères relativement supérieure à celle d'Anisoptères. C'est le cas des systèmes lotiques et lenticques étudiés dans la zone de conservation d'Ankasa au Ghana (Seidu et al., 2019).

Les Libellulidae et Coenagrionidae sont les plus diversifiés, avec 6 et 5 espèces respectivement. Les deux familles constituent les plus grandes familles d'odonates, car la majorité de leurs espèces sont voyantes et beaucoup d'entre elles préfèrent les habitats ouverts (Suhling et al., 2015).

Les Odonates d'Algérie sont indirectement menacés par la perte ou la modification de leur habitat, ceci est dû à la pression anthropique qui a modifié les caractéristiques de l'eau et provoque des fluctuations spatiotemporelles des paramètres environnementaux de l'habitat et des indicateurs physicochimiques de la qualité de l'eau (Benchalel et al., 2020).

Plusieurs conditions physiques de l'habitat, tels que, l'altitude, la largeur du lit et la végétation riveraine sont connues pour orienter la distribution et l'abondance des Odonates (Hafiane et al., 2016). Les Odonates sont bien représentés dans les stations ayant un recouvrement végétal moyen à dense, ce qui est considéré comme l'un des facteurs importants dans les deux stades, larvaire et adultes (Perron et al., 2021).

Parmi les 18 espèces, deux espèces endémiques du Maghreb (Packer et al., 2009), la cartographie montre que *Platynemis subdilatata* présente dans six stations appartenant aux milieux lotiques et *Enallagma deserti* capturé dans trois stations des milieux lenticques. Parmi les cinq espèces de *Lestes* recensées en Algérie (Samraoui B, 2009), trois ont été collectées pendant notre période d'étude (*Lestes virens*, *Chalcolestes viridis* et *Sympecma fusca*). La



présence de *Coenagrion mercuriale* qui est considérée régionalement menacés (Bouhala et al., 2019) dans quatre stations avec des faibles abondances.

Seidu et al. (2019) Explique la présence de la famille Calopterygidae exclusivement dans les milieux lotiques par leur forte affinité à la couverture canopée et plan d'eau à débit rapide, cela le cas de *Calopteryx haemorrhoidalis* qui présente uniquement dans la station O.Dah4 de la vitesse élevée (0,47 m/s \pm 0.22) avec une couverture végétale moyenne.

Quatre espèces, *Ischnura graellsii*, *Anax parthenope*, *Orthetrum nitidinerve* et *Sympetrum fonscolombii* sont les plus abondantes et largement répandus dans la région. Alors que, les deux Zygoptères, *Ischnura graellsii* et l'endémique maghrébin *Platycnemis subdilata* dans l'Oued Cherf qui prend sa naissance l'est des Hautes Plateaux (Bouhala et al., 2019).

Lestes virens, *Erythromma lindenii*, *Anax imperator*, *Orthetrum chrysostigma* et *Calopteryx haemorrhoidalis* sont peu abondantes et leurs fréquences sont très limitée (une seule station pour chacun).

Les Hémiptères aquatiques

Contrairement à d'autres catégories de la faune aquatiques, les communautés d'hémiptères ne font pas l'objet d'autant recherches, alors que ces insectes sont considérés comme élément essentiel des écosystèmes aquatiques (Slimani et al., 2022). En Algérie, au cours de trois dernières décennies, peu d'étude portant les hémiptères telles que (Tebibel, 1992, Annani et al., 2012, Benslimane et al., 2019) fournissant des données très nécessaire sur la diversité, la distribution, la phénologie, le statut et les perturbations anthropiques qui provoquant un déclin considérable de la richesse de ce groupe d'insectes aquatiques.

L'analyse des Hémiptères aquatiques qui présentent le nombre d'insectes le plus abondant avec un total de 3146 individus (soit 32 %) pendant la période allant d'aout 2019 jusqu'à juillet 2020, a permis d'enregistrer 18 taxons appartenant à 8 familles et deux infraordres. Une faible proportion (22.5 %) des espèces Algérienne est présente dans la région (Annani et al., 2012).

Du fait que les Hémiptères aquatiques sont considérés comme des organismes ubiquistes, ayant une grande capacité de dispersion et une grande variété d'habitat occupés, ils sont rarement utilisés comme bioindicateur de qualité (Taybi et al., 2021), même résultats



dans notre région d'étude, où ces organismes présentes dans la plupart des sites (23 stations, soit 74 %).

Plusieurs facteurs de perturbation anthropiques qui affectent la diversité des Hémiptères aquatiques ont été identifiés dans le nord-est de l'Algérie, tels que le réchauffement climatique, l'empiètement humain, le ruissèlement agricole, ainsi que les poissons invasifs (Benslimane et al., 2019)

Parmi les taxons, la présence de *Notonecta maculata*, cette espèce qui n'est présent que dans les hautes plaines (Annani et al., 2012) dans huit stations avec des abondances faibles à importante (de 4 à 56 individus).

Les Trichoptères

Les Trichoptères d'Algérie sont encore mal connues à ce jour, les informations disponibles sont sporadiques et ne concernent que certaines régions (Khattar et al., 2022, Samraoui et al., 2020, Dambri et al., 2020). Un total de 120 individus a été dénombré dans le cadre de cette étude, appartenant à trois espèces dans trois familles. *Hydropsyche resmineda* était l'espèce la plus dominante dans la région (82%). La présence de *Mesophylax aspersus* (17%), cette espèce antérieurement recensée par Samraoui et al. (2020) dans le Haute Seybouse et par Dambri et al. (2020) dans la région des Aurès. La région présente une faible diversité par rapport aux régions de Khenchela, Batna et Collo, avec des espèces généralement adaptées à un climat semi-aride (Boucenna et al., 2023).

Les Grandes Branchiopodes

Le complexe des zones humides des hautes plaines de l'est a attiré l'attention de nombreux chercheurs, cependant la difficulté d'accès et la sécheresse rendent difficile l'échantillonnage dans cette région (Samraoui et al., 2006).

Dix espèces de Grandes Branchiopodes appartenant à huit familles et trois ordres ont été enregistrées dans les six zones humides (Sebkhat) étudiées, sept Anostracés, deux Notostracés et les Conchostracés qui n'avaient qu'un seul représentant. Cette diversité indique que la région abrite une richesse en espèces légèrement élevée en comparaison avec le Sahara (Chergui et al., 2023). Le plus remarquable, la présence de *Branchinecta orientalis* qui a été signalé pour la première fois dans Sebkhet Gémot par (Ouahioune Rais, 2019) et



plus tard dans la même site (Beladjal and Amarouayache, 2023). Puis la confirmation de sa présence exclusivement dans les hautes plaines (Chergui et al., 2023).

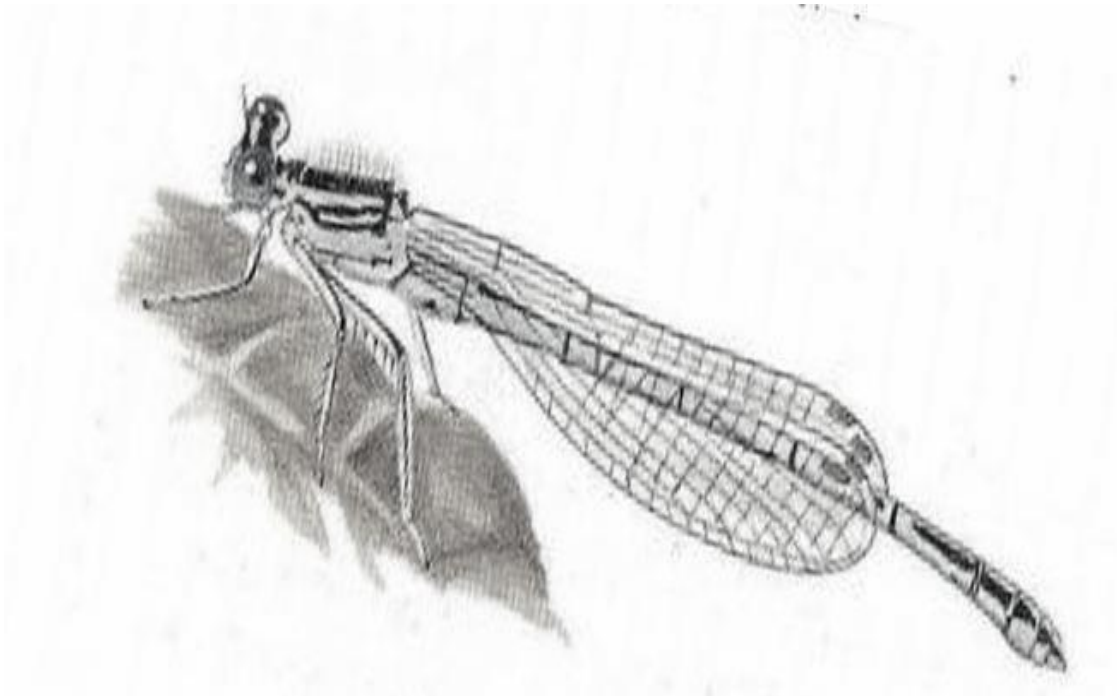
La pression anthropique

En plus des effets du changement climatique, qui se sont intensifiés au cours des dernières décennies dans la plupart des régions de la planète (Londe et al., 2022), et de la sécheresse, qui est considérée comme l'un des principaux problèmes pour la future des zones humides méditerranéennes (Taylor et al., 2021), toutes les activités anthropiques soumettent de plus en plus les écosystèmes aquatiques dans le monde entier à divers pressions ce qui menace gravement la biodiversité (Dalu et al., 2022, Zhang et al., 2010).

Les dernières décennies ont vu une augmentation importante de la population en Algérie, ainsi que dans le reste du Maghreb, mais l'occupation anarchique de l'espace par les activités industrielle et agricole avait des effets négatifs sur les zones humides qu'il abrite (Hafiane et al., 2016).

Pendant notre investigation, les eaux usées et les ordures ménagères constituent la principale source de pollution, déversant sans contrôle et sans épuration. En outre, le pâturage, le pompage de l'eau pour l'irrigation et d'autres activités industrielles. Toutes ces perturbations affectent d'une manière directe ou indirecte sur l'abondance et la distribution de la communauté locale des macroinvertébrés (Hafiane, 2016).

Conclusion



Au terme de ce travail consacré à l'étude des macroinvertébrés de la région d'Oum El Bouaghi, durant la période allant d'août 2019 à juillet 2020, mené sur 31 stations appartenant à 13 zones humides, nous avons enregistré un peuplement faunistique composé de 21149 individus répartis en trois embranchements et six classes.

Les Crustacées représentent la classe la plus abondante soit 50.24 % du nombre total des invertébrés, les Insectes occupent la deuxième position par 47.36 %, suivi par les Gastéropodes (2.02 %). Alors que les Hydracariens, les Bivalves et les Clitellata sont les moins représentés dans la région avec un pourcentage inférieure à 0.5 %.

En termes de richesse, les Insectes représentent la classe le plus diversifié avec 40 familles. Les Coléoptères, les Diptères et le Hémiptères constituant les ordres les plus riches avec respectivement 10 familles, 9 familles et 8 familles.

Cette étude nous a permis de recenser 1351 individus d'Odonates (dont 1192 larves et 159 adultes) appartenant à 6 familles et 18 espèces, dont dix espèces appartenant à quatre familles des Zygoptères et huit espèces appartenant à deux familles des Anisoptères. Il convient de mentionner que deux espèces endémiques du Maghreb, *Platycnemis subdilatata* et *Enallagma deserti* avec *Coenagrion mercuriale* qui est considérée régionalement comme menacés ont été collectés dans la région.

Un total de 3146 individus des Hémiptères aquatiques (dont 964 larves et 2182 adultes) appartenant à 18 taxons, 8 familles et deux infraordres. 14 taxons appartenant à cinq familles des Nepomorphes et quatre taxons appartenant à trois familles des Gerrromorphes.

Seulement trois espèces des Trichoptères appartenant à trois familles, représentent avec un effectif total de 120 individus.

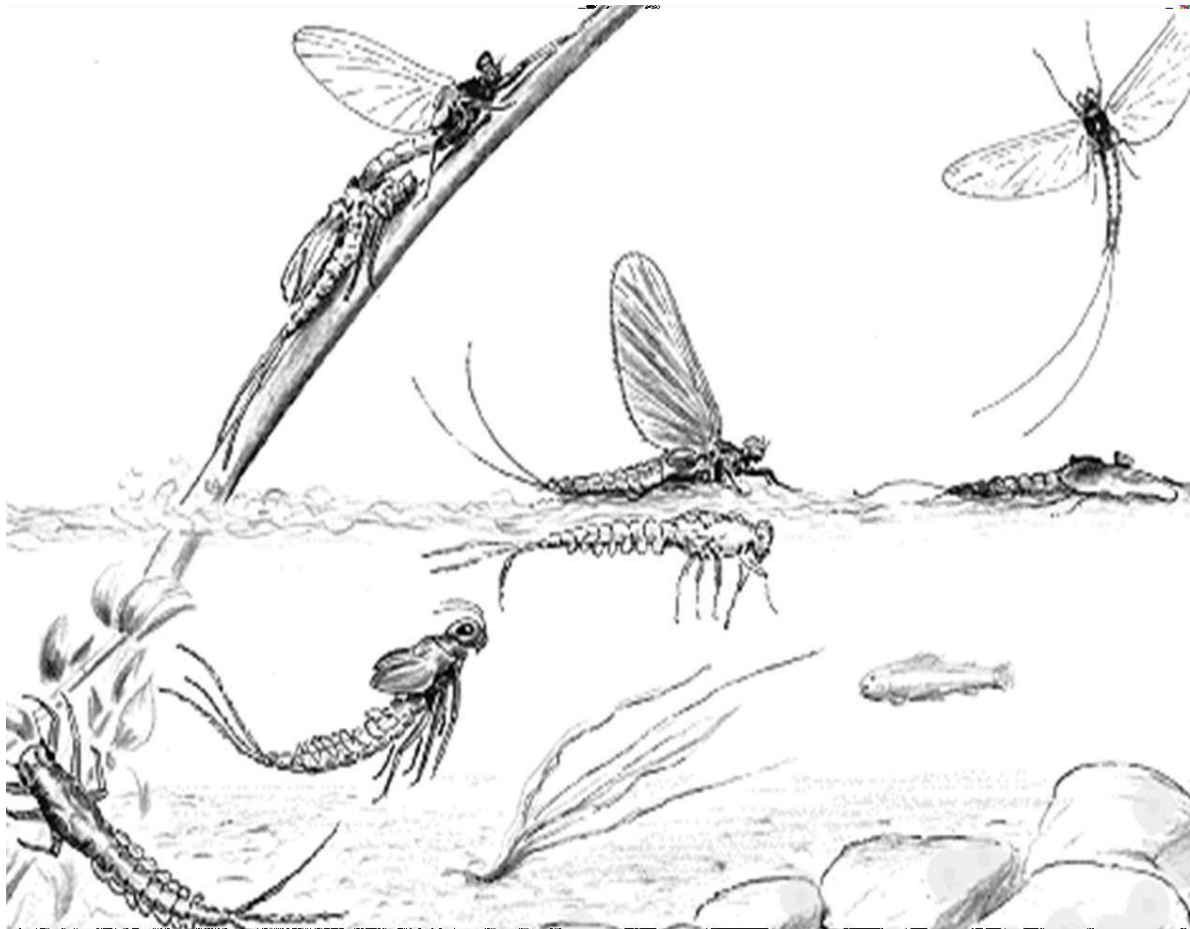
Au total de 10 espèces de Larges Branchiopodes ont été identifiés dans les six zones humides salées prospectés, dont sept Anostracés, deux Notostracés et une seule espèce de Conchostracés. Notre enquête confirme la présence de *Branchinecta orientalis* uniquement dans Sebket Gémot (Chergui et al., 2023, Ouahioune Rais, 2019, Beladjal and Amarouyache, 2023). En raison de leur importance pour la reproduction des oiseaux d'eau, ainsi que des sites essentiels d'escales et d'hivernage pour les oiseaux migrateurs (Saheb et al., 2006). Il est urgent de protéger ces zones et plus particulièrement ceux menacés par les activités agricole et la pollution (Samraoui et al., 2006).

Au cours d'une seule année d'échantillonnage, nous avons montré que la région d'étude abrite une faune diversifiée de macroinvertébrés. Cette liste pourrait être augmentée à l'avenir car notre étude est loin d'être complète. En Algérie, il y a encore beaucoup à apprendre de l'exploitation des territoires inexplorés qui, malgré les efforts antérieurs, ne sont encore qu'incomplètement étudiés (Samraoui et al., 2006).

Malgré le déclin alarmant au cours des derniers siècles des zones humides méditerranéennes, il n'existe pas d'évaluation standardisées et systématiques de ces zones à grande échelle (Leberger et al., 2020). L'importance des zones humides pour la biodiversité doit être reconnue, ainsi que la protection des zones humides relativement petites, tel que le lac Touzline qui pourrait jouer un rôle majeur dans la protection de l'intégrité du paysage et la biodiversité régionale dans ces zones.

En raison de l'assèchement de presque tous les sites au cours de notre période d'étude, nous n'avons pas pu suivre l'évolution de la composition et de l'abondance des macroinvertébrés dans la région. La sécheresse et la difficulté d'accès rendant difficile de nombreuses tentatives d'échantillonnage dans cette région, principalement dans les zones humides salées (Samraoui et al., 2006). Il est possible de réduire le risque de dessèchement des zones humides en adoptant des mesures de gestion et des politiques efficaces pour lutter contre les effets négatifs du changement climatique et la demande en eau pour l'agriculture (Leberger et al., 2020).

Références Bibliographiques



A

- Aberkane, M. 2014. *Ecologie de la Sarcelle marbrée Marmaronetta angustirostris dans les zones humides de l'Est algérien*. Université Badji Mokhtar.
- Ait Mouloud, S. 1987. *Essais de recherches sur la dérive des macro-invertébrés dans l'oued Aïssi*. Alger.
- Alvarez-Cabria, M., Barquín, J. et Juanes, J. A. 2011. Microdistribution patterns of macroinvertebrate communities upstream and downstream of organic effluents. *Water Research*, 45, 1501-1511.
- Amarouayache, M., Derbal, F. et Kara, M. H. 2010. Caractéristiques écologiques et biologiques d'*Artemia salina* (Crustacé, Anostracé) de la sebkha Ez-Zemoul, Algérie Nord-est. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 65, 129-138.
- Ambelu, A., Mekonen, S., Malu, A. et Karunamoorthi, K. 2013. Physicochemical and biological characteristics of Two Ethiopian wetlands. *Wetlands*, 33, 691-698.
- Annani, F., Alfarhan, A. H. et Samraoui, B. 2012. Aquatic Hemiptera of northeastern Algeria: distribution, phenology and conservation. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 67, 423-435.
- Aris, Y. 1994. *Études tectonique et microtectonique des séries jurassiques à plio-quaternaires du constantinois central (Algérie Nord-Orientale): caractérisation des différentes phases de déformation*. Nancy 1.

B

- Baaziz, N. et Samraoui, B. 2008. The status and diurnal behaviour of wintering common coot *Fulica atra* L. in the Hauts Plateaux, Northeast Algeria. *European Journal of Scientific Research*, 23, 495-512.
- Bagnouls, F. et Gaussen, H. 1957. Les climats biologiques et leur classification. *Annales de géographie*. JSTOR, 193-220.
- Balderas, E. C. S., Grac, C., Berti-Equille, L. et Hernandez, M. A. A. 2016. Potential application of macroinvertebrates indices in bioassessment of Mexican streams. *Ecological Indicators*, 61, 558-567.
- Bao, L., Martínez, S., Cadenazzi, M., Urrutia, M., Seijas, L. et Castiglioni, E. 2021. Aquatic macroinvertebrates in Uruguayan rice agroecosystem. *Biodiversity Data Journal*, 9.
- Batzer, D. P. et Wissinger, S. A. 1996. Ecology of insect communities in nontidal wetlands. *Annual review of entomology*, 41, 75.
- Baxter, C. V., Fausch, K. D. et Carl Saunders, W. 2005. Tangled webs: reciprocal flows of invertebrate prey link streams and riparian zones. *Freshwater biology*, 50, 201-220.

- Beauchard, O., Gagneur, J. et Brosse, S. 2003. Macroinvertebrate richness patterns in North African streams. *Journal of Biogeography*, 30, 1821-1833.
- Bekhouche, N., Marniche, F. et Ouldjaoui, A. 2017. Contribution to the study of the biodiversity of benthic invertebrates and the biological quality of some rivers in the watershed boumerzoug (east of Algeria). *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 9, 234-260.
- Benzina, I. et Si Bachir, A. 2019. Biodiversité des macroinvertébrés benthiques et évaluation multiparamétrique de la qualité des cours d'eau dans la réserve de biosphère du Belezma.
- Beladjal, L. et Amarouayache, M. 2023. On the occurrence of *Branchinecta orientalis* Sars, 1901 (Crustacea, Anostraca) in Algeria, with some ecological notes. *Zootaxa*, 5263, 79-92.
- Bemoussat-Dekkak, S., Abdellaoui-Hassaine, K., Sartori, M. et Zamora-Munoz, C. 2021a. Contribution to knowledge of the Trichoptera of northwestern Algeria: New species records for the Algerian fauna and taxonomic remarks for the Maghreb fauna. *Zootaxa*, 5068, 186-210.
- Bemoussat-Dekkak, S., Abdellaoui-Hassaine, K. et Zamora-Munoz, C. 2021b. Checklist and key for identification of larvae of Hydropsyche species (Hydropsychidae, Trichoptera) of the Maghreb. *Zootaxa*, 5052, 83-98.
- Benazzouz, M. T. 1986. *Recherches géomorphologiques dans les hautes plaines de l'est algérien: la Sebket tarf (Algérie)*. Paris 1.
- Benchalel, W., Beddiar, M., Boucetta, S. et Bouslama, Z. 2020. Bioecology of *calopteryx haemorrhoidalis* (Zygoptera, odonata) in response to environmental factors in the brabtia sector streams, el-kala, algeria: Implications for ecohydrological biomonitoring. *Studia Universitatis" Vasile Goldis" Arad. Seria Stiintele Vietii (Life Sciences Series)*, 30, 21-32.
- Benslimane, N., Chakri, K., Haiahem, D., Guelmami, A., Samraoui, F. et Samraoui, B. 2019. Anthropogenic stressors are driving a steep decline of hemipteran diversity in dune ponds in north-eastern Algeria. *Journal of insect conservation*, 23, 475-488.
- Benzécri, F. 1985. Introduction à la classification ascendante hiérarchique d'après un exemple de données économiques. *Cahiers de l'Analyse des Données*, 10, 279-302.

- Bonacina, L., Fasano, F., Mezzanotte, V. et Fornaroli, R. 2023. Effects of water temperature on freshwater macroinvertebrates: a systematic review. *Biological Reviews*, 98, 191-221.
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V. H. et Statzner, B. 2006. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annu. Rev. Entomol.*, 51, 495-523.
- Boucenna, H., Satour, A., Hezil, W., Taferghoust, M., Samraoui, F. et Samraoui, B. 2023. Diversity, distribution, and conservation of the Trichoptera and their habitats in north-eastern Algeria. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 33, 502-516.
- Bouchelouche, D., Kherbouche-Abrous, O., Mebarki, M., Arab, A. et Samraoui, B. 2015. The Odonata of Wadi Isser (Kabylia, Algeria): Status and environmental determinants of their distribution. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 70, 248-260.
- Bouhala, Z. 2019. Contribution à l'étude des macroinvertébrés de Oued Cheref. Thèse de Doctorat.
- Bouhala, Z., Khemissa, C., Márquez-Rodríguez, J., Ferreras-Romero, M., Samraoui, F. et Samraoui, B. 2019. Ecological correlates of odonate assemblages of a Mediterranean stream, Wadi Cherf, northeastern Algeria: Implications for conservation. *International Journal of Odonatology*, 22, 181-197.
- Boukrouma, N. 2007. Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel: cas de la retenue collinaire de Ain Fakroune (W. d'Oum El-Bouaghi).
- Boukrouma, N., Maazi, M.-C., Saheb, M., Metallaoui, S. et Houhamdi, M. 2011. Hivernage du Canard Pilet *Anas acuta* sur les hauts plateaux de l'Est de l'Algérie. *Alauda*, 79, 285-293.
- Bouldjedri, M., De Bélair, G., Mayache, B. et Muller, S. D. 2011. Menaces et conservation des zones humides d'Afrique du Nord: le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (NE algérien). *Comptes rendus biologiques*, 334, 757-772.
- Boukhssaim, M., Ouldjaoui, A., Baaziz, N., Zebba, R., Sekrane, N., Ayaichia, F., Bourriach, M., Friha, R., Habes, A. et Samraoui, B. 2009. Mass reproduction of the Greater Flamingo at Ezzemoul, Algeria in 2009 the need to reassess the role of North African wetlands. *Flamingo*, 17, 48-53.

Buttle, J. M., Boon, S., Peters, D., Spence, C., Van Meerveld, H. et Whitfield, P. 2012. An overview of temporary stream hydrology in Canada. *Canadian Water Resources Journal/Revue canadienne des ressources hydriques*, 37, 279-310.

C

Callisto, M., Moreno, P. et Barbosa, F. 2001. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 61, 259-266.

Cannings, R. A. 2019. Odonata of Canada. *ZooKeys*, 227.

Chaib, N., Fouzari, A., Bouhala, Z., Samraoui, B. et Rossaro, B. 2013. Chironomid (Diptera, Chironomidae) species assemblages in northeastern Algerian hydrosystems. *Journal of Entomological and Acarological Research*, 45, e2-e2.

Charpentier, B. et Morin, A. 1994. Effect of current velocity on ingestion rates of black fly larvae. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51, 1615-1619.

Charvet, S., Statzner, B., Usseglio-Polatera, P. et Dumont, B. 2000. Traits of benthic macroinvertebrates in semi-natural French streams: an initial application to biomonitoring in Europe. *Freshwater Biology*, 43, 277-296.

Chelli, A. et Moulai, R. 2019. Ecological characterization of the odonatofauna in lotic and lentic waters of northeast Algeria. *Annales de la Société entomologique de France (NS)*. Taylor et Francis, 430-445.

Chelli, A., Moulai, R. et Djemai, A. 2020. Does the Tichi Haf Dam construction affect dragonfly and damselfly (odonata: Insecta) assemblages of the Boussellam watercourse (central north algeria)? A preliminary study. *Zoology and Ecology*, 30, 37-47.

Chergui, I., Satour, A., Bouzid, A., Koulali, K. et Samraoui, B. 2023. Mapping the Geographic Distribution of Large Branchiopods in Algeria and a checklist update. *Zootaxa*, 5336, 328-348.

Clark, T. E. et Samways, M. J. 1996. Dragonflies (Odonata) as indicators of biotope quality in the Kruger National Park, South Africa. *Journal of applied ecology*, 1001-1012.

D

Direction Générale des Forêts 2004. Atlas des zones humides algériennes d'importance internationale. . Alger

Dajoz, R. 1985. Précis d'écologie. 5eme édition Dunod Université. Paris.

Dalu, T., Mwedzi, T., Wasserman, R. J., Madzivanzira, T. C., Nhiwatiwa, T. et Cuthbert, R. N.

2022. Land use effects on water quality, habitat, and macroinvertebrate and diatom communities in African highland streams. *Science of The Total Environment*, 846, 157346.
- Dalu, T., Wasserman, R. J., Tonkin, J. D., Alexander, M. E., Dalu, M. T., Motitsoe, S. N., Manungo, K. I., Bepe, O. et Dube, T. 2017. Assessing drivers of benthic macroinvertebrate community structure in African highland streams: an exploration using multivariate analysis. *Science of the Total Environment*, 601, 1340-1348.
- Daly, A. J., Baetens, J. M. et De Baets, B. 2018. Ecological diversity: measuring the unmeasurable. *Mathematics*, 6, 119.
- Dambri, B. M. 2021. *Macroinvertebrates of the western Aures massif: Taxonomy; Ecology and Conservation*.
- Dambri, B. M., Karaouzas, I., Samraoui, B. et 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, zootaxa. 4786.2. 4-zootaxa. 4786.2. 4.
- Dambri, B. M., Samraoui, F. et Samraoui, B. 2022. Distribution and assemblage structure of blackflies in the western Aures Mountains, Algeria (Diptera: Simuliidae). *African Entomology*, 30, 1-6.
- Díaz, A. M., Alonso, M. L. S. et Gutiérrez, M. R. V. A. 2008. Biological traits of stream macroinvertebrates from a semi-arid catchment: patterns along complex environmental gradients. *Freshwater Biology*, 53, 1-21.
- Dijkstra, K.-D. B., Bechly, G., Bybee, S. M., Dow, R. A., Dumont, H. J., Fleck, G., Garrison, R. W., Hämäläinen, M., Kalkman, V. J. et Karube, H. 2013. The classification and diversity of dragonflies and damselflies (Odonata). In: Zhang, Z.-Q.(Ed.) *Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness* (Addenda 2013). *Zootaxa*, 3703, 36-45.
- Dijkstra, K. et Lewington, R. 2007. *Guide des Libellules de France et d'Europe*. Delachaux et Niestl é SA. Neuch âtel Switzerland.
- Duby, C. et Robin, S. 2006. *Analyse en composantes principales*. *Institut National Agronomique, Paris-Grignon*, 80, 53.
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D. et Stiassny, M. L. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological*

reviews, 81, 163-182.

Dumont, H. 2002. Introduction to the class Branchiopoda. *Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World*.

E

Egler, M., Buss, D., Moreira, J. et Baptista, D. 2012. Influence of agricultural land-use and pesticides on benthic macroinvertebrate assemblages in an agricultural river basin in southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 72, 437-443.

El Bouhissi, M., Chaib, S., Houhamdi, M. et Khelifa, R. 2022. Checklist of Odonata of Sidi Bel Abbes, Northwest Algeria. *Hydrobiology*, 1, 433-439.

Epele, L. B., Williams-Subiza, E. A., Bird, M. S., Boissezon, A., Boix, D., Demierre, E., Fair, C. G., García, P. E., Gascón, S. et Grech, M. G. 2024. A global assessment of environmental and climate influences on wetland macroinvertebrate community structure and function. *Global Change Biology*, 30, e17173.

F

Floury, M., Delattre, C., Ferreol, M., Villeneuve, B. et Souchon, Y. 2012. Tendances d'évolution à longterme des communautés de macro-invertébrés benthiques dans le contexte de changement global : exemple de la Loire moyenne sur une période de 30 ans. *Coll. IS Rivers, Lyon*.

Fraaije, R. G., Poupin, C., Verhoeven, J. T. et Soons, M. B. 2019. Functional responses of aquatic and riparian vegetation to hydrogeomorphic restoration of channelized lowland streams and their valleys. *Journal of Applied Ecology*, 56, 1007-1018.

G

Gagneur, J. et 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.

Gagneur, J. et Clergue-Gazeau, M. 1988 Les Simulies d'Algérie (Diptera: Simuliidae). I. Premières données biogéographiques et écologiques sur les espèces de l'Ouest-Algérien. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, 1988. EDP Sciences, 275-284.

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

- Gagneur, J. et Thomas, A. 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.
- Garrison, R. W., Von Ellenrieder, N. et Louton, J. A. 2006. *Dragonfly genera of the New World: an illustrated and annotated key to the Anisoptera*, JHU Press.
- Gatolliat, J.-L., Samraoui, B., Benhadji, N., Kechemir, L., Zrelli, S., El Yaagoubi, S., El Moutaouakil, M. E. A. et Sartori, M. 2023. Baetidae (Baetidae, Ephemeroptera) in the Maghreb: state of the art, key, and perspectives. *ZooKeys*, 1139, 137.
- Gauthier, H. 1928. *Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie*, Minerva.
- Gauthier, H. 1930. *Mission saharienne Augiéras-Draper, 1927-1928. Cladocères, ostracodes, phyllopoques, anostracés et conchostracés, par M. Henri Gauthier*.
- Gauthier, H. 1937. Euphyllopodes et Cladocères continentaux récoltés par M. Monod au Sahara Occidental et en Mauritanie. *Bulletin de la Société des sciences naturelles du Maroc*, 17, 75-98.
- Geijzendorffer, I. R., Galewski, T., Guelmami, A., Perennou, C., Popoff, N. et Grillas, P. 2019. Mediterranean wetlands: a gradient from natural resilience to a fragile social-ecosystem. *Atlas of ecosystem services*. Springer.
- Geijzendorffer, I., Chazée, L., Gaget, E., Galewski, T., Guelmami, A., Perennou, C., Davidson, N. et McInnes, R. 2018. Mediterranean wetlands outlook 2: solutions for sustainable Mediterranean wetlands. 2018. Secretariat of the Ramsar Convention.

H

- Hafiane, M. (2016). Recherche faunistique et bioévaluation de la qualité des eaux de quelques cours d'eau d'Algérie (Doctoral dissertation, usthb).
- Hafiane, M., Hamzaoui, D., Attou, F., Bouchelouche, D., Arab, A., Alfarhan, A. H. et 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, 239-249.
- Hafid, H. 2013. *Ecologie des Grues cendrées *Grus grus* hivernants dans l'éco-complexe de zones humides des hautes plaines de l'Est algérien*.
- Halse, S., Ruprecht, J. et Pinder, A. 2003. Salinisation and prospects for biodiversity in rivers and wetlands of south-west Western Australia. *Australian Journal of Botany*, 51, 673-

688.

- Hamzaoui, D., Hafiane, M., Mebarki, M., Arab, A., Alfarhan, A. H. et Samraoui, B. 2015. The Gomphidae of Algeria and the Maghreb: status, ecology and conservation (Insecta: Odonata). *International Journal of Odonatology*, 18, 175-191.
- Haouchine, S. 2011. *Recherches sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie*. Université Mouloud Mammeri.
- Hauer, F. R. et Resh, V. H. 2017. Macroinvertebrates. *Methods in Stream Ecology, Volume 1*. Elsevier.
- Held, U. 2010. Pièges des corrélations : les coefficients de corrélation de Pearson et de Spearman. *Forum Médical Suisse*, 2010. EMH Media, 652-653.
- Hussain, Q. A. 2012. Macroinvertebrates in streams: A review of some ecological factors. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 4, 114-123.

I

- Ikomi, R., Arimoro, F. et Odihirin, O. 2005. Composition, distribution and abundance of macroinvertebrates of the upper reaches of River Ethiope, Delta State, Nigeria. *The zoologist*, 3, 68-81.

J

- Jackson, J. K. et Fuereder, L. 2006. Long-term studies of freshwater macroinvertebrates: a review of the frequency, duration and ecological significance. *Freshwater biology*, 51, 591-603.
- Jacobsen, D., Cressa, C., Mathooko, J. M. et Dudgeon, D. 2008. Macroinvertebrates: composition, life histories and production. *Tropical stream ecology*. Elsevier.

K

- Kabore, I., Moog, O., Alp, M., Guenda, W., Koblinger, T., Mano, K., Ouéda, A., Ouédraogo, R., Trauner, D. et Melcher, A. 2016. Using macroinvertebrates for ecosystem health assessment in semi-arid streams of Burkina Faso. *Hydrobiologia*, 766, 57-74.
- Kaboré, I., Ouédraogo, I., Tampo, L., Ouéda, A., Moog, O., Guenda, W. et Melcher, A. H. 2016. Composition and dynamic of benthic macroinvertebrates community in semi-arid area rivers of Burkina Faso (West Africa). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10, 1542-1561.

- Kaddouri, A. 1986. *Revision des hydraena du maroc, d'algerie et de tunisie (coleoptera, hydraenidae)*. Toulouse 3.
- Kalkman, V. J., Clausnitzer, V., Dijkstra, K.-D. B., Orr, A. G., Paulson, D. R. et Van Tol, J. 2007. Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. *Freshwater animal diversity assessment*. Springer.
- Karr, J. R. et Dudley, D. R. 1981. Ecological perspective on water quality goals. *Environmental management*, 5, 55-68.
- Karr, J. R. et Rossano, E. M. 2001. Applying public health lessons to protect river health. *Ecology and Civil Engineering*, 4, 3-18.
- Khawla, L., Menouar, S., Hinda, H. et Sabrina, B. 2018. Inventory and Ecology of Macroinvertebrates in Temporary Pools in the Region of Oum El Bouaghi (North-East Algeria). *World*, 7, 14-17.
- Khelifa, R., Youcefi, A., Kahlerras, A., Alfarhan, A. H., Al-Rasheid, K. A. et Samraoui, B. 2011. L'odonatofaune (Insecta: Odonata) du bassin de la Seybouse en Algérie: Intérêt pour la biodiversité du Maghreb. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 66, 55-66.
- Khettar, S., Haouchine-Bouzidi, N., Kherbouche-Abrous, O., Radi, N., Elalami, M. et Beladjal, L. 2022. Taxonomy and distribution of Trichoptera in El Harrach Wadi (northcentral Algeria) with the first record of *Hydropsyche incognita* in North Africa. *Zootaxa*, 5120, 482-500.

L

- Laini, A., Viaroli, P., Bolpagni, R., Cancellario, T., Racchetti, E. et Guareschi, S. 2019. Taxonomic and functional responses of benthic macroinvertebrate communities to hydrological and water quality variations in a heavily regulated river. *Water*, 11, 1478.
- Lake, P. S. 2000. Disturbance, patchiness, and diversity in streams. *Journal of the north american Benthological society*, 19, 573-592.
- Lambret, P. H. et Stoquert, A. 2011. Diel pattern of activity of *Lestes macrostigma* at a breeding site (Odonata: Lestidae). *International Journal of Odonatology*, 14, 175-191.
- Le, C. T., Paul, W. L., Gawne, B. et Suter, P. 2023. Integrating Simulation Models and Statistical Models Using Causal Modelling Principles to Predict Aquatic Macroinvertebrate Responses to Climate Change. *Water Research*, 119661.
- Leberger, R., Geijzendorffer, I. R., Gaget, E., Gwelmami, A., Galewski, T., Pereira, H. M. et Guerra, C. A. 2020. Mediterranean wetland conservation in the context of climate and land cover change. *Regional Environmental Change*, 20, 1-11.

- Lin, Y., Chen, K., Chen, Q. et Chen, B. 2016. Effect of disturbance on the hydro-environmental factors and macroinvertebrate community in the Lijiang River. *Procedia Engineering*, 154, 247-251.
- Londe, D. W., Joshi, O., York, B. C., Davis, C. A., Loss, S. R., Robertson, E. P. et Hovick, T. J. 2023. Climate Change and Wetlands in the Southern Great Plains: How Are Managers Dealing with an Uncertain Future? *Environmental Management*, 71, 379-392.
- Lounaci, A. 1987. *Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'oued Aissi (Grande Kabylie)*. Alger.
- Lounaci, A. 2005. *Recherches sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macroinvertebres des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie)*. Tizi-Ouzou.
- Lounaci, A., Brosse, S., Mouloud, S. A., Lounaci-Daoudi, D., Mebarki, N. et Thomas, A. 2000a. Current knowledge of benthic invertebrate diversity in an Algerian stream: a species check-list of the Sébaou River basin (Tizi-Ouzou). *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse*, 136, 43-55.
- Lounaci, A., Brosse, S., Thomas, A. et Lek, S. 2000b. Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an Algerian stream: the Sébaou wadi. *Annales De Limnologie-International Journal of Limnology*. EDP Sciences, 123-133.

M

- McClelland, F., Cortina-Borja, M., Chan, S.-K. et Wade, A. 2010. When t-tests or Wilcoxon-Mann-Whitney tests won't do. *Advances in physiology education*, 34, 128-133.
- McMillan, M. 2023. *Macroinvertebrate Community Response to Spatial Patterns of Water Quality and Habitat within Mining-influenced Headwater Streams of Appalachia*. Virginia Tech.
- Menouar, S., Yacine, N., Abdellaziz, B., Ettayib, B., Boudjema, S. et Moussa, H. 2009. Ecologie de la reproduction de l'Avocette élégante *Recurvirostra avosetta* dans la Garaet de Guellif (Hautes plaines de l'Est algérien). *European Journal of Scientific Research*, 25, 513-525.
- Mereta, S. T., Boets, P., Bayih, A. A., Malu, A., Ephrem, Z., Sisay, A., Endale, H., Yitbarek, M., Jemal, A. et De Meester, L. 2012. Analysis of environmental factors determining the abundance and diversity of macroinvertebrate taxa in natural wetlands of Southwest Ethiopia. *Ecological Informatics*, 7, 52-61.

- Merritt, R. W., Cummins, K. W. et Berg, M. B. 2017. Trophic relationships of macroinvertebrates. *Methods in Stream Ecology, Volume 1*. Elsevier.
- Moisan, J. et Gagnon, E. 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.
- Molineri, C., Tejerina, E. G., Torrejón, S. E., Pero, E. J. et Hankel, G. E. 2020. Indicative value of different taxonomic levels of Chironomidae for assessing the water quality. *Ecological Indicators*, 108, 105703.
- Mosbah, A. et Rached, O. 2014. Etude écologique de la végétation des bordures d'un oued en région semi aride cas de l'oued Dahimine (Wilaya de Oum El Bouaghi Université Constantine 1).
- Moubayed-Breil, J. et Lounaci, A. 2013. Orthocladius (Euorthocladius) kabylianus sp. n., a crenophilous element inhabiting karstic helocrenes and temporary streams in Algeria [Diptera: Chironomidae]. *Ephemera*, 14, 25-34.
- Moubayed, J., Ait-Mouloud, S. et Lounaci, A. 1992. Les Chironomidae (Diptera) d'Algérie. I: Bassin de l'Oued Aissi (Grande Kabylie). *Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen*, 41, 21-29.
- Musy, A. et Higy, C. 2004. *Hydrologie: Une science de la nature*, PPUR presses polytechniques.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. et Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858.

O

- Odume, O. et Muller, W. 2011. Diversity and structure of Chironomidae communities in relation to water quality differences in the Swartkops River. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 36, 929-938.
- Okude, G. et Futahashi, R. 2021. Pigmentation and color pattern diversity in Odonata. *Current Opinion in Genetics et Development*, 69, 14-20.
- Ouahioune Rais, L. 2019. Contribution à la connaissance des grands branchiopodes (crustacés) de la région des Aurès : écologie et biologie de Phallocryptus spinosus et Branchinecta media. Ph.D. thesis, *Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria*, 89 PP.

P

- Packer, S., Riservato, E., Boudot, J.-P., Ferreira, S., Jovic, M., Kalkman, V. J., Schneider, W., Samraoui, B. et Cuttelod, A. 2009. *The status and distribution of dragonflies of the Mediterranean Basin*, Iucn.
- Perron, M. A. C., Richmond, I. C. et Pick, F. R. 2021. Plants, water quality and land cover as drivers of Odonata assemblages in urban ponds. *Science of The Total Environment*, 773, 145467.
- Pyle, R., Bentzien, M. et Opler, P. 1981. Insect conservation. *Annual Review of Entomology*, 26, 233-258.

R

- Ramade, F. 2003. *Elément d'écologie: Ecologie fondamentale*. 3ème édition. Dunod. Paris: . 190p.
- Redjaimia, L. et Saheb, M. 2019. Monographie de la végétation des cours d'eau de la wilaya d'Oum El Bouaghi.
- Reice, S. R. 1980. The role of substratum in benthic macroinvertebrate microdistribution and litter decomposition in a woodland stream. *Ecology*, 61, 580-590.
- Reid, A. J., Carlson, A. K., Creed, I. F., Eliason, E. J., Gell, P. A., Johnson, P. T., Kidd, K. A., Maccormack, T. J., Olden, J. D. et Ormerod, S. J. 2019. Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews*, 94, 849-873.
- Resh, V. H. et Rosenberg, D. M. 2010. Recent trends in life-history research on benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 29, 207-219.
- Ribeiro, C., Firme, B., Araujo, S. A., De Sá, A., Zander, F., Teixeira, K., Santos, L. R. et Rodrigues, M. E. 2021. Check-list of Odonata from the state of Bahia, Brazil: ecological information, distribution, and new state records. *Odonatologica*, 50, 161-186.
- Rogers, D. C., Kotov, A. A., Sinev, A. Y., Glagolev, S. M., Korovchinsky, N. M., Smirnov, N. N. et Bekker, E. I. 2019. Arthropoda: Class Branchiopoda. *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates*. Elsevier.
- Rogers, S. I., Clarke, K. R. et Reynolds, J. D. 1999. The taxonomic distinctness of coastal bottom-dwelling fish communities of the North-east Atlantic. *Journal of Animal Ecology*, 68, 769-782.
- Rouibi, Y. 2022. *Écologie et conservation des Threskiornitidés dans le Nord-Est Algérien*.

Rousset, V., Pleijel, F., Rouse, G. W., Erséus, C. et Siddall, M. E. 2007. A molecular phylogeny of annelids. *Cladistics*, 23, 41-63.

Rykiel Jr, E. J. 1985. Towards a definition of ecological disturbance. *Australian Journal of Ecology*, 10, 361-365.

S

Saheb, M. 2009. *Ecologie de la reproduction de l'échasse blanche himantopus himantopus et de l'avocette élégante recurvirostra avosetta dans les hautes plaines de l'est algérien*. Université de Annaba-Badji Mokhtar.

Saheb, M., Boulekhssaim, M., Ouldjaoui, A., Houhamdi, M. et Samraoui, B. 2006. Sur la nidification du Flamant rose *Phoenicopterus roseus* en 2003 et 2004 en Algérie. *Alauda*, 74, 368-371.

Salas, F., Patrício, J., Marcos, C., Pardal, M., Pérez-Ruzafa, A. et Marques, J. 2006. Are taxonomic distinctness measures compliant to other ecological indicators in assessing ecological status? *Marine Pollution Bulletin*, 52, 162-174.

Samraoui, B. 2009. Seasonal ecology of Algerian Lestidae (Odonata). *International Journal of Odonatology*, 12, 383-394.

Samraoui, B., Bouhala, Z., Garcia, A. R., Márquez-Rodríguez, J., Ferreras-Romero, M., El-Serehy, H. A. et Samraoui, F. 2020. Trichoptera and Plecoptera of the Seybouse River, northeast Algeria: Distribution, phenology and new records. *Zootaxa*, 4845, zootaxa. 4845.4. 5-zootaxa. 4845.4. 5.

Samraoui, B., Chakri, K. et Samraoui, F. 2006. Large branchiopods (Branchiopoda: Anostraca, Notostraca and Spinicaudata) from the salt lakes of Algeria. *Journal of Limnology*, 65, 83.

Samraoui, B. et Corbet, P. S. 2000a. The Odonata of Numidia, Northeastern Algeria Part I status and distribution. *International Journal of Odonatology*, 3, 11-25.

Samraoui, B. et Corbet, P. S. 2000b. The Odonata of Numidia, northeastern Algeria Part II Seasonal ecology. *International Journal of Odonatology*, 3, 27-39.

Samraoui, B. et Menaï, R. 1999. A contribution to the study of Algerian Odonata. *International Journal of Odonatology*, 2, 145-165.

Samraoui, B. et Samraoui, F. 2013. An ornithological survey of Algerian wetlands: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl*, 58, 71-96.

- Samraoui, B., Touati, L., Ferreras-Romero, M., Alfarhan, A. H. et Samraoui, F. 2024. Life cycle and seasonal regulation of *Onychogomphus forcipatus unguiculatus* in the Seybouse River, Algeria (Insecta: Odonata). *International Journal of Odonatology*, 27, 1-10.
- Samraoui, B., Vinçon, G., Marquez-Rodriguez, J., El-Serehy, H. A., Ferreras-Romero, M., Mostefai, N. et Samraoui, F. 2021a. Stonefly assemblages as indicators of relict North African mountain streams (Plecoptera). *Wetlands*, 41, 78.
- Samraoui, B., Vuataz, L., Sartori, M., Gattolliat, J.-L., Al-Misned, F. A., El-Serehy, H. A. et Samraoui, F. 2021b. Taxonomy, distribution and life cycle of the Maghrebian endemic *Rhithrogena sartorii* (Ephemeroptera: Heptageniidae) in Algeria. *Diversity*, 13, 547.
- Samraoui Chenafi, F. 2005. *Ecologie de la reproduction de la foulque macroule fulca atra dans l'étang de Timerganine d'Oum-El-Bouaghi*. Oum-El-Bouaghi.
- Saoudi, M., Tadjine, A., Guerfi, S. et Necer, A. 2018. A preliminary survey of water physico-chemical characteristics and aquatic macroinvertebrate communities in El Mekhada marsh, north-eastern Algeria. *Zoology and Ecology*, 28, 109-116.
- Sarremejane, R., Cid, N., Stubbington, R., Datry, T., Alp, M., Cañedo-Argüelles, M., Cordero-Rivera, A., Csabai, Z., Gutiérrez-Cánovas, C. et Heino, J. 2020. DISPERSE, a trait database to assess the dispersal potential of European aquatic macroinvertebrates. *Scientific Data*, 7, 386.
- Satur, A., Hezil, W., Taferghoust, M., Boucenna, H., 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.
- Sellam, N., Zougaghe, F., Pinel Alloul, B., Mimouni, A. et 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, 1574-1588.
- Seddik, S., Maazi, M.-C., Hafid, H., Saheb, M., Mayache, B., Metallaoui, S. et Houhamdi, M. 2010. Statut et écologie des peuplements de Laro-limicoles et d'Echassiers dans le Lac de Timerganine (Oum El-Bouaghi, Algérie). *Bulletin de l'Institut Scientifique. Section Sciences de la Vie. Rabat*, 32, 111-118.
- Seidu, I., Nsor, C. A., Danquah, E., Tehoda, P. et Opong, S. K. 2019. Patterns of Odonata assemblages in lotic and lentic systems in the Ankasa Conservation Area, Ghana. *International Journal of Zoology*, 2019.
- Senouci, H. et Bounaceur, F. 2021. Contribution à la connaissance de l'odonatofaune du sous-bassin de la Haute Mina (Nord-Ouest algérien). *Bulletin de la Société Zoologique de*

France, 146.

Šigutová, H., Dolný, A., Samways, M., Oliveira Junior, J. M., Hardersen, S., Juen, L., Dinh, K. et Bried, J. 2023. Odonata as indicators of pollution, habitat quality, and landscape disturbance.

Šigutová, H., Dolný, A., Samways, M. J., Hardersen, S., Oliveira-Junior, J. M. B., Juen, L., Van Dinh, K. et Bried, J. T. 2022. Odonata as indicators of pollution, habitat quality, and landscape disturbance. *Dragonflies and Damselflies: Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research*. Oxford University Press.

Slimani, N., Guilbert, E., White, J. C., Hill, M. J., Wood, P. J., Boumaïza, M. et Thioulouse, J. 2022. Unravelling the environmental correlates influencing the seasonal biodiversity of aquatic Heteropteran assemblages in northern Africa. *Limnologia*, 97, 126021.

Stark, J. D. 1993. Performance of the Macroinvertebrate Community Index: effects of sampling method, sample replication, water depth, current velocity, and substratum on index values. *New Zealand journal of marine and freshwater research*, 27, 463-478.

Stevanović, Z., Milanović, S. et Ristić, V. 2010. Supportive methods for assessing effective porosity and regulating karst aquifers. *Acta Carsologica*, 39.

Suhling, F., Sahlén, G., Gorb, S., Kalkman, V. J., Dijkstra, K.-D. B. et Van Tol, J. 2015. Order odonata. *Thorpe and Covich's freshwater invertebrates*. Elsevier.

T

Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M. et Usseglio-Polatera, P. 2010. *Invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie*, CNRS éditions Paris.

Taleb, L. A., Zebsa, R. et Khelifa, R. 2022. Discovery of *Pyrrhosoma* cf. *nymphula* (Odonata: Coenagrionidae) in Algeria. *Notulae odonatologicae*, 9, 455-460.

Taybi, A. F., Mabrouki, Y., Bozdoğan, H. et Millán, A. 2021. Are aquatic Hemiptera good indicators of environmental river conditions? *Aquatic Ecology*, 55, 791-806.

Taylor, N. G., Grillas, P., Al Hreisha, H., Balkız, Ö., Borie, M., Boutron, O., Catita, A., Champagnon, J., Cherif, S. et Çiçek, K. 2021. The future for Mediterranean wetlands: 50 key issues and 50 important conservation research questions. *Regional Environmental Change*, 21, 1-17.

Tebibel, S. 1992. Hémiptères aquatiques d'Algérie. Clés dichotomiques, inventaire des espèces, distribution en Algérie et dans le monde. *Magister thesis, University of Algiers, USTHB*.

Thomas, A. 1998. A provisional checklist of the mayflies of North Africa [Ephemeroptera]. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse*, 134, 13-20.

- Thompson, D. J. 1987. Regulation of damselfly populations: the effects of weed density on larval mortality due to predation. *Freshwater Biology*, 17, 367-371.
- Triplet, P. 2009. Manuel de gestion des aires protégées d'Afrique francophone. Awely, Paris.
- Usio, N. 2024. Assessing Stream Water Quality Using Macroinvertebrates. *Field Work and Laboratory Experiments in Integrated Environmental Sciences*. Springer.

V

- Vaillant, F. 1955. *Recherches sur la faune madicole (hygropetrique sl) de France, de Corse et d'Afrique du Nord*, Editions du Muséum.
- Villeneuve, G. O. 1980. *Glossaire de météorologie et de climatologie*, Presses Université Laval.
- Vimos-Lojano, D., Hampel, H., Vázquez, R. F. et Martínez-Capel, F. 2020. Community structure and functional feeding groups of macroinvertebrates in pristine Andean streams under different vegetation cover. *Ecohydrology et Hydrobiology*, 20, 357-368.
- Vinson, M. R. 2001. Long-term dynamics of an invertebrate assemblage downstream from a large dam. *Ecological Applications*, 11, 711-730.

W

- Wallace, J. B. et Webster, J. R. 1996. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual review of entomology*, 41, 115-139.
- Ward, J. V. et Stanford, J. A. 1982. Thermal responses in the evolutionary ecology of aquatic insects. *Annual review of entomology*, 27, 97-117.
- Wu, H., Guan, Q., Lu, K. et Batzer, D. P. 2019. Aquatic macroinvertebrate assemblages in wetlands of Northeastern China. *Hydrobiologia*, 838, 153-162.

Z

- Zamora-Muñoz, C., Alba-Tercedor, J. et García De Jalón, D. 1995. The larvae of the genus *Hydropsyche* (Hydropsychidae; Trichoptera) and key for the identification of species of the Iberian Peninsula. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 68, 189-210.
- Zhang, Y., Dudgeon, D., Cheng, D., Thoe, W., Fok, L., Wang, Z. et Lee, J. H. 2010. Impacts of land use and water quality on macroinvertebrate communities in the Pearl River drainage basin, China. *Hydrobiologia*, 652, 71-88.

Liste des abréviations

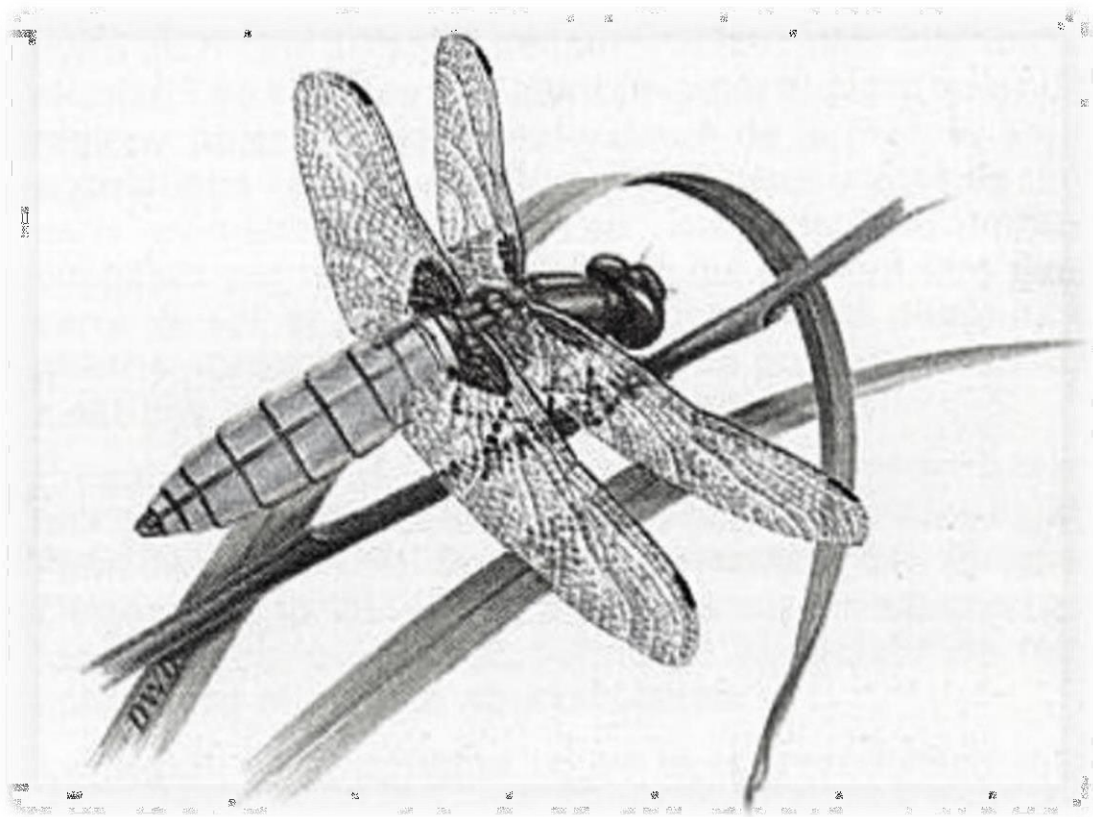
Tableau 1. Code des espèces des odonates.

Code	Espèce
P sub	<i>platycnémis subdilata</i>
C hae	<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>
L vire	<i>Lestes virens</i>
C viri	<i>Chalcolestes viridis</i>
S fusc	<i>Sympecma fusca</i>
E dese	<i>Enallagma deserti</i>
I grae	<i>Ischnura graellsii</i>
C merc	<i>Coenagrion mercuriale</i>
C caer	<i>Coenagrion caerulescens</i>
T annu	<i>Trithemis annulata</i>
E lind	<i>Erythromma lindenii</i>
A part	<i>Anax parthenope</i>
A impe	<i>Anax imperator</i>
O niti	<i>Orthetrum nitidinerve</i>
O chry	<i>Orthetrum chrysostigma</i>
S fons	<i>Sympetrum fonscolombii</i>
S strio	<i>Sympetrum striolatum</i>
C eryt	<i>Crocothemis erythraea</i>

Tableau 2. Code des espèces des Hémiptères.

Code	Taxon
Noto macu	<i>Notonecta maculata</i>
Noto Viri	<i>Notonecta Viridis</i>
Noto obli	<i>Notonecta Obliqua</i>
Noto sp	<i>Notonecta,sp</i>
Anis Sard	<i>Anisops Sardea</i>
Cori Penc	<i>Corixa Pencilata</i>
Cori Affi	<i>Corixa Affinis</i>
Cori sp	<i>Corixidae sp</i>
Sig sp1	<i>Sigara sp1</i>
Sig sp2	<i>Sigara sp2</i>
Sig sp3	<i>Sigara sp3</i>
Ger sp	<i>Gerris sp</i>
Aqua sp	<i>Aquarius sp</i>
Nepa Cene	<i>Nepa Cenerea</i>
nauco	<i>Naucoridae</i>
meso	<i>Mesoveliidae</i>
plei	<i>Pleidae</i>
veli	<i>veliidae</i>

Résumé



Résumé

Les zones humides sont des ressources naturelles importantes. En Algérie et plus particulièrement dans la partie nord-est, les zones humides contiennent une biodiversité très riche mais en déclin et rarement protégée des facteurs de stress anthropiques.

L'objectif principal de ce travail est de contribuer à une bonne connaissance des macroinvertébrés dans la région d'Oum El Bouaghi, hautes plaines de l'est Algérien. L'étude a été suivie dans 31 stations ont été choisies en raison de leur accessibilité, du couvert végétal, du substrat. L'échantillonnage a été réalisé mensuellement sur une période allant de septembre 2019 à août 2020. Les résultats de cette étude permettent d'établir une liste de contrôle des macroinvertébrés. Les Insectes représentent la classe les plus riches avec 40 familles. Un total de 1351 individus des Odonates (dont 1192 larves et 159 adultes) appartenant à 18 espèces et 6 familles ont été collectés avec succès durant la période d'étude. Aucune différence significative n'a été détectée pour l'abondance et richesse des espèces d'Odonates (Zygoptères et Anisoptères) entre les milieux lotiques et les milieux lentiques (ANOVA à deux voies, $p = 0.844$ et ANOVA à deux voies, $p = 0.072$ respectivement). Cette étude a également permis de dénombrer 18 taxons d'Hémiptères aquatiques répartis en 8 familles. Les résultats du test de Mann-whitney révèlent la présence d'une différence significative pour l'abondance total des Hémiptères entre les milieux lentiques et lotiques (test de Mann-whitney, $p = 0.037$). Alors qu'aucune différence significative n'a été détectée par le test de t pour la richesse entre les deux milieux (test de t, $p = 0.63$). Avec 120 individus des Trichoptères, *Hydropsyche resmineda* était l'espèce la plus dominante (82%), suivie par *Mesophylax aspersus* (17%), tandis que, *Hydroptila sp* est l'espèce la moins représentée. Notre enquête a également permet d'identifier dis espèces de larges branchiopodes, dont sept Anostracés, deux Notostracés et une seul espèce de Conchostracés.

Mots clés : Macroinvertébrés, Zones humides, Oum El Bouaghi, Hautes plaines de l'est Algérien

Abstract

Wetlands are important naturel resources. In Algeria, especially in the northeastern part, wetlands contain extremely rich biodiversity, but it is declining and rarely protected from anthropogenic pressures.

The main objective of this study is contribute to a better knowledge of macroinvertebrates in Oum El Bouaghi region, high plain of eastern Algeria. The study was carried out at 31 stations, selected according to their accessibility, vegetation cover and substrate. Sampling was carried out monthly over a period running from September 2019 to August 2020. Results of this study were used to establish a checklist of macroinvertebrates. Insects represent the richest class with 40 families. In total 1351 Odonata individuals (including 1192 larvae and 159 adults) belonging to 18 species and 6 families were successfully collected during the study period. No significant differences was detected of abundance and species richness of odonata (Zygoptera and Anisoptera) between lotic and lentic systems (two-way Anova test, $p= 0.84$ and two-way Anova, $p=0.072$ respectively). This study also allowed the counting of 18 taxa of aquatic Hemiptera divided into 8 families. The results of Mann-whitney test revealed a significant difference in the total abundance of Hemiptera between the lotic and lentic systems (Mann-whitney test, $p= 0.037$), whereas no significant difference in richness was detected by T-test between the two systems (T-test, $p=0.63$). Among 120 Trichpterans, *Hydropsyche resmineda* was the most dominant species (82%), followed by *Mesophylax aspersus* (17%), while *Hydroptila sp* was the least presented species. Our study also identified 10 species of Larges Branchiopodes, including seven Anostraca, two Notostraca and a single species of Spinicaudata.

Keywords: Macroinvertebrates, Wetlands, Oum El Bouaghi, Hauts plateaux of eastern Algeria.

ملخص

تعتبر المناطق الرطبة موارد طبيعية مهمة في الجزائر، وخاصة في الجزء الشمالي الشرقي منها، تحتوي المناطق الرطبة على تنوع بيولوجي جد غني ولكن في تدهور ونادراً ما تحظى بحماية من الضغوطات البشرية.

الهدف الرئيسي لهذا العمل هو المساهمة في فهم جيد للافقاريات الكبيرة في منطقة أم البواقي، في الهضاب الشرقية الجزائرية. تم إجراء الدراسة في 31 محطة تم اختيارها بسبب سهولة الوصول إليها والغطاء النباتي وكذلك الركيزة. تم إجراء عينات شهرية على مدار الفترة الممتدة من سبتمبر 2019 إلى أغسطس 2020. تمكنا من إعداد قائمة مراقبة للفقاريات الكبيرة بناءً على نتائج هذه الدراسة. وتمثل الحشرات الفئة الأكثر غنى بوجود 40 عائلة. تم جمع ما مجموعه 1351 فرداً من الأود وناتا (بما في ذلك 1192 يرقة و159 فرداً بالغاً) ينتمون إلى 18 نوعاً و6 عائلات بنجاح خلال فترة الدراسة.

أتاحت هذه الدراسة أيضاً إحصاء 18 نوعاً من نصفيات الأجنحة المائية مقسمة إلى 8 عائلات. أظهرت نتائج اختبار مان-ويتني وجود فرق معنوي في الوفرة الإجمالية لنصفيات الأجنحة بين الأوساط المائية الراكدة والمتحركة (اختبار مان-ويتني، ص=0.037). في حين لم يتم الكشف عن أي فرق معنوي باستخدام اختبار ت للثراء بين البيئتين (اختبار ت، ص=0.63).

مع 120 فرداً من التريكوبتيرا، كانت هيدروبسيس راسمينيدا هي النوع السائد 82%، تليها ميزوفيلاكس أسبارسيس 17%، بينما كانت هيدروبتيلا هي الأقل تمثيلاً. كما سمحت دراستنا بتحديد تسعة أنواع من القشريات ذوات الأذرع الكبيرة، بما في ذلك سبعة أنواع من الأنوستراسي، واثنين من نتوستراسي، وواحدة من كنكوستراسي.

الكلمات المفتاحية: اللافقاريات الكبيرة، المناطق الرطبة، أم البواقي، الهضاب العليا الشرقية الجزائرية