



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Echahid Cheikh Larbi Tébessi -Tébessa-
Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie des Êtres Vivants



Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat L.M.D

Spécialité : Biologie et Physiologie Animale

Option : Physiologie Animale Appliquée à la Santé

Titre

**Biodiversité des Culicidés de la région de Tébessa
et les facteurs qui contrôlent leur répartition**

Présentée par : M^{lle}. BENKHEDIM Khouloud

Devant le jury :

Pr. TINE-DJEBBAR Fouzia
Pr. TINE Samir
Pr. TALEB Salima
Pr. HAMAIDIA Kaouther

Directeur de thèse
Président
Examineur
Examineur

U. Echahid Cheikh Larbi Tébessi-Tébessa
U. Echahid Cheikh Larbi Tébessi-Tébessa
U. Echahid Cheikh Larbi Tébessi-Tébessa
U. Med Cherif Messaadia-Souk Ahras

Année Universitaire : 2023/2024

Remerciements

Je remercie en premier lieu, Dieu Tout Puissant de m'avoir doté du courage, de la force et des capacités nécessaires pour pouvoir réaliser cette thèse.

Mes plus vifs remerciements et toute ma considération à M. Samir TINE (Professeur au Département de Biologie des êtres vivants, Université de Tébessa) qui m'a fait l'honneur de présider le présent jury.

C'est un devoir d'exprimer toute ma gratitude et une infinie reconnaissance à mon encadrante Mme Fouzia TINE (Professeur au Département de Biologie des êtres vivants, Université de Tébessa). Je la remercie pour sa disponibilité, pour la confiance et l'autonomie qu'elle m'a accordée, j'aimerais aussi la remercier pour ses qualités pédagogiques et scientifiques, sa franchise et sa sympathie, et pour ses précieux conseils.

Mes plus vifs remerciements et toute ma considération à Mme Kaouther HAMAIDIA (Professeur à l'Université De Souk Ahras) d'avoir accepté d'être membre de ce jury et de me faire l'honneur de juger ce travail.

Toute ma considération à l'égard de Mme. Salima TALEB (Professeur au Département de Biologie Appliquée, Université de Tébessa) qui m'a fait l'honneur de juger le présent travail.

Je dédie un merci particulier à Dr. Mebarakia Nadjoua, pour son aide précieuse en statistiques et pour ses encouragements tout au long de ce travail.

Un énorme merci à ma famille et surtout à mes parents (paix à leur âme) pour leur soutien moral, leurs encouragements et leur patience durant la réalisation de ce travail.

Une douce pensée à tous (tes) mes amis (es) qui m'ont soutenue, de près ou de loin, dans la réalisation de ce travail.

Merci 

TABLE DES MATIERES



TABLE DES MATIERES

Titre	Page
I. INTRODUCTION	1
II. MATERIEL ET METHODES	5
2.1. Présentation de la région d'étude	5
2.1.1. Situation géographique	5
2.1.2. Couvert végétal	5
2.1.3. Hydrographie	6
2.2. Présentation des sites d'étude	6
2.2.1. Bekkaria	6
2.2.2. Boulhef Dyr	7
2.2.3. Tébessa ville	8
2.2.4. El Hammamet	9
2.3. Données climatiques de la région d'étude	10
2.3.1. Température	11
2.3.2. Précipitations	11
2.3.3. Humidité	12
2.3.4. Classification du climat	12
2.4. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des gîtes	13
2.5. Echantillonnage des populations culicidiennes	14
2.5.1. Méthode adoptée sur terrain	14
2.5.2. Méthode adoptée au laboratoire	14
2.6. Techniques d'identification des Culicidae	15
2.7. Indices écologiques	15
2.7.1. Indices de composition (Diversité α)	15
2.7.1.1. Richesse spécifique (ou totale) et moyenne	15
2.7.1.2. Abondance relative	15
2.7.1.3. Fréquence d'occurrence (Constance)	16
2.7.2. Indices de structure (Diversité α)	16
2.7.2.1. Indice de diversité de Shannon -Weaver (H')	16
2.7.2.2. Indice de Simpson	17
2.7.2.3. Equitabilité (Equirépartition)	17
2.7.2.4. Indice de Margalef	17
2.7.3. Indices de similarité (Diversité β)	18
2.7.3.1. Indice de Morisita-Horn	18
2.7.3.2. Indice de Jaccards	18
2.7.3.3. Le diagramme de Venn-Euler (ou diagramme logique)	19
2.8. Estimation de l'effort d'échantillonnage	19
2.9. Analyse statistique	19
III. RESULTATS	22
3.1. Inventaire des Culicidés dans la région de Tébessa	22
3.2. Présentation des espèces inventoriées	22
3.2.1. <i>Culex pipiens</i> (Linné, 1758)	22
3.2.2. <i>Culex hortensis</i> (Ficalbi, 1889)	24
3.2.3. <i>Culex theileri</i> (Theobald, 1903)	25
3.2.4. <i>Culex laticinctus</i> (Edwards, 1913)	26
3.2.5. <i>Culex brumpti</i> (Galliard, 1931)	27
3.2.6. <i>Culiseta annulata</i> (Schrank, 1776)	27
3.2.7. <i>Culiseta longiareolata</i> (Macquart, 1828)	28
3.2.8. <i>Aedes caspius</i> (Pallas, 1771)	29
3.2.9. <i>Aedes geniculatus</i> (Olivier, 1791)	30
3.2.10. <i>Anopheles labranchiae</i> (Falleroni, 1926)	31

3.3. Structure du peuplement culicidien dans la région de Tébessa	32
3.4. Indices écologiques	34
3.4.1. Indices écologiques de composition	34
3.4.1.1. Richesse totale et moyenne	34
3.4.1.2. Abondance relative	35
3.4.1.3. Fréquence d'occurrence (Constance)	36
3.4.2. Indices écologiques de structure	37
3.4.3. Indices écologiques de similarité	40
3.4.3.1. Indice de Morisita-Horn et Jaccard	40
3.4.3.2. Diagramme de Veen (Similarité spatiale)	41
3.5. Variation saisonnière de la densité larvaire	42
3.5.1. Effet du climat	42
3.5.2. Effet saisonnier	43
3.6. Variations spatio-temporelles des paramètres physico-chimiques	44
3.7. Interpolation de la richesse spécifique des Culicidae (raréfaction et extrapolation)	48
IV. DISCUSSION	51
4.1. Inventaire des Culicidés	51
4.2. Indices écologiques	54
4.3. Effet des facteurs climatiques sur la densité larvaire	56
4.4. Analyses physico-chimiques	57
V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	60
VI. RESUMES	63
ABSTRACT	64
ملخص	65
VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	67
VIII. ANNEXES	82
PRODUCTION SCIENTIFIQUE	82

LISTE DES TABLEAUX



LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
1	Températures moyennes mensuelles (°C) dans la région de Tébessa entre Juin 2019 et Mai 2020.	11
2	Variation mensuelle des précipitations (mm) dans la région de Tébessa entre Juin 2019 et Mai 2020.	11
3	Variation mensuelle de l'humidité relative moyenne (%) dans la région de Tébessa entre Juin 2019 et Mai 2020.	12
4	Liste des espèces de culicidés inventoriées dans les sites d'étude (décembre 2019 - novembre 2020).	22
5	Nombre et pourcentage des genres dans les différents sites (Bekkaria, Boulhef dyr, Tébessa ville et El Hammamet).	33
6	Espèces récoltées dans les quatre sites de la région de Tébessa avec leurs abondances (Juin 2019 - Mai 2020).	34
7	Richesse spécifique dans les sites d'étude (Bekkaria, Boulhef Dyr, Tébessa et El Hammamet) (Juin 2019-Mai 2020).	34
8	Abondance relative de chaque espèce récoltée dans les quatre sites étudiés.	35
9	Fréquence d'occurrence de chaque espèce récoltée dans les quatre sites étudiés : Bekkaria, Boulhef Dyr, Tébessa et El Hammamet (Juin 2019 – Mai 2020).	37
10	Indices écologiques de structure des espèces culicidiennes récoltées dans les sites étudiés.	38
11	Indices de Morisita-Horn (%) et de Jaccard (%) appliqués sur les quatre sites d'étude.	41
12	Variations spatio-temporelles (Moyenne \pm SD) des paramètres physico-chimiques de l'eau (S ₁ : Bekkaria ; S ₂ : Boulhef dyr ; S ₃ : Tébessa ; S ₄ : El hammamet).	45

LISTE DES FIGURES



LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
1	Présentation des sites d'étude.	5
2	Site de Bekkaria ; A : station 1 (gîte naturel), B : station 2 (fausse d'accumulation), C : station 3 (fausse d'accumulation) et D : station 4 (fausse d'accumulation).	7
3	Site de Boulhef Dyr ; A : station 1 (vallée), B : station 2 (vallée), C : station 3 (fausse d'accumulation) et D : station 4 (marais).	8
4	Site de Tébessa ; A : station 1 (gîte naturel), B : station 2 (gîte naturel), C : station 3 (fausse d'accumulation) et D : station 4 (vallée).	9
5	Site d'El Hammamet ; A : station 1 (bâche à eau), B : station 2 (bâche à eau), C : station 3 (canal d'eau) et D : station 4 (bâche à eau).	10
6	Diagramme Ombrothermique de la région de Tébessa (Juin 2019-Mai 2020).	13
7	Dosage des éléments chimiques (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Ba et Li) à l'aide d'un spectre à flamme.	14
8	Critères morphologiques d'identification de l'espèce <i>Cx. pipiens</i> ; A : Mentum; B : Ecailles du VIII ^{ème} segment abdominal; C : Soies 1a-S; D : Epine préclypéale ; E : Soie antennaire 3-A proche de 4-A; F : Nervure R2+3 très courte; G : Tergites abdominaux.	23
9	Critères morphologiques d'identification de l'espèce <i>Cx. hortensis</i> ; A : Soies 1a-S du siphon; B : Epine subapicale 2- S; C : Dent distale du peigne siphonal; D : Epine préclypéale 1-C.	24
10	Critères morphologiques d'identification de l'espèce <i>Cx. theileri</i> ; A : Ecailles du VIII ^{ème} segment abdominal; B : Fémur de la 2 ^{ème} patte; C : Tergites abdominaux; D : Nervure costale.	25
11	Critères morphologiques d'identification de l'espèce <i>Cx. laticinctus</i> ; A : Soie antennaire 3-A est proche de 4-A ; B : épine préclypéale 1-C; C : Mentum.	26
12	Critère morphologique d'identification de l'espèce <i>Cx. brumpti</i> ; les écailles du VIII ^{ème} segment avec et sans épine.	27
13	Soies siphonales de <i>Cs. annulata</i> .	28
14	Critères morphologiques d'identification de l'espèce <i>Cs. longiareolata</i> ; A : Dents du peigne siphonal ; B : touffe de soie ; C : Trois bandes blanches longitudinales ; D : Tête.	29
15	Critères morphologiques d'identification de l'espèce <i>Ae. caspius</i> ; A : Forme générale du siphon ; B : Dents du peigne siphonal; C : Ecailles du 8 ^{ème} segment.	30
16	Larves d' <i>Aedes geniculatus</i> ; A : ornementation du point d'insertion des soies 11-M et 11-T ; insertion près d'une petite dent ; B : forme générale du siphon.	31
17	Larves d' <i>Anopheles labranchiae</i> ; A : Plaques accessoires sur le segment V ; B : Soies clypéales 2-C et 3-C ; C : Orifice respiratoire ; D : Soies palmées.	32
18	Taux des différents genres (A) et différentes espèces (B) de la faune Culicidienne dans la région de Tébessa.	33
19	Distribution de la richesse spécifique dans les sites d'étude (Bekkaria, Boulhef Dyr, Tébessa et El Hammamet) (Juin 2019-Mai 2020).	35
20	Abondance relative de chaque espèce récoltée dans les quatre sites étudiés de la région de Tébessa (Juin 2019- Mai 2020).	36
21	Fréquence d'occurrence de chaque espèce récoltée dans les quatre sites étudiés (Juin 2019 – Mai 2020).	37

22	Indices écologiques de composition et de structure calculés pour chaque site d'échantillonnage dans la région de Tébessa.	39
23	Diagramme obtenu en appliquant l'algorithme DER à la faune des Culicidae dans les sites d'étude de la province de Tébessa en Algérie. L'échelle de taille des bulles représente la richesse en espèces (S). Le gradient de couleur est l'indice de rareté dans chaque localité.	40
24	Répartition spatiale des espèces de moustiques collectées dans la région de Tébessa pendant la période juin 2019 - mai 2020.	41
25	Représentation graphique de la matrice de corrélation entre les deux variables climatiques (température et précipitations) et l'abondance globale des espèces.	42
26	Variation numérique des récoltes de larves de Culicidés en fonction des températures mensuelles moyennes (°C) dans la région de Tébessa (juin 2019 - mai 2020).	43
27	Variation saisonnière des effectifs larvaires des culicidés dans la région de Tébessa (juin 2019 - mai 2020).	44
28	Représentation graphique de la matrice de corrélation entre les variables abiotiques (pH, DO ppm, TDS mg/L, C μ s/cm et T °C) et l'abondance totale (A) des espèces de moustiques dans la région de Tébessa ; A : Bekkaria, B : Boulhef Dyr, C : Tébessa et D : El Hammamet.	46
29	Représentation graphique de la matrice de corrélation entre les variables abiotiques (Na, K ⁺ , Ca ⁺⁺ , Li et Ba) et l'abondance totale (A) des espèces de moustiques dans la région de Tébessa ; A : Bekkaria, B : Boulhef Dyr, C : Tébessa ville et D : El Hammamet.	47
30	Courbes de raréfaction (ligne continue) et d'extrapolation (ligne pointillée) spatiale de la richesse spécifique pour la communauté des Culicidae en fonction de l'ordre de diversité $q = 0$ (richesse spécifique) avec intervalles de confiance à 95 % (zones ombrées). Les formes pleines représentent les échantillons de référence.	48
31	Courbes de raréfaction (ligne continue) et d'extrapolation (ligne pointillée) saisonnières de la richesse spécifique pour la communauté des Culicidae en fonction de l'ordre de diversité $q = 0$ (richesse spécifique) avec intervalles de confiance à 95 % (zones ombrées). Les formes pleines représentent les échantillons de référence.	49

Introduction



I. INTRODUCTION

La faune Culicidienne constitue un problème majeur en santé humaine, en raison de son rôle dans la transmission de diverses maladies qui peuvent affecter les animaux et l'être humain, notamment ceux qui causent la dengue, l'encéphalite japonaise, la fièvre jaune, le chikungunya, le Zika, la fièvre du Nil occidental et le paludisme chez l'homme (Tandina *et al.*, 2018 ; Jones *et al.*, 2020 ; Srisuka *et al.*, 2022). Des millions de personnes dans le monde sont menacées par ces maladies, qui ont des conséquences sanitaires et économiques importantes (OMS, 2012) (Mbanzulu *et al.*, 2022). La maladie à transmission vectorielle la plus mortelle au monde est le paludisme, causant 247 millions d'infections et tuant 619 000 personnes en 2021 (OMS, 2022). Depuis quelques années et dans les régions tropicales et subtropicales, la dengue reste une menace constante car 100 millions de cas par an ont été signalés par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) (Qamar *et al.*, 2019). En 2020, 105 088 cas des quatre principales maladies ont été recensés en Thaïlande, la dengue (90 915 cas), le paludisme (4473 cas), le chikungunya (14 100 cas) et la fièvre Zika (155 cas) (Srisuka *et al.*, 2022).

Plusieurs facteurs ont été suggérés pour expliquer la propagation récente des maladies causées par les moustiques, tels que le commerce et les voyages à l'échelle mondiale (Gloria-Soria *et al.*, 2014), la croissance démographique (Struchiner *et al.*, 2015), l'urbanisation (Lowe *et al.*, 2021), les paramètres environnementaux (Kraemer *et al.*, 2015 ; Kamal *et al.*, 2018) et le changement climatique qui peuvent devenir plus ou moins favorables aux vecteurs et à la transmission des maladies (Byrd *et al.*, 2020). Les maladies à transmission vectorielle sont devenues un défi important pour la santé publique dans le monde et les conditions climatiques ont facilité leur apparition (Rocklöv & Dubrow, 2020). Le cycle de reproduction, le taux de survie et le taux de piqûre des moustiques vecteurs sont tous influencés par la température, les précipitations et l'humidité (Lamy *et al.*, 2023). Les moustiques sont des ectothermes (Oswaldo *et al.*, 2023) et la température s'avère être un facteur important pour leur développement à différents stades, depuis l'émergence des adultes et la ponte jusqu'à l'éclosion des œufs et la succession des stades immatures (Bellone & Failloux, 2020). Les précipitations jouent également un rôle essentiel dans la dynamique de transmission des MTVs en créant de nouveaux habitats nécessaires aux stades aquatiques du développement des moustiques (Ikeda *et al.*, 2017), ce qui affecte l'abondance et la distribution des vecteurs.

Les moustiques sont attirés et se reproduisent dans divers habitats aquatiques qui sont spécifiques à certaines espèces en raison de leur relation avec la qualité de l'eau, ses

caractéristiques et la nature du lieu (Baz *et al.*, 2024). Les espèces d'*Anopheles* se reproduisent dans de petits habitats d'eau douce ouverts et ensoleillés, riches en végétation, alors que les espèces de *Culex* se reproduisent dans des milieux aquatiques pollués tels que les fosses d'accumulation des eaux usées et les systèmes d'égouts ouverts (Imam *et al.*, 2014). La qualité des habitats larvaires est déterminée par plusieurs facteurs, notamment l'apport de ressources nutritionnelles (par exemple, la matière organique, les micro-organismes et les algues), la densité larvaire (c'est-à-dire la concurrence), et la présence des prédateurs (David *et al.*, 2021). Parallèlement aux variations climatiques, des études antérieures ont signalé l'influence des paramètres physico-chimiques des sites de reproduction sur les stades immatures des moustiques et leurs comportements de ponte (Selvan *et al.*, 2015 ; Gao *et al.*, 2018). Il a été également démontré que ces caractéristiques affectent certains aspects tels que la survie, la taille du corps et le comportement de piqûre, qui influencent la capacité vectorielle des moustiques, et donc l'ampleur et l'intensité de la transmission des maladies (Jeffrey Gutiérrez *et al.*, 2020).

L'Afrique du Nord, notamment l'Algérie, est limitée par le bassin méditerranéen au nord et les régions sahariennes au sud. Cette région semble jouer le rôle de transition ou émergence de plusieurs maladies transmises par les moustiques, se manifestant par une faune de Culicidae vaste et diversifiée (Alayat *et al.*, 2023). Plusieurs études ont été menées en Algérie sur la faune culicidienne, y compris en ce qui concerne la systématique, la morphométrie, la biochimie ainsi que la lutte biologique et chimique (Messai *et al.*, 2010 ; Tine-Djebbar *et al.*, 2011 ; Bouabida *et al.*, 2012 ; Hamaidia & Soltani, 2014 ; Boudemagh *et al.*, 2018 ; Arroussi *et al.*, 2021 ; Djeddar *et al.*, 2021 ; Hafsi *et al.*, 2021 ; Chahed *et al.*, 2022 ; Mahmoudi *et al.*, 2022b ; Alayat *et al.*, 2023 ; Boulares *et al.*, 2023).

Des prospections périodiques de ces arthropodes d'intérêt médical sont indispensables pour éradiquer ces vecteurs. Il est utile de mieux connaître l'écologie de ces insectes et leur distribution spatio-temporelle afin de réaliser des programmes de contrôle efficaces. Par ailleurs, il est important de comprendre la relation entre les propriétés physiques et chimiques de l'eau des gîtes et de déterminer laquelle d'entre elles est un indicateur de la présence ou de l'absence des larves de moustiques ou de leur densité dans leurs habitats.

Dans ce contexte, la présente étude a été consacrée à la :

- Réalisation d'un inventaire actualisé de la famille des Culicidae dans quatre sites de la région de Tébessa (Nord-Est de l'Algérie) pendant une année (2019-2020).

- Détermination de la distribution spatiale et temporelle des moustiques, en utilisant les indices appropriés, et cela pour mettre en évidence la caractérisation structurelle du peuplement culicidien.
- Etude de l'effet de la variation des paramètres physico-chimiques de l'eau (pH, conductivité, salinité, oxygène dissout et total des solides dissous) sur la dynamique de la communauté culicidienne.
- Evaluation de l'effet des facteurs climatiques (température et précipitation) sur la distribution et l'abondance de la population culicidienne.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation de la région d'étude

2.1.1. Situation géographique

Tébessa est situé au Nord-Est de l'Algérie, elle s'étend sur une superficie d'environ 13878 km², et une altitude d'environ 960 m au niveau de la mer. La wilaya se trouve entre 34,75° et 36° de latitude Nord et 7,25° à 8,5° de longitude Est. Elle est bordée par la wilaya de Souk Ahras au Nord, par la wilaya d'El Oued au Sud, par la wilaya d'Oum El Bouaghi et Khenchela à l'Ouest, et par la frontière algéro-tunisienne à l'Est (Fig. 1). Le paysage de la région est diversifié. Elle se compose de 28 localités, dont notre enquête concerne quatre : Bekkaria, Boulhef Dyr, Tébessa ville et El Hammamet.

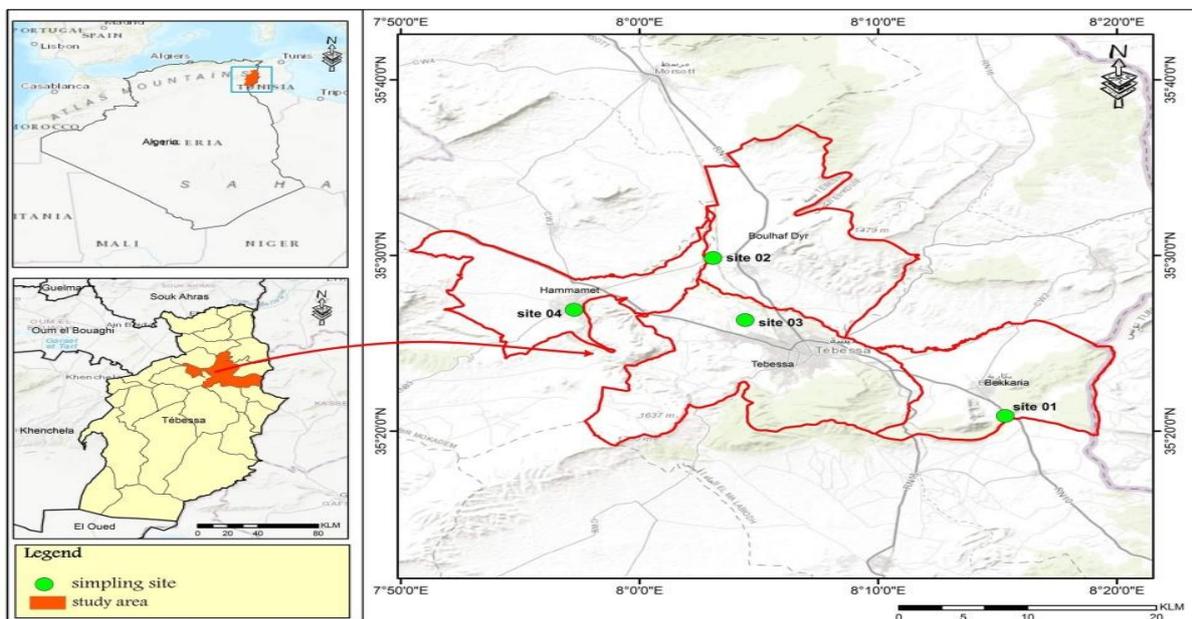


Figure 1. Présentation des sites d'étude (Photo personnelle, 2023).

2.1.2. Couvert végétal

La végétation steppique se compose principalement d'une couche herbacée basse et discontinue, qui se forme généralement en touffes, laissant apparaître des plaques de sol nues entre elles (Djebaili, 1978). Le cortège floristique dans la région d'étude est principalement dominé par les plantes herbacées telles que : l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*), l'alfa (*Stipa tenacissima*) et l'atriplex (*Atriplex halimus*). Les formations boisées sont rencontrées dans les montagnes et les piémonts dont les arbres les plus dominants sont le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus* L.), le chêne vert (*Quercus ilex* L.) et l'olivier (*Olea europaea* L.).

2.1.3. Hydrographie

Deux systèmes hydrographiques majeurs traversent la wilaya de Tébessa :

La partie nord de la wilaya est couverte par le bassin versant de l'Oued Medjerda qui est divisé en quatre sous-bassins versants. De nombreux cours d'eau assurent l'écoulement exoréique, dont les plus importants sont Oued Chabro, Oued Mellégué, Oued Ksob, Oued Serdiess et Oued El Kebir.

Le bassin versant de l'Oued Melghir couvre la partie sud de la wilaya. Les zones d'épandages situées au sud sont alimentées par Oued Cheria, Oued Helail, Oued Mechra, Oued Safsaf, Oued Gheznet, Oued Djarech et Oued Serdiess, qui drainent l'écoulement endoréique.

2.2. Présentation des sites d'étude

Dans le but d'étudier la richesse de la population culicidienne et de déterminer leur dynamique spatio-temporelle dans la région de Tébessa (Nord-est d'Algérie), une enquête entomologique a été réalisée dans la région. Nous avons sélectionné 16 gîtes potentiels appartenant aux quatre sites : Bekkaria, Boulhef Dyr, Tébessa et El Hammamet. Le choix des sites est fait sur la base de leur localisation, la présence des larves, la diversité des milieux et le non-traitement par les insecticides. Des collectes bimensuelles des stades immatures des moustiques ont été régulièrement effectuées durant une année, de juin 2019 jusqu'à mai 2020.

2.2.1. Bekkaria

Ce site (35°20'44"N, 8°15'24"E) est situé à l'Est du chef-lieu de la wilaya, limité au Sud par El Houdjbet, au Nord par El Kouif, à l'Est par les frontières Algéro-tunisiennes, tandis qu'à l'Ouest par la ville de Tébessa. Les prélèvements ont été réalisés dans trois fausses d'accumulation des eaux de pluie et un gîte naturel appelé El khanga riche en végétation spécialement : *Pinus halepensis* M. et *Lolium perenne* L (Fig. 2).

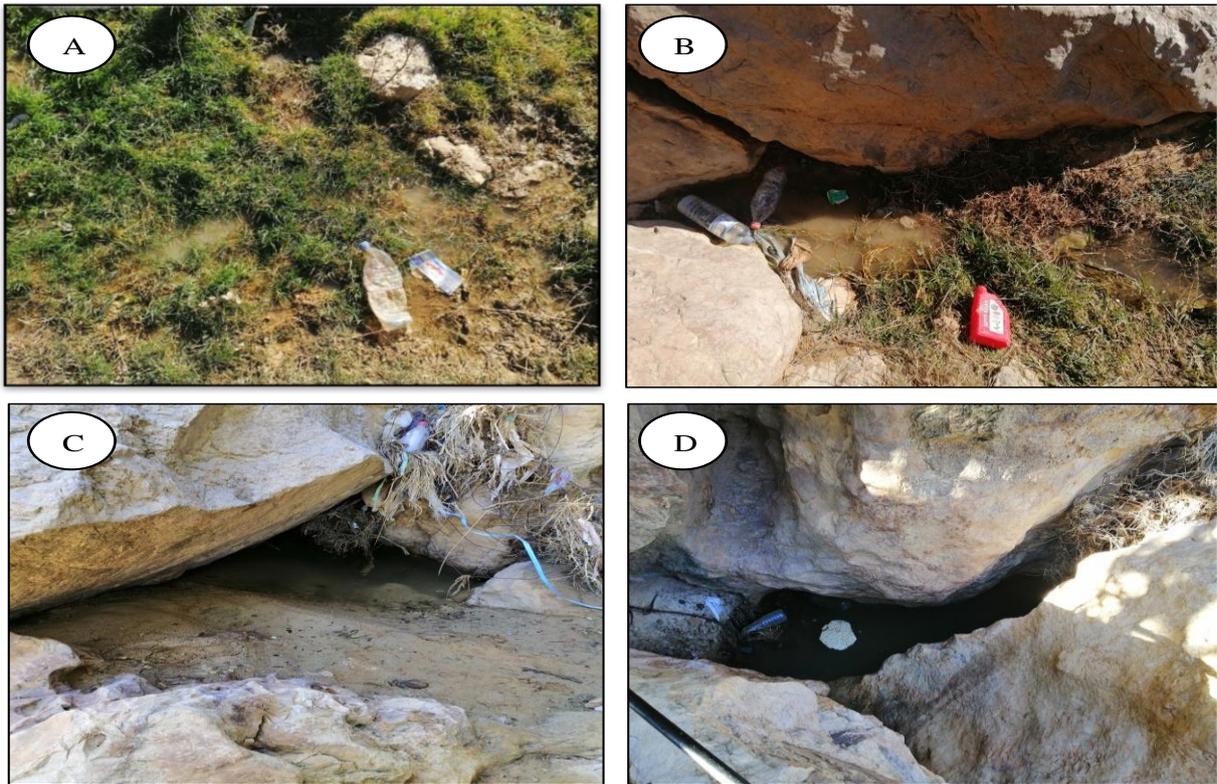


Figure 2. Site de Bekkaria ; **A** : station 1 (gîte naturel), **B** : station 2 (fausse d'accumulation), **C** : station 3 (fausse d'accumulation) et **D** : station 4 (fausse d'accumulation) (Photos personnelles).

2.2.2. Boulhef Dyr

Ce site ($35^{\circ}29'38''\text{N}$, $8^{\circ}02'37''\text{E}$), situé au Nord-Ouest du chef-lieu de la wilaya, est limité au Sud par la ville de Tébessa et El Hammamet, au Nord par Bir D'heb, à l'Est par El Kouif tandis qu'à l'Ouest par El Hammamet. Différents habitats ont été prospectés entourés par différentes végétations (un marais très pollué, 2 vallées et une fosse d'accumulation des eaux de pluie de profondeur moyenne, avec un fond argileux, l'eau de ce site est claire) (Fig.3).

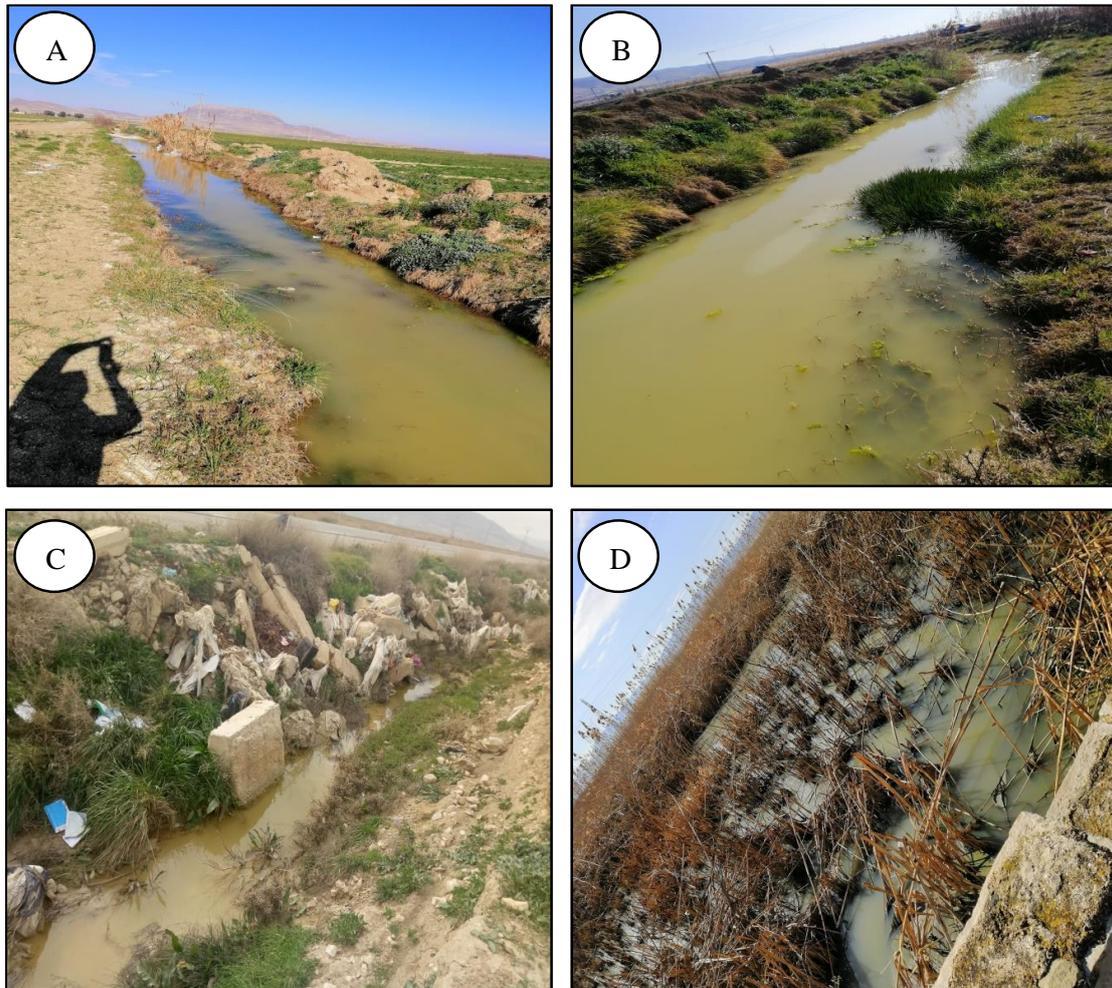


Figure 3. Site de Boulhef Dyr ; **A** : station 1 (vallée), **B** : station 2 (vallée), **C** : station 3 (fausse d'accumulation) et **D** : station 4 (marais) (Photos personnelles).

2.2.3. Tébessa ville

Ce site ($35^{\circ}26'29''\text{N}$, $8^{\circ}03'54''\text{E}$) est situé à la sortie de la wilaya ; il est limité au Sud par Elma Labiod, au Nord par El Kouif, à l'Est par Bekkaria, tandis qu'à l'Ouest par El Hammamet et Boulhef Dyr. Les stations de prélèvement des larves sont deux gîtes naturels, fausse d'accumulation des eaux usées et une vallée près de la route et des habitations humaines avec une végétation aux alentours (Fig. 4).



Figure 4. Site de Tébessa ; **A** : station 1 (gîte naturel), **B** : station 2 (gîte naturel), **C** : station 3 (fausse d'accumulation) et **D** : station 4 (vallée) (Photos personnelles).

2.2.4. El Hammamet

Ce site est situé à l'Ouest du chef-lieu de la wilaya ($35^{\circ}26'53''\text{N}$, $7^{\circ}57'11''\text{E}$), limité au Nord par Bir D'heb, au Sud par Bir Mokaddem et El Ogla, à l'Ouest par Gourigueur et Bir Mokaddem tandis qu'à l'Est par Boulhef Dyr et Tébessa. Les stations d'échantillonnages sont des sites urbains présentés par 3 bâches à eau et un canal d'eau situé au niveau d'une pépinière (Fig. 5).



Figure 5. Site d'El Hammamet ; **A** : station 1 (bâche à eau), **B** : station 2 (bâche à eau), **C** : station 3 (canal d'eau) et **D** : station 4 (bâche à eau) (Photos personnelles).

2.3. Données climatiques de la région d'étude

Située dans les hauts plateaux telliens, la wilaya de Tébessa bénéficie d'un climat semi-aride (indice d'aridité De Martonne = 14,10), avec un été chaud et un hiver froid. Les facteurs climatiques peuvent agir indirectement ou directement sur la répartition, la diversité, l'abondance et le développement des moustiques. Pour mieux cerner leurs effets sur la saisonnalité des culicidés, des données climatiques exploitées (1972-2020) sont fournies par la station météorologique de Tébessa (code : 604750) (35°4"N ; 8°13"E, altitude : 813 m) et le site Tutiempo (<https://fr.tutiempo.net/climat/ws-604750.html>).

Indice de De Martonne : est de 14,10 (1972-2020), plaçant la zone d'étude dans la classe semi-aride à écoulement temporaire. Il est estimé selon la formule suivante :

$$I = P/T + 10$$

I : indice d'aridité

P : précipitations moyennes annuelles en mm.

T : températures moyennes annuelles en °C.

De Martonne a créé la classification suivante en fonction des valeurs de (I) :

Climat hyperaride : $I < 5$;

Climat désertique : $5 < I < 7,5$;

Climat steppique : $7,5 < I < 10$;

Climat semi-aride à écoulement temporaire : $10 < I < 20$;

Climat tempéré à écoulement abondant : $20 < I < 30$.

2.3.1. Température

L'analyse des variations des températures mensuelles (Tableau 1) montre que le mois le plus chaud est juillet (28,5 C°), En revanche, janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 6,6 C°.

Tableau 1 : Températures moyennes mensuelles (°C) dans la région de Tébessa entre Juin 2019 et Mai 2020. Source : <https://fr.tutiempo.net/climat/ws-604750.html>.

Mois	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai
Température (°C)	26,8	28,5	27,1	22,1	17,2	10,2	9,2	6,6	9,6	10,4	15	21,1

2.3.2. Précipitations

Le tableau 2 résume les quantités de pluies tombées au cours chaque mois de la période d'étude. Durant l'année 2019-2020, On note une forte fluctuation saisonnière et une irrégularité dans la distribution et le volume des précipitations. Septembre, Mars et Août ont les plus grandes précipitations avec 94,98 mm, 73,14 mm et 51,8 mm, respectivement. Il y a eu un total de 380,66 mm de précipitations enregistrées.

Tableau 2 : Variation mensuelle des précipitations (mm) dans la région de Tébessa entre Juin 2019 et Mai 2020. Source : <https://fr.tutiempo.net/climat/ws-604750.html>.

Mois	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai
Précipitations (mm)	0,25	4,06	51,8	94,98	24,89	29,71	35,81	11,93	0	73,14	43,17	10,92

2.3.3. Humidité

L'humidité relative de l'air varie avec la température, elle permet de créer un environnement propice à la pullulation des moustiques qui ont fait leur apparition dans divers endroits. Les pourcentages d'humidité relative mensuelle (HR%) dans la région de Tébessa ont été enregistrés entre juin 2019 et mai 2020 (Tableau 3). On constate que la période hivernale est la plus humide, notamment les deux mois : janvier (66,2%) et décembre (61,3%), tandis que la période estivale est la moins humide (juillet (26,6%) et juin (28,8%)).

Tableau 3 : Variation mensuelle de l'humidité relative moyenne (%) dans la région de Tébessa entre Juin 2019 et Mai 2020. Source : <https://fr.tutiempo.net/climat/ws-604750.html>.

Mois	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai
Humidité (%)	28,8	26,6	38,6	56,8	58,3	59,6	61,3	66,2	44,4	60,7	58	35,8

2.3.4. Classification du climat

Le diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls (Dajoz, 2006) est une méthode classique de classification du climat qui permet de déterminer la durée et l'intensité de la saison sèche pendant l'année et par conséquent la saison des pluies. Il prend en considération la précipitation mensuelle moyenne (P) et la température mensuelle moyenne, soit $P = 2T$. La période sèche est déterminée quand la courbe des précipitations est située au-dessous de celle des températures moyennes. En revanche, il est humide (Dreux, 1980). Le diagramme de Gaussen pour la période (2019-2020) révèle une alternance de deux périodes l'une sèche allant du mois de juin jusqu'au début d'août 2019 et l'autre humide s'étale de la mi-août jusqu'à avril 2020 entrecoupée par une période sèche en mi-janvier au février (Fig. 6).

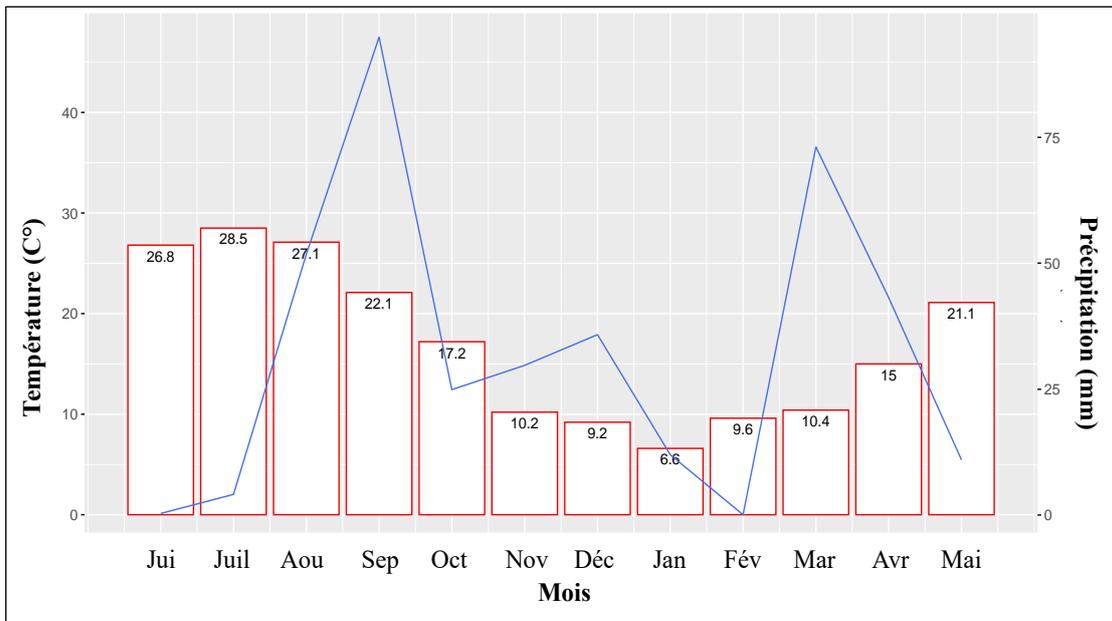


Figure 6. Diagramme Ombrothermique de la région de Tébessa (Juin 2019-Mai 2020).

2.4. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des gîtes

Les caractéristiques physico-chimiques sont cruciales car elles ont un impact sur la biologie de chaque espèce ainsi que la dynamique et la structure de la biocénose dans son ensemble. Le milieu dans lequel évoluent les stades pré-imaginaux des moustiques est caractérisé par la nature de l'eau. En conséquence, l'abondance et la distribution des espèces dans le biotope sont influencées par les propriétés physico-chimiques de l'eau des gîtes larvaires des Culicidae tels que le pH, la température (T°), la conductivité ($C \mu\text{s}/\text{cm}$), l'oxygène dissous (OD, ppm), la salinité, et les solides totaux dissous (TDS mg/L).

Un appareil multiparamètre (Multi 340 i, Allemagne) (Fig. 7) est utilisé pour mesurer les paramètres physico-chimiques de l'eau des gîtes sur le terrain. Ces mesures ont été faites les matinées avec une fréquence de 2 sorties par mois. Les échantillons sont prélevés dans des flacons en verre chaque saison et transportés dans une glacière au laboratoire. Les échantillons obtenus sont ensuite filtrés à l'aide du papier filtre (Papier Wattman) pour éliminer les résidus puis mesurés à l'aide d'un spectre à flamme. Les éléments chimiques suivants ont été dosés : Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Ba et Li (Fig. 7).



Figure 7. Dosage des éléments chimiques (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Ba et Li) à l'aide d'un spectre à flamme (photos personnelles).

2.5. Echantillonnage des populations culicidiennes

2.5.1. Méthode adoptée sur terrain

L'échantillonnage a été effectué sur une période de 12 mois (de juin 2019 à mai 2020), au niveau de 4 sites de la région de Tébessa (Bekkaria, Boulhef Dyr, Tébessa et El Hammamet). Dans chaque habitat, quatre gîtes larvaires ont été choisis en fonction de leur stabilité (temporaire ou permanente) et de leur productivité (présence de stades immatures). Les moustiques immatures de chaque gîte larvaire ont été échantillonnés bimensuellement à l'aide d'une louche de 500 ml en utilisant la technique de trempage standard (dipping). Les prélèvements ont été transportés séparément au laboratoire dans des récipients étiquetés avec toutes les informations nécessaires (station, type d'habitat et date).

2.5.2. Méthode adoptée au laboratoire

Une fois, les œufs, les larves et les nymphes sont transportés au laboratoire, ils ont été élevés dans les insectariums jusqu'à ce qu'ils atteignent le quatrième stade ou le stade adulte. L'identification a été faite sur la base des critères morphologiques de ces stades (Brunhes *et al.*, 1999).

Les larves de quatrième stade ont été clarifiées à froid dans de l'hydroxyde de potassium à 5-10%, rincées à l'eau claire, puis passées dans 2 bains d'éthanol de concentration croissante (70% puis >96%). Ensuite, les larves ont été convenablement montées entre lame et lamelle, dans de l'alcool polyvinylique comme milieu, après avoir été coupées en deux parties au niveau du 4ème segment abdominal, à l'aide d'une paire de pinces entomologiques sous une loupe binoculaire. La partie antérieure est montée côté dorsal vers le haut, et le reste est monté latéralement. Après

l'identification, la lame doit contenir le nom de l'espèce, la date et le lieu de la récolte. Les adultes ont été montés en double sur des micro-pinces alors qu'ils étaient frais. Les caractéristiques morphologiques importantes telles que les écailles, les soies, les palpes, l'abdomen, les pattes et les organes génitaux ont été vérifiées.

2.6. Techniques d'identification des Culicidae

Les larves et les adultes ont été identifiés à l'aide d'une clé dichotomique de Himmi *et al.* (1995) et d'un logiciel d'identification de Bruhnes *et al.* (1999) pour les moustiques de l'Afrique méditerranéenne.

2.7. Indices écologiques

Les indices écologiques liés à la diversité alpha et bêta ont été calculés. La richesse spécifique totale et moyenne, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence représentent les indices de composition écologique. Tandis que les indices écologiques de structure sont représentés par l'indice de diversité de Shannon-Weaver, l'indice de diversité de Simpson, l'indice d'équitabilité et l'indice de similarité de Margalef.

2.7.1. Indices de composition (Diversité α)

2.7.1.1. Richesse spécifique (ou totale) et moyenne

La richesse moyenne (S') est le rapport entre le nombre total d'individus (K_i) pour chacune des espèces et le nombre total de relevés (N) effectués (Ramade, 1984) :

$$S' = K_i / N$$

2.7.1.2. Abondance relative

L'abondance relative fait référence à l'uniformité de la distribution des individus parmi les espèces d'une communauté. C'est le pourcentage des individus de l'espèce (n_i) par rapport au total des individus (N). Elle se calcule comme suit :

$$C = (n_i \times 100) / N$$

n_i : nombre d'individus de l'espèce i prise en considération.

N : le nombre total d'individus relevés.

Lors de l'enregistrement de l'abondance de différentes espèces dans un échantillon, on constate invariablement que certaines espèces sont :

- Espèces communes : présentent dans plus de 50 % de relevés.
- Espèces rares : présentent dans 25 à 50 % de relevés.
- Espèces très rares : présentent dans moins de 25 % de relevés.

2.7.1.3. Fréquence d'occurrence (Constance)

C'est une expression quantitative de la présence ou de l'absence d'individus d'une espèce dans une population, exprimée par le rapport entre le nombre de prélèvements contenant une espèce et le nombre total des prélèvements effectués (Dajoz, 1975). La fréquence d'occurrence est égale à :

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

P_i : le nombre de relevés contenant l'espèce i .

N : le nombre de relevés effectués.

La valeur F permet de diviser les espèces en :

- | | |
|--|---|
| - Espèce omniprésente si $F = 100\%$ | - Espèce constante si $75\% \leq F < 100\%$ |
| - Espèce régulière si $50\% \leq F < 75\%$ | - Espèce accessoire si $25\% \leq F < 50\%$ |
| - Espèce accidentelle si $5\% \leq F < 25\%$ | - Espèce rare si $F \leq 4\%$ |

2.7.2. Indices de structure (Diversité α)

Les indices de structure étudiés montrent l'aspect qualitatif de l'entomofaune et permettent d'avoir rapidement, en un seul chiffre, une évaluation de la biodiversité de la communauté (Grall et Hily, 2003).

2.7.2.1. Indice de diversité de Shannon -Weaver (H')

C'est l'indice de diversité le plus utilisé dans la littérature écologique. Il suppose que les individus sont échantillonnés au hasard dans une communauté infiniment grande et que toutes les espèces sont représentées dans l'échantillon (Daget, 1976). Il donne plus de poids aux espèces rares et ne prend pas en considération la taille de l'échantillon. L'indice de Shannon est calculé à partir de l'équation :

$$H' = - \sum_{i=1}^{i=n} [p_i \log_2 p_i] \text{ Où } p_i = n_i/N$$

H' : Diversité spécifique.

N : Effectif total du peuplement.

n_i : Effectif de l'espèce i .

Les valeurs typiques se situent généralement entre 1,5 et 3,5 dans la plupart des études écologiques, l'indice est rarement supérieur à 4. Une valeur élevée de cet indice correspond à un peuplement riche en espèce, dont la distribution d'abondance est équilibrée. A l'inverse, une valeur faible de cet indice correspond soit à un peuplement caractérisé par un nombre d'espèces faible pour un nombre d'individus élevé, soit à un peuplement dans lequel il y'a une espèce dominante.

2.7.2.2. Indice de Simpson

Appelé indice de dominance ou de répartition des individus entre les espèces d'une communauté. L'indice Simpson est basé sur la probabilité que deux individus tirés au hasard d'une communauté infiniment grande appartenant à la même espèce. Il est donné par la formule suivante :

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

L'indice de diversité de Simpson varie de 0 à 1, plus sa valeur se rapproche à 1, la diversité est forte et les milieux sont proches du point de vue de la composition faunistique. Il faut noter que cet indice de diversité donne plus de poids aux espèces abondantes qu'aux espèces rares (Grall & Coïc, 2006).

2.7.2.3. Equitabilité (Equirépartition)

L'indice d'équitabilité de Pielou, appelé également indice d'équirépartition, représentant le rapport de la diversité observée (H') à la diversité maximale ($H' \text{ max}$) (Faurie *et al.*, 2003), est calculé par la formule suivante :

$$E = H' / Hmax \text{ Avec } Hmax = \log 2(S)$$

H' : indice de Shannon, S : la richesse spécifique.

L'équitabilité est un indice complémentaire à l'étude de la diversité spécifique. Cet indice varie de 0 à 1. En effet, il tend vers 0 lorsqu'une espèce domine toute la communauté, et il est égal à 1, lorsque toutes les espèces ont des abondances identiques dans la communauté (Frontier *et al.*, 2008).

2.7.2.4. Indice de Margalef

L'indice de diversité de Margalef est un indice de richesse spécifique. De nombreuses mesures de la richesse spécifique souffrent du problème qu'elles dépendent fortement de l'effort

d'échantillonnage. Plus l'effort d'échantillonnage est important, plus la valeur de l'indice est potentiellement élevée. Ainsi, la comparaison des paramètres des échantillons collectés avec différents niveaux d'effort d'échantillonnage peut être difficile et éventuellement trompeuse. L'indice de Margalef a été l'une des premières tentatives pour compenser les effets de la taille de l'échantillon en divisant le nombre d'espèces dans un échantillon par le logarithme naturel du nombre d'organismes collectés. Il est donné par la formule suivante :

$$Mg = \frac{S - 1}{\log_2 N}$$

S : nombre d'espèces.

N : nombre total d'individus.

2.7.3. Indices de similarité (Diversité β)

2.7.3.1. Indice de Morisita-Horn

L'indice de Morisita-Horn s'applique aux données quantitatives. Il est donné par la formule suivante :

$$CMor = 2 \sum (ani \times bni) / ((da + db) \times (Na + Nb))$$

Na : nombre d'individus d'une station a ;

Nb : nombre d'individus d'une station b ;

ani : nombre d'individus de l'espèce i dans la station a ;

bni : nombre d'individus de l'espèce i dans la station b ;

da : nombre d'espèces spécifiques à la station a ;

db : nombre d'espèces spécifiques à la station b (Magurran, 2004).

Sa valeur varie de 0 à 1. La valeur zéro traduit l'absence de toute similarité entre les couples observés (dans ce cas, communauté dissemblables) et l'unité exprime une ressemblance maximale.

2.7.3.2. Indice de Jaccards

Cet indice permet une comparaison entre deux sites car il évalue la ressemblance en calculant le rapport entre les espèces communes aux deux sites et celles propre à chaque relevé. Il est donné par la formule suivante :

$$I = \frac{Nc}{N1 + N2 - Nc}$$

Nc : correspond au nombre de taxon commun entre les deux sites

$N1$ et $N2$: nombre de taxons présents sur le site 1 et 2, respectivement.

Les valeurs de l'indice varient entre 0 lorsque les deux sites n'ont aucune espèce en commun, et 1 quand les deux sites ont toutes leurs espèces en commun. Plus la valeur est proche de 1, plus les sites sont similaires.

2.7.3.3. Diagramme de Venn-Euler (ou diagramme logique)

Permet de représenter des ensembles et leurs intersections. Il présente une organisation spatiale de l'information plus pertinente que celle fournie par la liste. Afin de déterminer les affinités spatiales et temporelles, un diagramme spatial a été réalisé impliquant les sites d'étude (Bekkaria, Boulhef Dyr, Tébessa et El Hammamet). Le programme utilisé est InteractiVenn disponible sur le site web <http://www.interactivenn.net/index.html> (Heberle *et al.*, 2015).

2.8. Estimation de l'effort d'échantillonnage

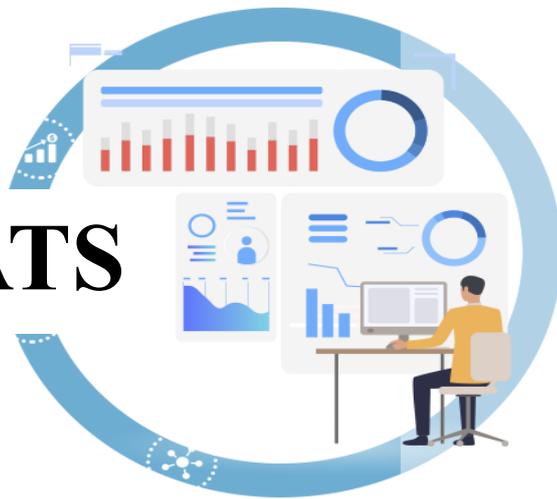
La richesse en espèces est considérée comme un indice de diversité simple et facile à analyser (Gotelli & Colwell, 2001). Pour déterminer si l'effort d'échantillonnage appliqué a permis d'estimer correctement cet indice, les courbes de rareté et d'extrapolation ont été construites sur la base d'un ensemble approprié de modèles statistiques d'échantillonnage. Ces courbes permettent, à partir des données observées, de dériver une estimation de la richesse cumulée des espèces en fonction de l'effort d'échantillonnage fourni. Cette méthode présente également l'avantage de comparer différents ensembles de données collectées avec des efforts d'échantillonnage variables (Colwell *et al.*, 2012 ; Colwell, 2013). Les courbes d'interpolation permettent de prédire la richesse en espèces pour une taille d'échantillon supérieure à la taille de référence. Les interpolations de la richesse en espèces ont été associées à des limites inférieures et supérieures d'un intervalle de confiance de 95 %.

2.9. Analyse statistique

Pour examiner la diversité de la faune des Culicidae dans la région de Tébessa, toutes les analyses statistiques des indices écologiques de composition (la richesse spécifique (S) et l'abondance (A)) et les indices de diversité de Shannon (H') et de Simpson, l'indices de richesse de Margalef et l'indice de régularité de Piélou (J') de structure ont été réalisées avec le langage statistique R (R Core Team, 2022) (Ihaka & Gentleman, 1996) version 4.2.0 pour MacOS

(<https://cran.r-project.org>). Tous ces indices écologiques ont été obtenus à l'aide du package "EcoIndR" (Guisande et al., 2017) ; ce package R est un algorithme de comparaison de la diversité des espèces entre assemblages. La corrélation non paramétrique de rang de Spearman a également été évaluée pour étudier une association possible entre les abondances d'espèces (A) et certains paramètres climatiques et physicochimiques. Le test de corrélation a été appliqué à un niveau de signification de $\alpha = 0,05$. En outre, la caractérisation de la distribution des espèces a été présentée par plusieurs types de graphiques (diagrammes à barres empilées, corrélogrammes, diagrammes en donut et diagrammes circulaires) générés par de nombreux autres paquets R : 'ggplot2' (Wickham, 2016), 'ggcorrplot' (Kassambara, 2019), 'ggpubr' (Kassambara, 2020) et 'webr' (Moon, 2020). Concernant les indices de similarité (Morisita-Horn & Jaccard), l'analyse des données a été effectuée avec le logiciel Past version 3.25. Les courbes de raréfaction et d'extrapolation ont été effectuées à l'aide d'un programme iNEXT disponible en ligne sur le site web <https://chao.shinyapps.io/iNEXTOnline/>. De plus, le programme utilisé pour déterminer les affinités de similarité spatiale est le diagramme de Venn disponible sur le site web : <http://www.interactivenn.net/index.html> (Heberle et al., 2015).

RESULTATS



III. RESULTATS

3.1. Inventaire des Culicidés dans la région de Tébessa

Cette prospection culicidienne a été menée entre juin 2019 et Mai 2020 dans le but d'actualiser la liste des espèces culicidiennes présentes dans la région de Tébessa (Nord-Est de l'Algérie). Notre enquête a couvert quatre sites d'échantillonnage dans la wilaya de Tébessa : Bekkaria, Boulhef Dyr, Tébessa et El Hammamet. Nous avons collecté et identifié un total de 69974 spécimens de moustiques (Diptera : Culicidae). Les résultats révèlent l'existence de 10 espèces de moustiques appartenant à 2 sous-familles : Culicinae (90%) et Anophelinae (10%) regroupés en 4 genres (*Culex*, *Culiseta*, *Aedes* et *Anopheles*) (Tableau 4).

Tableau 4. Liste des espèces de Culicidés inventoriées dans les sites d'étude (décembre 2019 - novembre 2020).

Famille	Sous-famille	Genre	Espèces
Culicidae	Culicinae	<i>Culex</i>	<i>Culex pipiens</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Culex theileri</i> (Theobald, 1903)
			<i>Culex hortensis</i> (Ficalbi, 1889)
			<i>Culex laticinctus</i> (Edwards, 1913)
			<i>Culex brumpti</i> (Galliard, 1931)
		<i>Culiseta longiareolata</i> (Macquart, 1828)	
	<i>Culiseta</i>	<i>Culiseta annulata</i> (Schrank, 1776)	
		<i>Aedes caspius</i> (Pallas, 1771)	
	<i>Aedes</i>	<i>Aedes geniculatus</i> (Olivier, 1791)	
		<i>Anopheles labranchiae</i> (Falleroni, 1926)	
Anophelinae	<i>Anopheles</i>		

3.2. Présentation des espèces inventoriées

3.2.1. *Culex pipiens* (Linné, 1758)

Chez la larve de cette espèce, le mentum est caractérisé par 8 dents ou plus de part et d'autre de la dent médiane ; toutes les écailles du 8ème segment sont disposées en désordre et sans épine médiane ; l'épine préclypéale est mince et effilée à l'apex. Le siphon de *Cx. pipiens* se caractérise par ses soies 1a-S qui sont composées de 2 à 5 branches qui se situe au-delà de la dent distale du peigne du siphon ; cette dernière est composée de 3 à 5 denticules basaux. Quant à la soie antennaire 3-A, elle est proche de 4-A. Le tergite III de l'abdomen des adultes se caractérise par une bande antérieure claire et une aile qui se distingue par une nervure R2+3 très courte qui ne parvient pas au niveau de la jonction costale-sous-costale (Fig. 8).

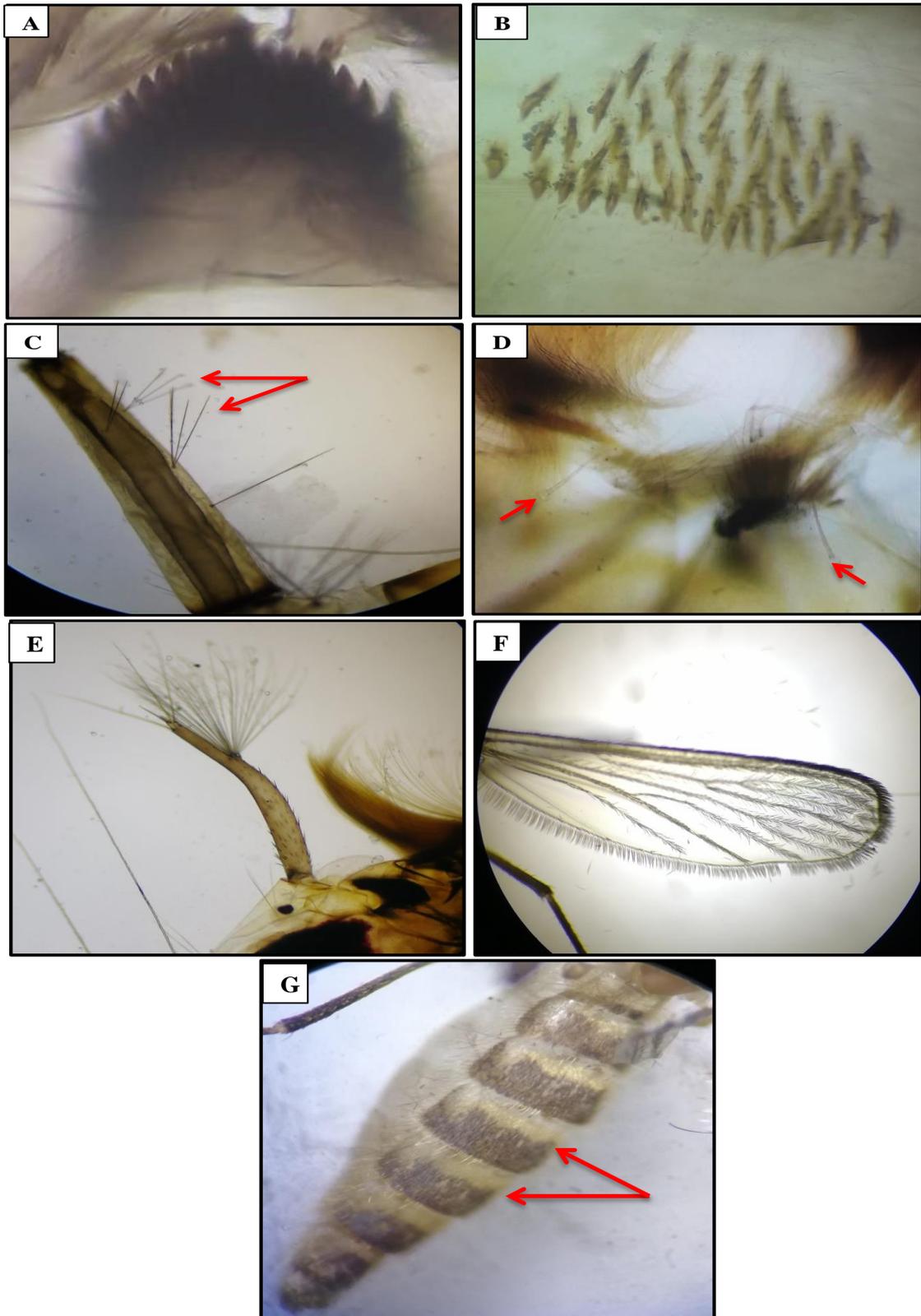


Figure 8. Critères morphologiques d'identification de l'espèce *Cx. pipiens* ; **A:** Mentum; **B:** Ecaillés du VIII^{ème} segment abdominal; **C:** Soies 1a-S; **D:** Epine préclypéale ; **E:** Soie antennaire 3-A proche de 4-A; **F:** Nervure R2+3 très courte; **G:** Tergites abdominaux (Photos personnelles).

3.2.2. *Culex hortensis* (Ficalbi, 1889)

Cx. hortensis est largement répandue dans toute la région circumméditerranéenne atteignant l'Iran (Schaffner *et al.*, 2001). Cette espèce multivoltine est très abondante pendant le début de printemps et jusqu'à l'automne. Ses larves peuvent se développer dans des gîtes larvaires très diversifiés ; elles colonisent les habitats ruraux et urbains, il est possible que l'eau de ces gîtes riche en matières organiques, elle est généralement ensoleillée, douce et stagnante. L'abondance de l'espèce est due à cette grande plasticité dans le choix des gîtes (Bruhnes *et al.*, 1999). Elle peut se développer dans les canaux, les étangs, les fontaines, les auges, les flaques d'eau et les berges de rivières (Sofizadeh *et al.*, 2017). Les femelles piquent les grenouilles et les reptiles, mais pas les mammifères.

Culex hortensis se distingue par les écailles du VIII^{ème} segment qui sont en désordre, la soie 1a-S du siphon qui a 2 à 5 branches ou 6 branches et plus, et l'épine subapicale 2-S du siphon longue et crochue (Fig. 9).

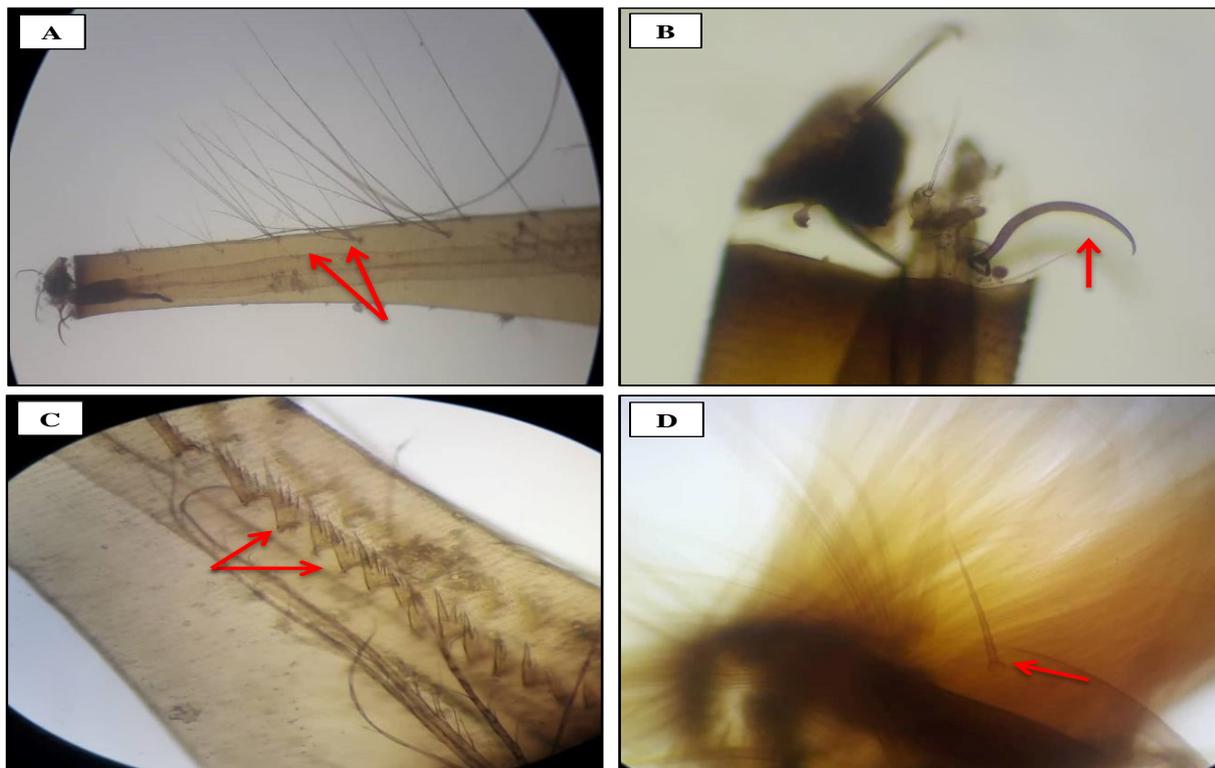


Figure 9. Critères morphologiques d'identification de l'espèce *Cx. hortensis* ; **A** : Soies 1a-S du siphon ; **B** : Epine subapicale 2- S ; **C** : Dent distale du peigne siphonal ; **D** : Epine préclypéale 1-C (Photos personnelles).

3.2.3. *Culex theileri* (Theobald, 1903)

Cx. theileri est une espèce qui a une vaste répartition, elle est trouvée dans le sud du Paléarctique, le nord de l'Orient et en Europe. Les larves de cette espèce peuvent être trouvées dans une variété de gîtes dans les habitats naturels et les zones rurales (marais, mares, rivières, flaques résiduelles, citerne, sources, rizières et canaux d'irrigation) présentant ou non une abondante végétation dont l'eau est généralement douce, mais elle peut également être légèrement salée ; cette eau peut être pure ou contaminée (Brunhes *et al.*, 2001 ; Aldemir *et al.*, 2010). Il sert de vecteur de plusieurs maladies zoonotiques, dont le virus du Nil occidental. Principalement, il est considéré comme un moustique mammophile, se nourrit également d'oiseaux (Munoz *et al.*, 2012 ; Osorio *et al.*, 2012). *Cx. theileri* se trouve naturellement infecté par le virus de la fièvre de la vallée du Rift (VFVR) et le virus Sindbis en Afrique du Sud (Schaffner *et al.*, 2001). En Iran, les femelles étaient naturellement infectées par des larves de troisième stade de *Dirofilaria immitis* (Azari-Hamidian *et al.*, 2009).

Cx. theileri se caractérise par le nombre de la soie 1a-S du siphon qui comporte 2 à 5 branches ou 6 branches et plus, le nombre de dents du mentum: moins de 8 de chaque côté de la dent médiane et la forme de l'épine préclypédique 1-C: épaisse jusqu'à l'apex. Le tergite III chez les adultes présente une bande antérieure prolongée vers l'arrière par un triangle médian. Une bande pâle antérieure complète est présente sur le fémur de la deuxième patte (Fig. 10).

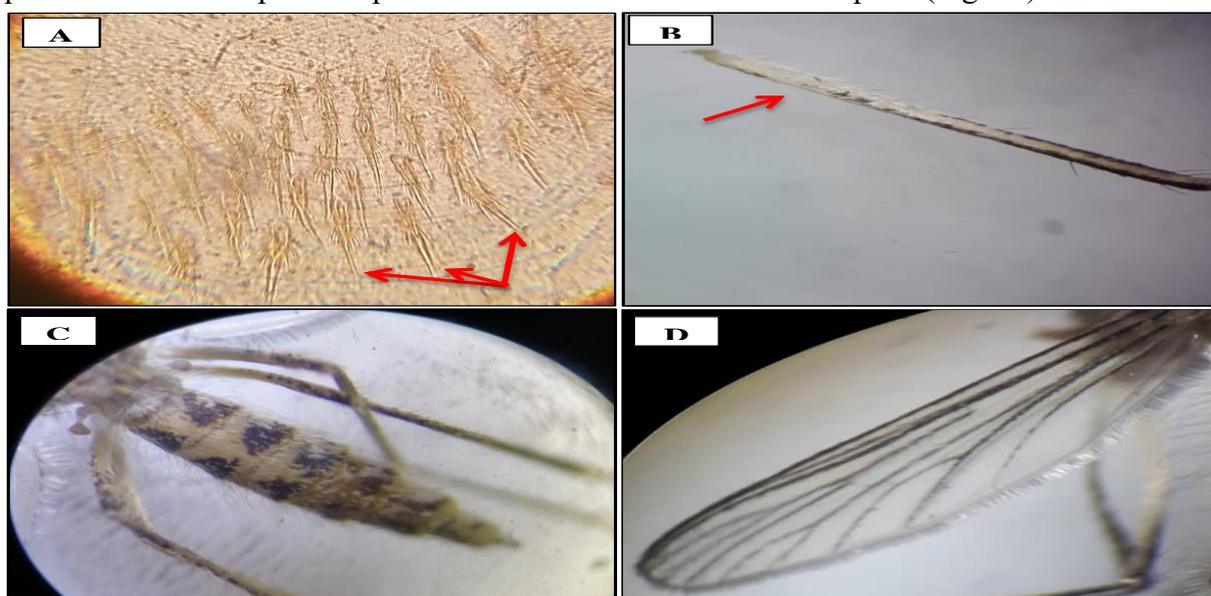


Figure 10. Critères morphologiques d'identification de l'espèce *Cx. theileri* ; **A:** Ecailles du VIII^{ème} segment abdominal; **B:** Fémur de la 2^{ème} patte; **C:** Tergites abdominaux; **D:** Nervure costale (Photos personnelles).

3.2.4. *Culex laticinctus* (Edwards, 1913)

C'est une espèce qui a une large répartition dans les régions méditerranéennes. Elle semble avoir été plus répandue dans le passé qu'elle ne l'est aujourd'hui. Les femelles n'ont pas d'importance médicale (Schaffner *et al.*, 2001). Les gîtes des larves présentent une grande variété et l'eau peut y être douce ou légèrement saumâtre. On peut en effet les trouver dans les récipients artificiels (citernes, réservoirs, barils, puits, bassins en béton et structures similaires) mais aussi dans les mares des cours d'eau, les bassins rocheux, les marécages, les sources, les fossés d'irrigation et les eaux souterraines temporaires (Al-Azab *et al.*, 2019).

Culex laticinctus se caractérise par une soie antennaire 3-A insérée à proximité de 4-A, d'une épine préclypéale 1-C épaisse jusqu'à l'apex et d'un mentum triangulaire qui constitue plus de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane et la dent distale du peigne siphonal contient moins de 3 denticules basaux (Fig. 11).

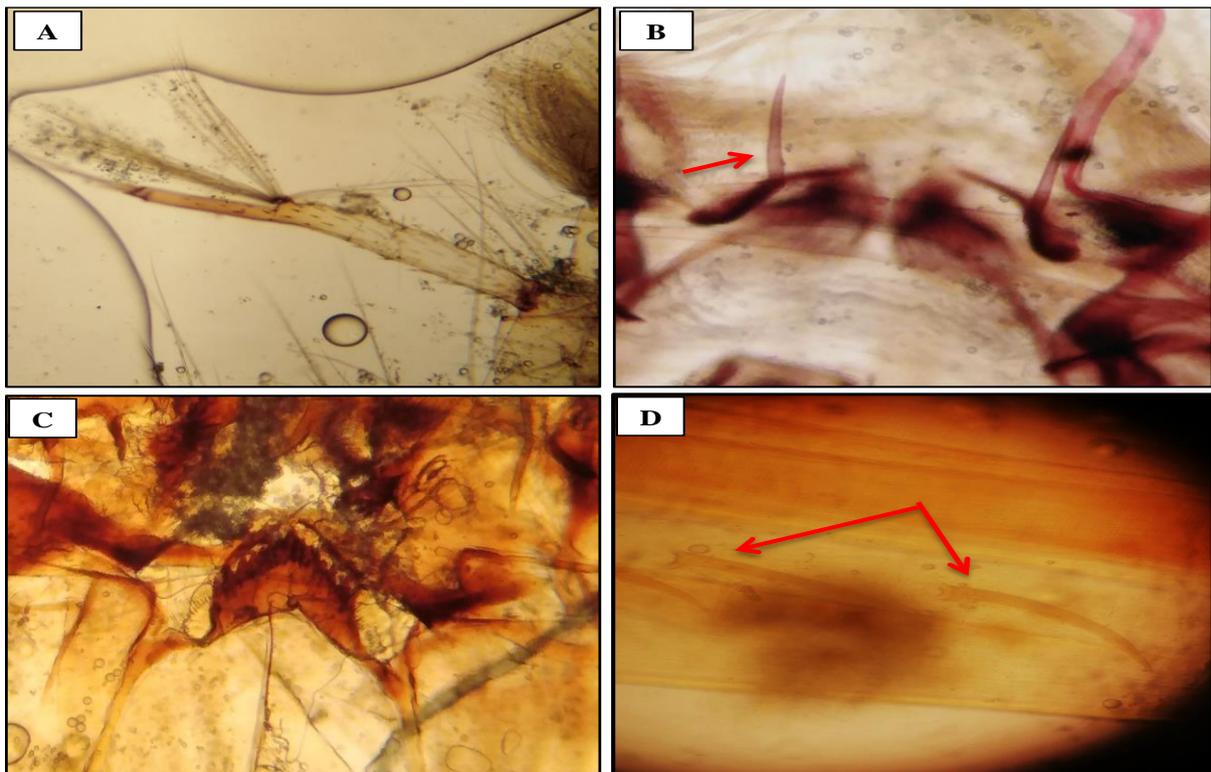


Figure 11. Critères morphologiques d'identification de l'espèce *Cx. laticinctus* ; **A** : Soie antennaire 3-A est proche de 4-A ; **B** : épine préclypéale 1-C; **C** : Mentum (Photos personnelles).

3.2.5. *Culex brumpti* (Galliard, 1931)

Cx. brumpti a été trouvé en Sardinia (Aitken, 1954) et au Maroc (Bruhnes *et al.*, 1999). Les larves de *Cx. brumpti* se développent dans des flaques résiduelles situées à proximité des torrents de montagne. La biologie des adultes est totalement inconnue (Bruhnes *et al.*, 1999). *Cx. brumpti* est similaire à *Cx. theileri* et se distingue par son peigne du segment VIII, composé d'un mélange d'écailles simples et de quelques écailles distales avec une épine médiane longue (Bruhnes *et al.*, 1999) (Fig. 12).



Figure 12. Critère morphologique d'identification de l'espèce *Cx. brumpti* ; les écailles du VIII^{ème} segment avec et sans épine (Photo personnelle).

3.2.6. *Culiseta annulata* (Schrank, 1776)

Culiseta annulata est une espèce multivoltine. Les femelles piquent tous les vertébrés à sang chaud mais avec une préférence pour les oiseaux. Elle est responsable de la transmission du virus de la myxomatose et du virus Tahyna (Li *et al.*, 2014 ; Camp *et al.*, 2021). Elle a été découverte dans une variété d'environnements qui peuvent être naturels (mare riche en matière organique, prairie inondée, fossé, bord de rivière) ou artificiels (bassin dont l'eau est polluée, citerne, pneu) où il existe une végétation abondante (Nikookar *et al.*, 2015). Le peigne siphonal de cette espèce contient plus de soies que des épines qui sont implantées en ranger régulière et les soies céphaliques DD sont écartées plus que les soies CC (Fig. 13).



Figure 13. Soies siphonales de *Cs. annulata* (Photo personnelle).

3.2.7. *Culiseta longiareolata* (Macquart, 1828)

Culiseta longiareolata se répartie dans toute l’Afrique méditerranéenne (Abdelmalek, 1960), largement distribuée en Europe, en Asie et en Afrique (Kampen *et al.*, 2013). Il s'agit d'une espèce multivoltine, les femelles sont sténogames et autogènes. Elles préfèrent piquer les vertébrés, principalement les oiseaux, et très rarement les humains (Bruhnes *et al.*, 1999). En outre, elle a été signalée comme vecteur de certaines maladies infectieuses telles que la malaria aviaire (Schoener *et al.*, 2017), la tularémie (Maslov *et al.*, 1989) et les arbovirus comme la fièvre du Nil occidental (Bisanzio *et al.*, 2011). Les larves ont été trouvées dans divers biotopes tels que les eaux temporaires ou semi-temporaires, douces ou saumâtres, même dans des eaux polluées (bassins, abreuvoirs, puits, trous de rocher, rizières, canaux...) (Bruhnes *et al.*, 1999 ; Ouattar *et al.*, 2018), et avec ou sans végétation (Asloum *et al.*, 2021). La larve de cette espèce est caractérisée par une tête sombre, très pigmentée, l’antenne est courte à tégument lisse et un mentum triangulaire. Le siphon est court et conique possédant deux touffes de soies basales. Le peigne siphonal s’étend sur quasiment tout le siphon avec des dents disposées irrégulièrement le long du siphon. L’adulte de *Culiseta longiareolata* est caractérisé par trois bandes blanches longitudinales sur le thorax (Fig. 14).

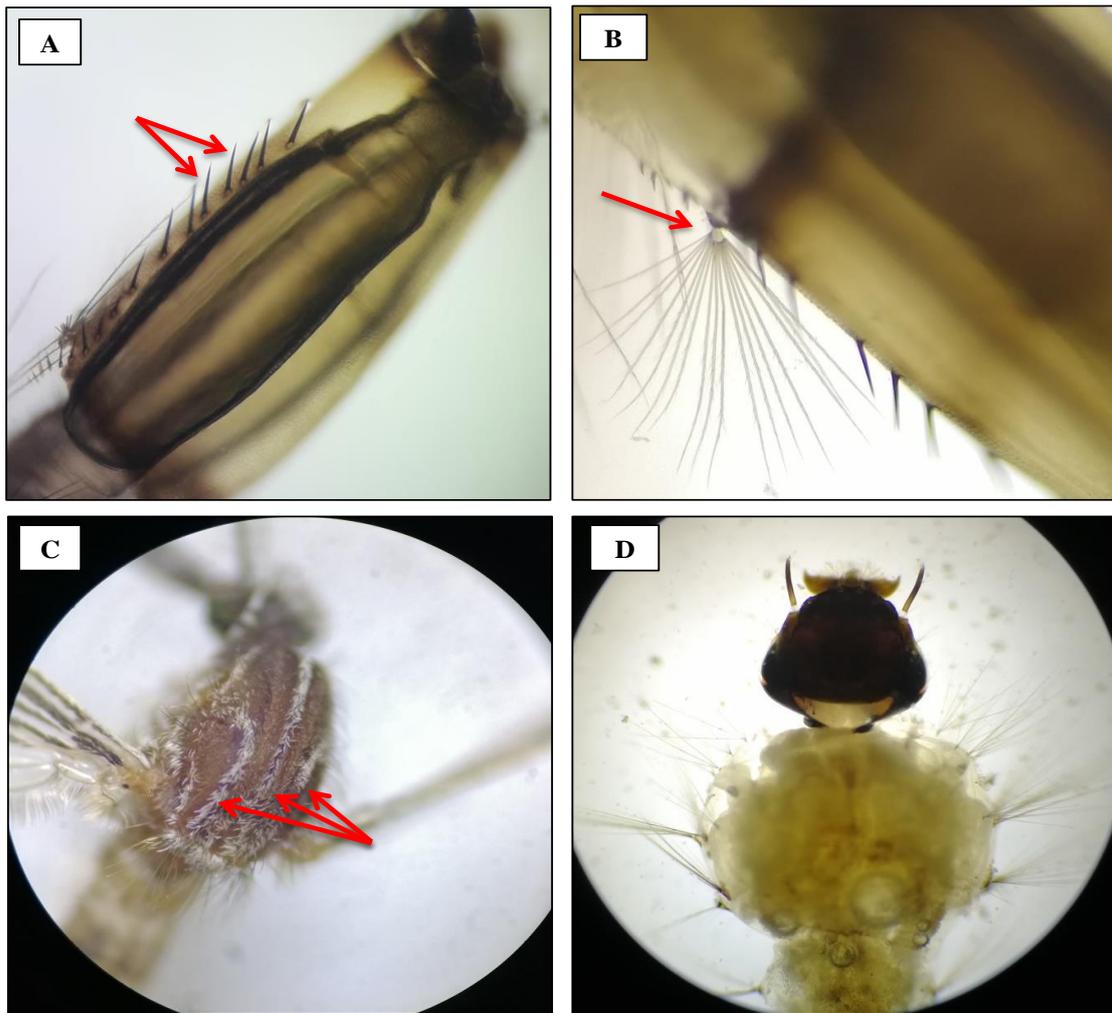


Figure 14. Critères morphologiques d'identification de l'espèce *Cs. longiareolata* ; **A** : Dents du peigne siphonal ; **B** : Touffe de soie ; **C** : Trois bandes blanches longitudinales ; **D** : Tête (Photos personnelles).

3.2.8. *Aedes caspius* (Pallas, 1771)

L'espèce est multivoltine. *Aedes caspius* a été collectée pour la première fois par Senevet et Collignon (1938), aux environs d'Alger. Elle a été observée dans tous les pays d'Afrique méditerranéenne. Les larves se développent dans des zones humides temporaires stagnantes à végétation abondante (Franquet *et al.*, 2002). Les gîtes larvaires sont très variés, généralement de grande taille (mares, marais, rizières, canaux...) mais parfois de petite taille (fossés, puits abandonnés...). Les larves peuvent être présentes dans les gîtes presque toute l'année en raison de l'éclosion différée de quelques œufs. Les imagos recherchent leur repas sanguin sur plus de 40 km. Tous les vertébrés à sang chaud sont piqués par les femelles, notamment à l'extérieur des habitations. Elle a été décrite comme vecteur de maladies virales et parasitaires pour l'homme et le bétail (Arsevskaja *et al.*, 2015 ; Mancini *et al.*, 2017), de filaires animales et

d'arbovirus (Tahyna, virus de la myxomatose). Le siphon de la larve porte une touffe apicale, les épines du peigne siphonal sont implantées régulièrement, la soie antennaire est en touffe et les écailles du 8^{ème} segment sont toutes sans épine médiane (Fig. 15).

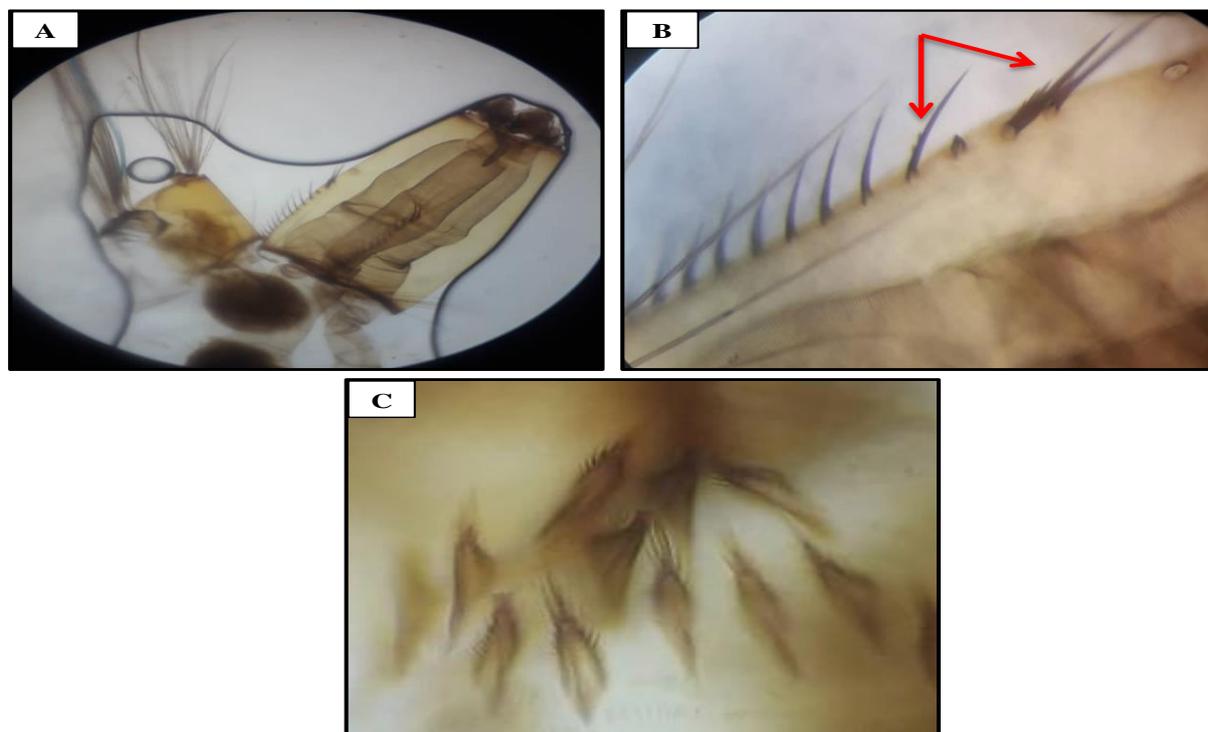


Figure 15. Critères morphologiques d'identification de l'espèce *Ae. caspius* ; **A** : Forme générale du siphon ; **B** : Dents du peigne siphonal; **C** : Ecailles du 8^{ème} segment (Photos personnelles).

3.2.9. *Aedes geniculatus* (Olivier, 1791)

Les populations d'*Ae. geniculatus* sont généralement monovoltines. C'est une espèce paléarctique largement répandue en Europe. L'espèce est également signalée au Maghreb, dans le sud du Caucase et au Moyen-Orient. Le pic saisonnier de ponte se situe entre juillet et août. Une faible proportion d'œufs éclosent au cours de l'été où ils ont été pondus, mais la plupart éclosent au printemps suivant (Yates, 1979). Cette espèce est un moustique anthropophile de grande importance médicale puisqu'il est un vecteur compétent du virus du chikungunya. C'est une espèce piquante diurne agressive majeure (Prudhomme *et al.*, 2019) (Fig. 16).

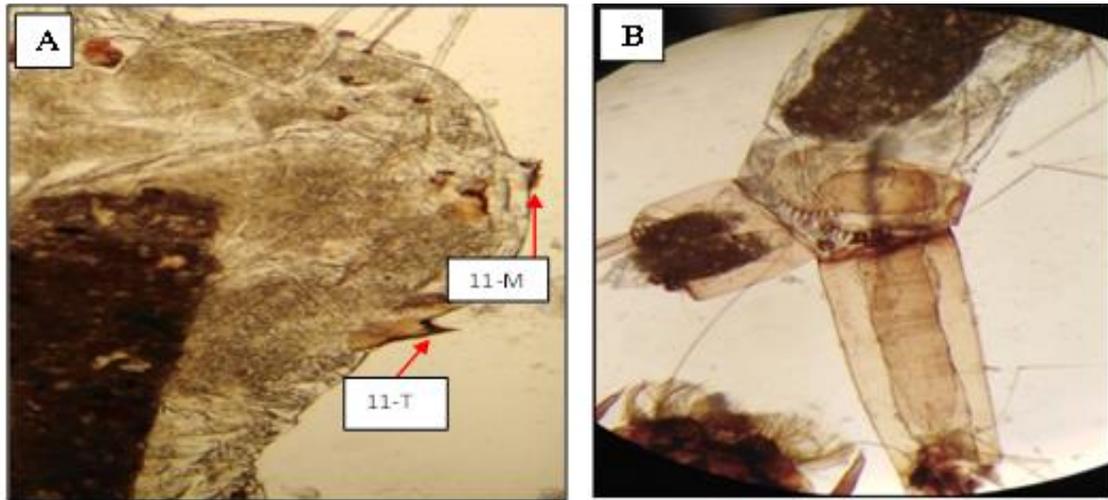


Figure 16. Larves d'*Aedes geniculatus* ; **A** : ornementation du point d'insertion des soies 11-M et 11-T ; insertion près d'une petite dent ; **B** : forme générale du siphon (Photos personnelles).

3.2.10. *Anopheles labranchiae* (Falleroni, 1926)

Anopheles labranchiae est une espèce multivoltine et eurygame. Il s'agit d'une espèce opportuniste qui dépend de la disponibilité des hôtes. Les gîtes larvaires présentent une grande diversité (mares, rivières, rizières, canaux, bassins, creux d'arbre...) dont l'eau de ces habitats aquatiques peut y être douce ou légèrement saumâtre mais toujours exposée au soleil (Bruhnes *et al.*, 1999 ; Tandina *et al.*, 2018). La présence d'*An. labranchiae* a été fortement influencée par les précipitations au printemps et au début de l'automne. D'autre part, les terres arbustives fermées ou ouvertes étaient négativement liées à l'occurrence de l'*An. labranchiae* méditerranéen, tandis que les terres cultivées/végétation en mosaïque présentaient une corrélation positive (Hertig, 2019). Cette espèce se caractérise par la présence simultanée de 3 plaques accessoires sur les segments abdominaux et la distance entre les soies clypéales 2-C est inférieure à la distance entre les soies 2-C et 3-C. Au niveau de l'abdomen, l'orifice respiratoire s'ouvre directement sur le huitième segment (Fig. 17).

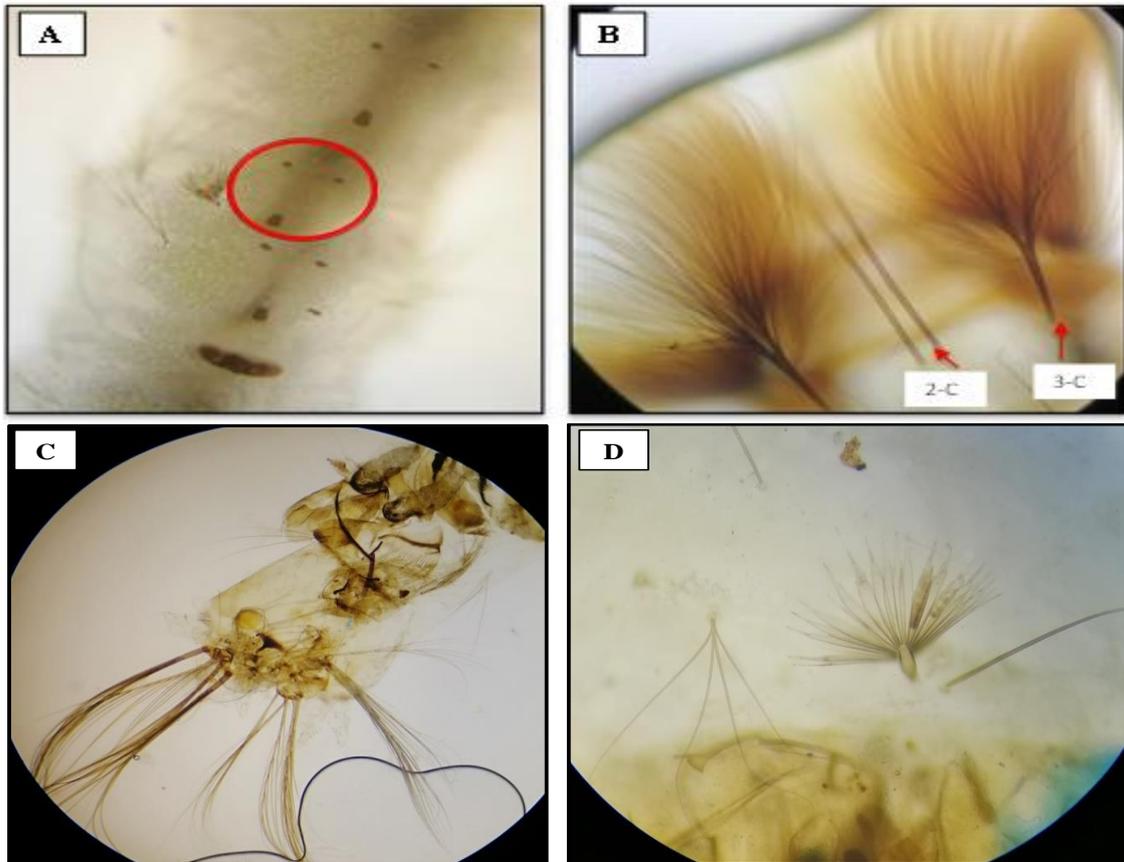


Figure 17. Larves d'*Anopheles labranchiae* ; **A** : Plaques accessoires sur le segment V ; **B** : Soies clypéales 2-C et 3-C ; **C** : Orifice respiratoire ; **D** : Soies palmées (Photos personnelles).

3.3. Structure du peuplement culicidien dans la région de Tébessa

L'examen de structure du peuplement culicidien inventorié dans la région de Tébessa a dévoilé l'existence de 10 espèces appartenant à deux sous-familles, Culicinae (90 %) et Anophelinae (10 %).

La sous-famille Anophelinae est représentée par un genre, *Anopheles* (Meigen, 1818), avec une seule espèce (*Anopheles labranchiae*), tandis que la sous-famille Culicinae est représentée par trois genres et 9 espèces (Tableau 6). Environ 90 % de tous les spécimens de moustiques appartenaient à la sous-famille Culicinae, dont *Culex* représentait 74 % de l'échantillon total (51725 spécimens), suivi de *Culiseta* avec 17549 individus, *Aedes* et *Anopheles* qui ne représentaient que 678 et 22 individus respectivement. Les espèces les plus abondantes sont *Culex pipiens* (Linnaeus, 1758), avec 40398 individus (57,73%), et *Culiseta longiareolata* (Macquart, 1828) avec 17544 (25,07%). Le reste des espèces inventoriées est représenté comme suit : *Culex hortensis* (Ficalbi, 1889) (7,92%), *Culex theileri* (Theobald, 1903) (8,24%), *Culex laticinctus* (Edwards, 1913) (0,01%), *Culex brumpti* (Galliard, 1931) (0,004%), *Culiseta annulata* (Schrank, 1776) (0,007%), *Aedes caspius* (Pallas, 1771) (0,87%), *Aedes geniculatus*

(Olivier, 1791) (0,09%) et *Anopheles labranchiae* (Falleroni, 1926) (0,03%). Les larves d'*Anopheles labranchiae*, *Culex brumpti* et *Aedes geniculatus* sont signalées pour la première fois dans la région de Tébessa (Fig. 18).

Tableau 5. Nombre et pourcentage des genres dans les différents sites (Bekkaria, Boulhef dyr, Tébessa ville et El Hammamet).

Genre	Bekkaria		Boulhef dyr		Tébessa		El Hammamet		Total
	Ni	%	Ni	%	Ni	%	Ni	%	
<i>Culex</i>	6155	8,80	17572	25,11	6175	8,82	21823	31,19	51725
<i>Culiseta</i>	3690	5,27	56	0,08	2364	3,38	11439	16,35	17549
<i>Aedes</i>	0	0	612	0,87	66	0,09	0	0	678
<i>Anopheles</i>	14	0,02	4	0,006	4	0,006	0	0	22
Total	9859	14,09	18244	26,07	8609	12,30	33262	47,54	69974

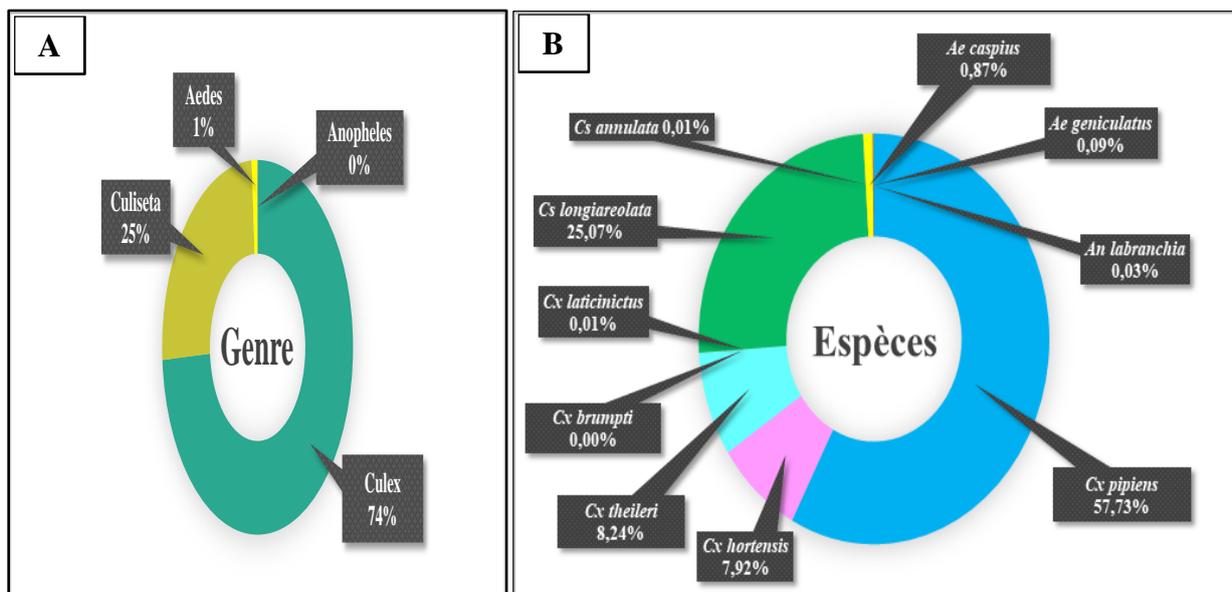


Figure 18. Taux des différents genres (A) et différentes espèces (B) de la faune Culicidienne dans la région de Tébessa.

Tableau 6. Espèces récoltées dans les quatre sites de la région de Tébessa avec leurs abondances (Juin 2019 - Mai 2020).

Sous-familles	Genres	Espèces	Sites			
			Bekkaria	Boulhef dyr	Tébessa	El Hammamet
Culicinae	Culex	<i>Culex pipiens</i>	612	17351	612	21823
		<i>Culex hortensis</i>	5516	0	30	0
		<i>Culex theileri</i>	26	219	5526	0
		<i>Culex laticinctus</i>	0	0	7	0
		<i>Culex brumpti</i>	1	2	0	0
	Culiseta	<i>Culiseta longiareolata</i>	0	5	0	11439
		<i>Culiseta annulata</i>	3690	51	3464	0
	Aedes	<i>Aedes caspius</i>	0	612	0	0
		<i>Aedes geniculatus</i>	0	0	66	0
Anophelinae	Anopheles	<i>Anopheles labranchiae</i>	14	4	4	0
Total			9859	18244	8609	33262
			69974			

3.4. Indices écologiques

3.4.1. Indices écologiques de composition

3.4.1.1. Richesse totale et moyenne

Selon les résultats mentionnés dans le Tableau 7 et la figure 19, une variation de la richesse totale est observée selon les sites. Sur la base des valeurs de la richesse spécifique, la première place est occupée par les sites de Boulhef Dyr et Tébessa, avec un maximum de 7 espèces, suivis par le site de Bekkaria avec 6 espèces et enfin le site d’El Hammamet avec seulement 2 espèces.

Tableau 7. Richesse spécifique dans les sites d’étude (Bekkaria, Boulhef Dyr, Tébessa et El Hammamet) (Juin 2019-Mai 2020).

Site	Bekkaria	Boulhef Dyr	Tébessa	El Hammamet
Richesse spécifique (S)	6	7	7	2
Richesse spécifique globale	10			

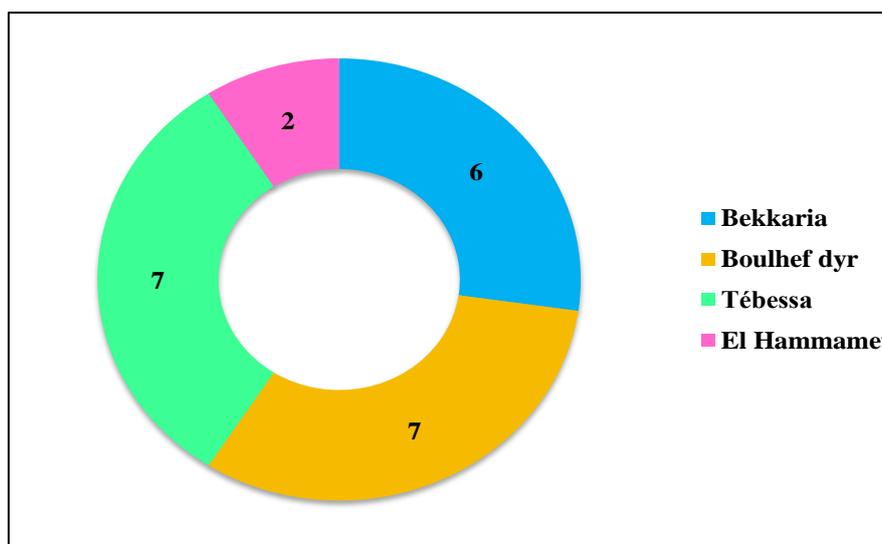


Figure 19. Distribution de la richesse spécifique dans les sites d'étude (Bekkaria, Boulhef Dyr, Tébessa et El Hammamet) (Juin 2019-Mai 2020).

3.4.1.2. Abondance relative

L'analyse des indices écologiques montrent que les valeurs de l'abondance relative varient d'une espèce à l'autre selon les effectifs dans les quatre sites d'étude. *Cx. pipiens*, avec 40398 spécimens, était l'espèce la plus abondante représentant 57,73 % du total. Elle est suivie par *Cs. longiareolata* avec une abondance relative de 25,07%, *Cx. theileri* avec un taux de 8,24% et *Cx. hortensis* représente 7,92%. Les espèces restantes sont représentées par un faible taux qui est inférieur à 4% (Tableau 8, Figure 20).

Tableau 8. Abondance relative de chaque espèce récoltée dans les quatre sites étudiés.

Espèces	C _(Bek)	C _(Bd)	C _(Téb)	C _(Ham)	Ni	C _{Région}
<i>Cx. pipiens</i>	6,21	95,11	7,11	65,61	40398	57,73
<i>Cx. hortensis</i>	55,95	0	0,34	0	5546	7,92
<i>Cx. theileri</i>	0,26	1,20	64,19	0	5771	8,24
<i>Cx. laticinctus</i>	0	0	0,08	0	7	0,01
<i>Cx. brumpti</i>	0,01	0,01	0	0	3	0,004
<i>Cs. annulata</i>	0	0,02	0	0	5	0,007
<i>Cs. longiareolata</i>	37,43	0,28	27,45	34,39	17544	25,07
<i>Ae. caspius</i>	0	3,35	0	0	612	0,87
<i>An. geniculatus</i>	0	0	0,76	0	66	0,09
<i>An. labranchiae</i>	0,14	0,02	0,05	0	22	0,03
Total	100	100	100	100	69974	100

Ni : Nombre d'individu de l'espèce considérée

C : Abondance relative

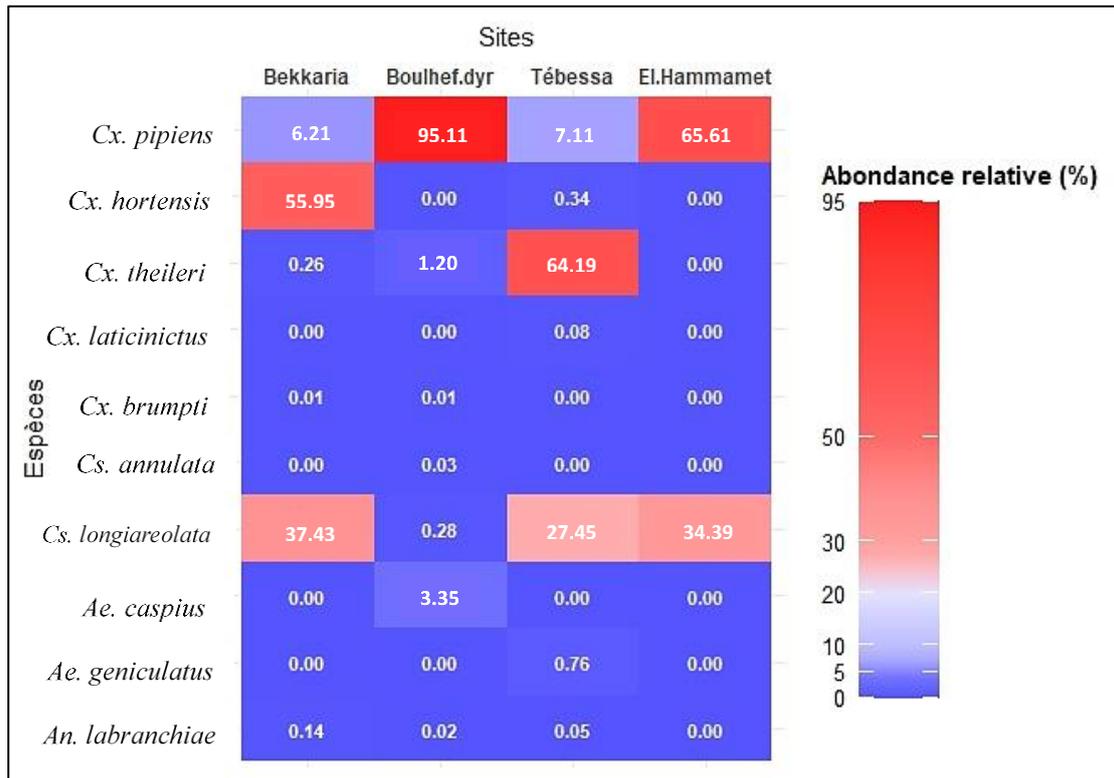


Figure 20. Abondance relative de chaque espèce récoltée dans les quatre sites étudiés de la région de Tébessa (Juin 2019- Mai 2020).

3.4.1.3. Fréquence d'occurrence (Constance)

Le tableau 9 et la figure 21 présentent les valeurs de fréquence d'occurrence des différentes espèces. L'analyse des résultats de l'échantillonnage dans les quatre sites d'étude montre que parmi les 10 espèces collectées, deux sont des espèces omniprésentes, il s'agit de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* dans le site d'El Hammamet (100%). De plus, on constate que *Cx. pipiens* est l'espèce constante dans le site de Boulhef Dyr (91,67%), Bekkaria et Tébessa (75%) respectivement, et accessoire dans les autres sites. Par ailleurs, *Cx. theileri* et *Cx. hortensis* sont des espèces constantes dans le site de Tébessa (83,3%) et Bekkaria (58,33%) respectivement. Les autres espèces sont classées comme étant des espèces accessoires.

Tableau 9. Fréquence d'occurrence de chaque espèce récoltée dans les quatre sites étudiés : Bekkaria, Boulhef Dyr, Tébessa et El Hammamet (Juin 2019 – Mai 2020).

Espèces	Bekkaria		Boulhef Dyr		Tébessa		El Hammamet	
	n	F	n	F	n	F	n	F
<i>Cx. pipiens</i>	612	33,33	17351	91,67	612	41,7	21823	100
<i>Cx. hortensis</i>	5516	58,33	0	0	30	16,7	0	0
<i>Cx. theileri</i>	26	41,66	219	33,33	5526	83,3	0	0
<i>Cx. laticinctus</i>	0	0	0	0	7	25	0	0
<i>Cx. brumpti</i>	1	8,33	2	8,33	0	0	0	0
<i>Cs. annulata</i>	0	0	5	8,33	0	0	0	0
<i>Cs. longiareolata</i>	3690	75	51	33,33	2364	75	11439	100
<i>Ae. caspius</i>	0	0	612	25	0	0	0	0
<i>Ae. geniculatus</i>	0	0	0	0	66	41,7	0	0
<i>An. labranchiae</i>	14	16,66	4	8,33	4	8,33	0	0

n: Nombre d'individu de chaque espèce

F: fréquence d'occurrence

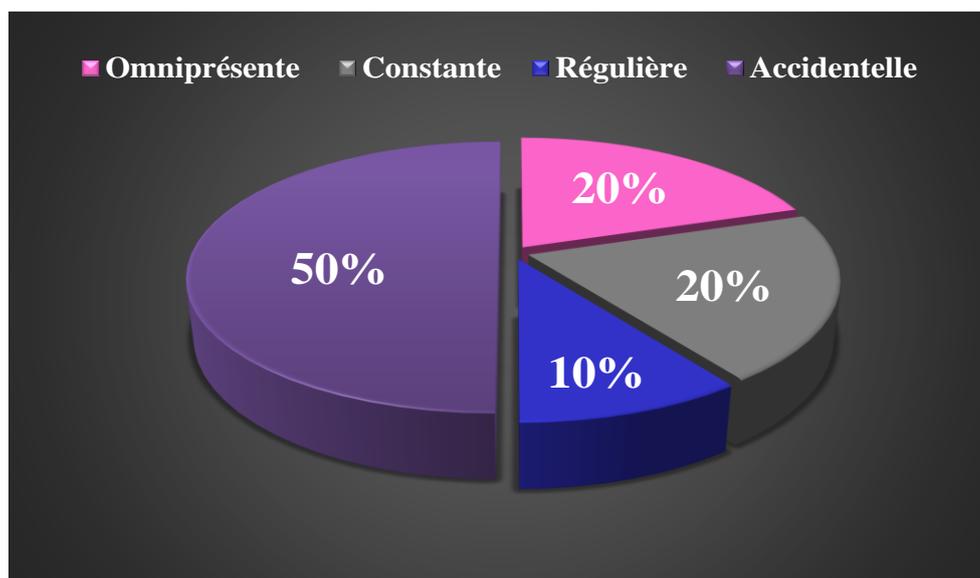


Figure 21. Fréquence d'occurrence de chaque espèce récoltée dans les quatre sites étudiés (Juin 2019 – Mai 2020).

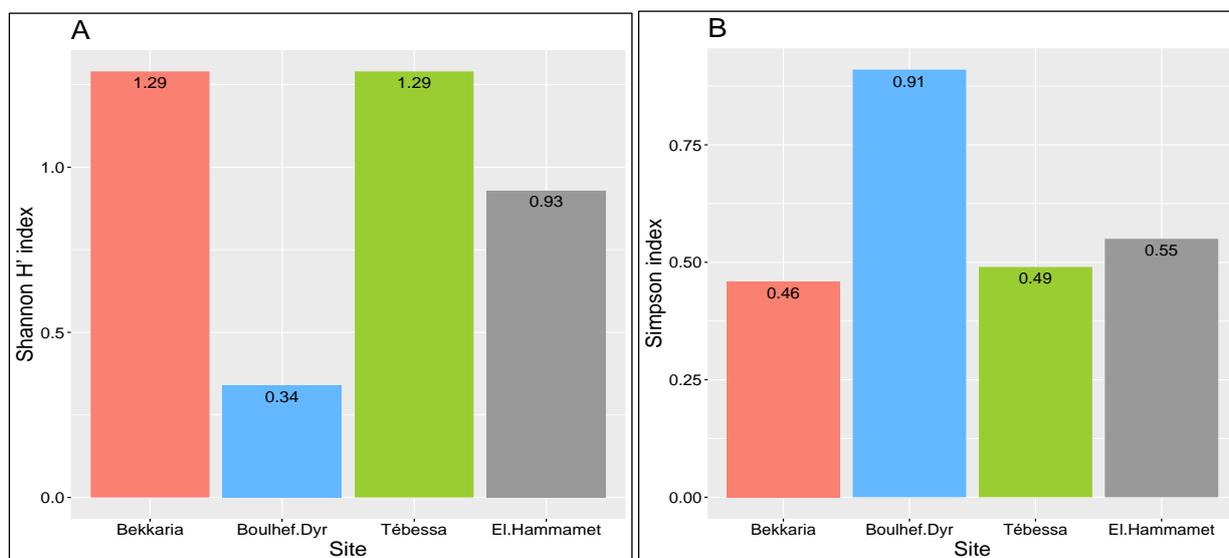
3.4.2. Indices écologiques de structure

La figure 22 et le tableau 10 résument les données obtenues à partir de l'estimation des indices écologiques multiples. Il est intéressant de noter qu'El Hammamet a montré la plus petite richesse spécifique ($S=2$) avec un total de 33262 spécimens, alors que Bekkaria, Boulhef Dyr et Tébessa ont montré des valeurs similaires 6, 7 et 7, respectivement. Le nombre le plus faible des stades immatures de moustiques (8609 spécimens) a été enregistré dans le site de Tébessa. L'indice de diversité de Shannon (H') était plus élevé à Bekkaria et Tébessa (1,29), suivi par El Hammamet (0,93) et la plus petite valeur (0,34) a été enregistrée à Boulhef Dyr.

L'indice de Simpson a également montré un faible niveau dans les communautés de moustiques pour chaque site ; il a enregistré la valeur la plus élevée à Boulhef Dyr (0,91), ce qui reflète un très faible niveau de diversité. Par ailleurs, l'indice de régularité (J') est le plus élevé à El Hammamet (0,93) et le plus faible à El Boulhef Dyr (0,12). En ce qui concerne l'indice de richesse de Margalef, nous pouvons également déduire que nos sites d'échantillonnage ne sont pas caractérisés par un niveau de diversité pertinent ; l'indice de Margalef a indiqué des valeurs inférieures à 1.

Tableau 10. Indices écologiques de structure des espèces culicidiennes récoltées dans les sites étudiés.

Sites	Effectifs totaux (ind)	Effectifs totaux (%)	Richesse spécifique (S)	Indice de Shannon (H')	Indice de Simpson (D)	Indice de Piélou (J=H'/Hmax)	Indice de Margalef
Bekkaria	9859	14,08	6	1,29	0,46	0,5	0,54
Boulhef Dyr	18244	26,07	7	0,34	0,91	0,12	0,61
Tébessa	8609	12,30	7	1,29	0,49	0,46	0,66
El Hammamet	33262	47,53	2	0,93	0,55	0,93	0,1



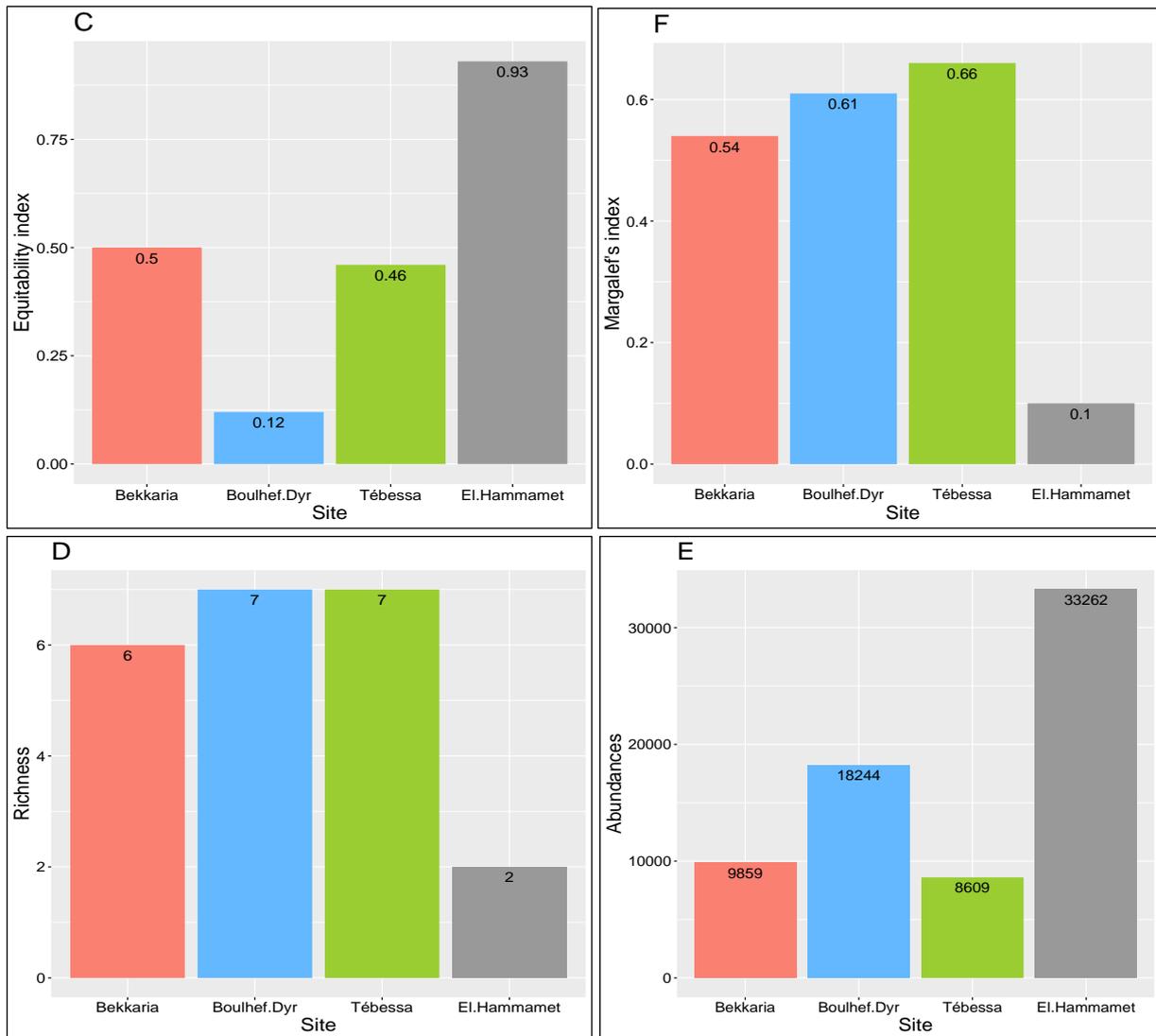


Figure 22. Indices écologiques de composition et de structure calculés pour chaque site d'échantillonnage dans la région de Tébessa.

En écologie, il n'existe pas d'indice de diversité unique qui résume de manière adéquate la diversité des espèces ; c'est pourquoi nous avons utilisé l'algorithme DER, disponible sous forme de paquetage R sur CRAN. Tous les indices de tous les échantillons sont transformés en une échelle comprise entre 0 et 1, et l'algorithme calcule les coordonnées polaires de tous les échantillons avec toutes les combinaisons possibles pour tous les indices et autres descripteurs écologiques. Cet algorithme fournit des outils permettant de différencier les assemblages sur la base de nombreux composés de la diversité. La figure 23 différencie les sites d'échantillonnage à l'aide d'indices de diversité et d'autres indicateurs écologiques tels que l'abondance et la rareté. Elle présente notre description de la variation des indices écologiques calculés. L'algorithme DER a été appliqué pour maximiser la dispersion entre nos quatre sites. Nous pouvons

également déterminer les différences en termes de rareté, d'abondance, d'hétérogénéité, de richesse, de régularité et de diversité entre les assemblages.

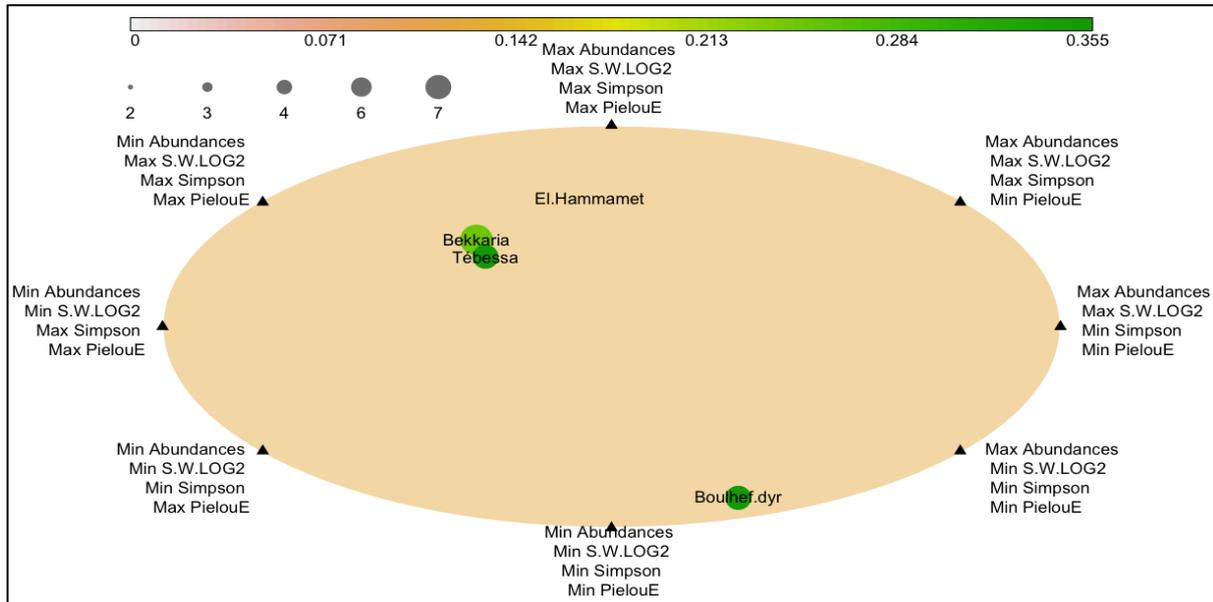


Figure 23. Diagramme obtenu en appliquant l'algorithme DER utilisant l'abondance, l'indice d'homogénéité de Pièlou (Pièlou E), l'indice de diversité de Simpson et l'indice de diversité de Shannon-Weaver (S.W.LOG2) à la faune des Culicidae dans les sites d'étude de la province de Tébessa en Algérie. L'échelle de taille des bulles représente la richesse en espèces (S). Le gradient de couleur est l'indice de rareté dans chaque localité.

3.4.3. Indices écologiques de similarité

3.4.3.1. Indice de Morisita-Horn et Jaccard

Les valeurs de l'indice de Morisita-Horn fluctuent entre 8,82% et 85,93%. Cette affinité atteint son maximum de 85,93% entre le site de Boulhef Dyr et El Hammamet, alors que le minimum est enregistré entre Bekkaria et Boulhef Dyr (8,82%). Le reste des couples ont des similitudes inférieures à 50% ; pour la combinaison Bekkaria/Tébessa avec 23,34%, Bekkaria/El Hammamet avec 33,69%, Boulhef Dyr/Tébessa avec 10,88% et 27,09% pour le couple Tébessa/El Hammamet. Quant à l'indice de Jaccard, l'homogénéité est comprise entre 28,57% pour le couple Tébessa/El Hammamet et 71,42% pour Bekkaria/Tébessa. La plupart des stations affiche une ressemblance inférieure à 50% ; 40% pour les couples Bekkaria/El Hammamet et Boulhef Dyr/Tébessa, Boulhef Dyr/El Hammamet avec 28,57%, alors que les sites Bekkaria/Boulhef Dyr affichent un taux de similitude de 50% (Tableau 11).

Tableau 11. Indices de Morisita-Horn (%) et de Jaccard (%) appliqués sur les quatre sites d'étude.

		Morisita-Horn			
		Bekkaria	Boulhef Dyr	Tébessa	El Hammamet
Jaccard	Bekkaria		8,82	23,34	33,69
	Boulhef Dyr	50		10,88	85,93
	Tébessa	71,42	40		27,09
	El Hammamet	40	28,57	28,57	

3.4.3.2. Diagramme de Veen (Similarité spatiale)

L'analyse de diagramme de Veen montre bien que les deux espèces (*Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata*) sont communes entre toutes les sites d'étude, d'autres révèlent un trait d'exclusivité vis-à-vis de leurs habitats (Fig. 24). Le schéma se présente comme suit :

- *Cx. hortensis* a été inventorié en commun entre les sites de Bekkaria et Tébessa.
- *Cx. laticinctus* et *Ae. geniculatus* sont exclusives au site de Tébessa.
- *Cx. theileri* et *An. labranchiae* ont été trouvés en commun entre les sites de Bekkaria, Boulhef Dyr et Tébessa.
- *Cs. annulata*, *Cx. brumpti* et *Ae. caspius* ont été répertoriés exclusivement à Boulhef Dyr.

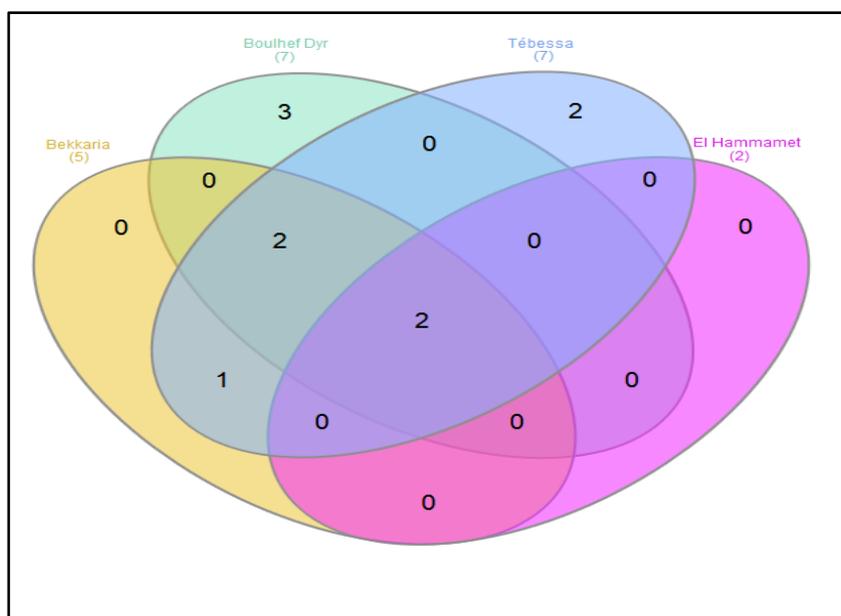


Figure 24. Répartition spatiale des espèces de moustiques collectées dans la région de Tébessa pendant la période juin 2019 - mai 2020.

3.5. Variation saisonnière de la densité larvaire

3.5.1. Effet du climat

Les variations mensuelles des deux paramètres météorologiques (température et pluviométrie) dans la région de Tébessa de juin 2019 à mai 2020 sont présentées dans la figure 25. La température la plus élevée enregistrée durant cette période est de 28,5°C alors que la plus basse est de 6,6°C, ce qui correspond respectivement à juillet 2019 et janvier 2020.

La température est le facteur fondamental positivement associé à l'abondance des moustiques avec un coefficient de corrélation, $r = 0,76$. Cependant, la pluviométrie est un paramètre non significatif (Fig. 25). Les espèces collectées ont montré un modèle de distribution en termes d'abondance au cours des mois en corrélation avec les fluctuations de température. Les mois les plus favorables à la pullulation des moustiques sont juillet (10473 spécimens) et août (9263 spécimens). Parallèlement, la densité de population la plus faible a été enregistrée en janvier 2020 avec seulement 1589 individus, et en décembre et septembre 2019 avec 3184 et 3390 spécimens respectivement (Fig. 26).

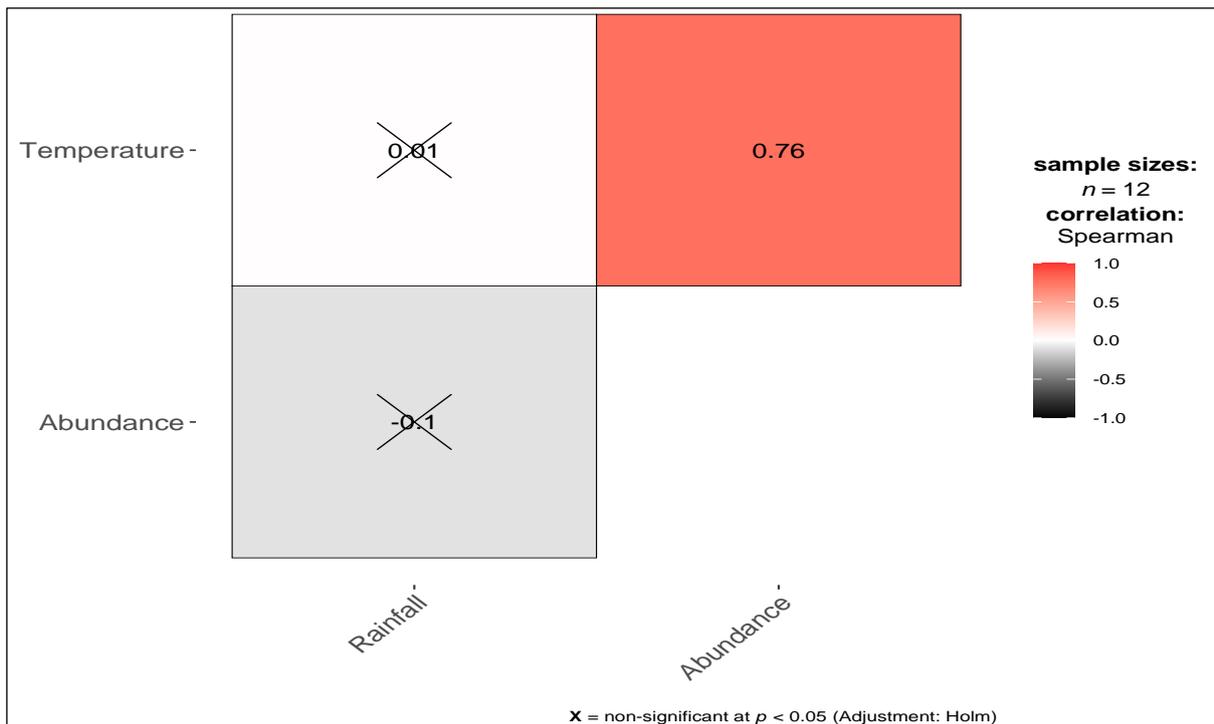


Figure 25. Représentation graphique de la matrice de corrélation entre les deux variables climatiques (température et précipitations) et l'abondance globale des espèces.

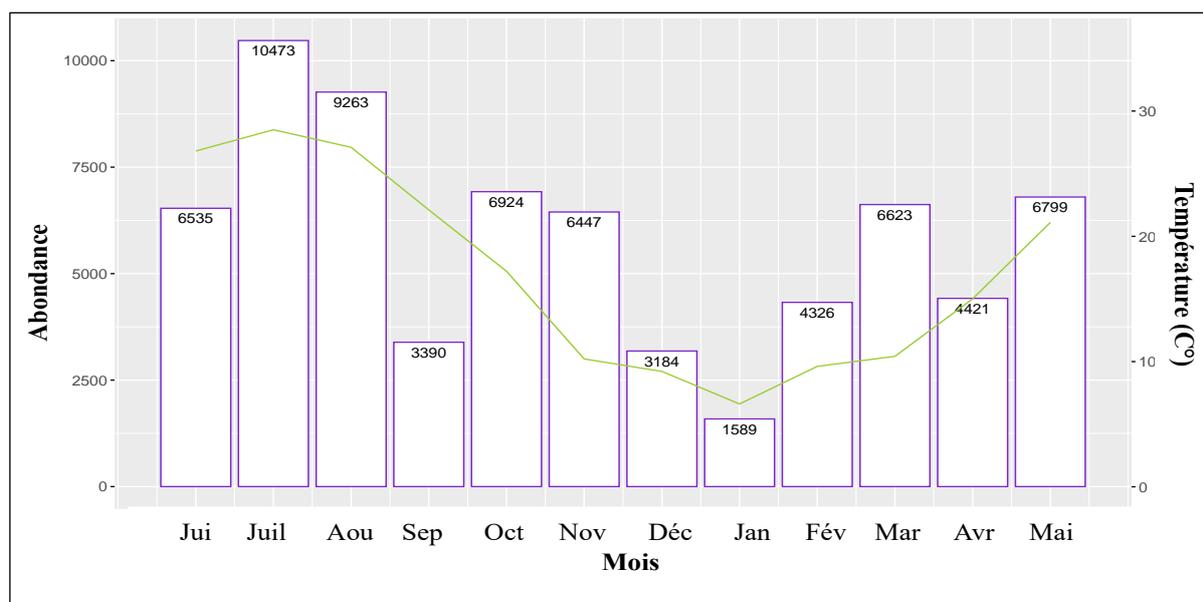


Figure 26. Variation numérique des récoltes de larves de Culicidés en fonction des températures mensuelles moyennes (°C) dans la région de Tébessa (juin 2019 - mai 2020).

3.5.2. Effet saisonnier

Durant la période d'étude (juin 2019- mai 2020), l'effectif larvaire des culicidés varie en fonction des saisons. On remarque que chaque espèce présente des différences d'abondance et de distribution dans les différents habitats en fonction des fluctuations des facteurs climatiques (Fig. 27). La présence des 4 espèces (*Cx. pipiens*, *Cx. hortensis*, *Cx. theileri* et *Cs. longiareolata*) collectées dans les habitats prospectés a été notée tout au long de l'année (quatre saisons). *Cx. laticinctus* n'a été trouvé qu'en été et au printemps. Pour *Ae. caspius*, il a été récolté pendant trois saisons (été, hiver et printemps), *An. labranchiae* en commun entre les saisons d'été, d'automne et de printemps et *Ae. geniculatus* présent seulement en hiver et au printemps. Les larves de *Cs. annulata* et de *Cx. brumpti* ont été répertoriées exclusivement en hiver et en automne respectivement.

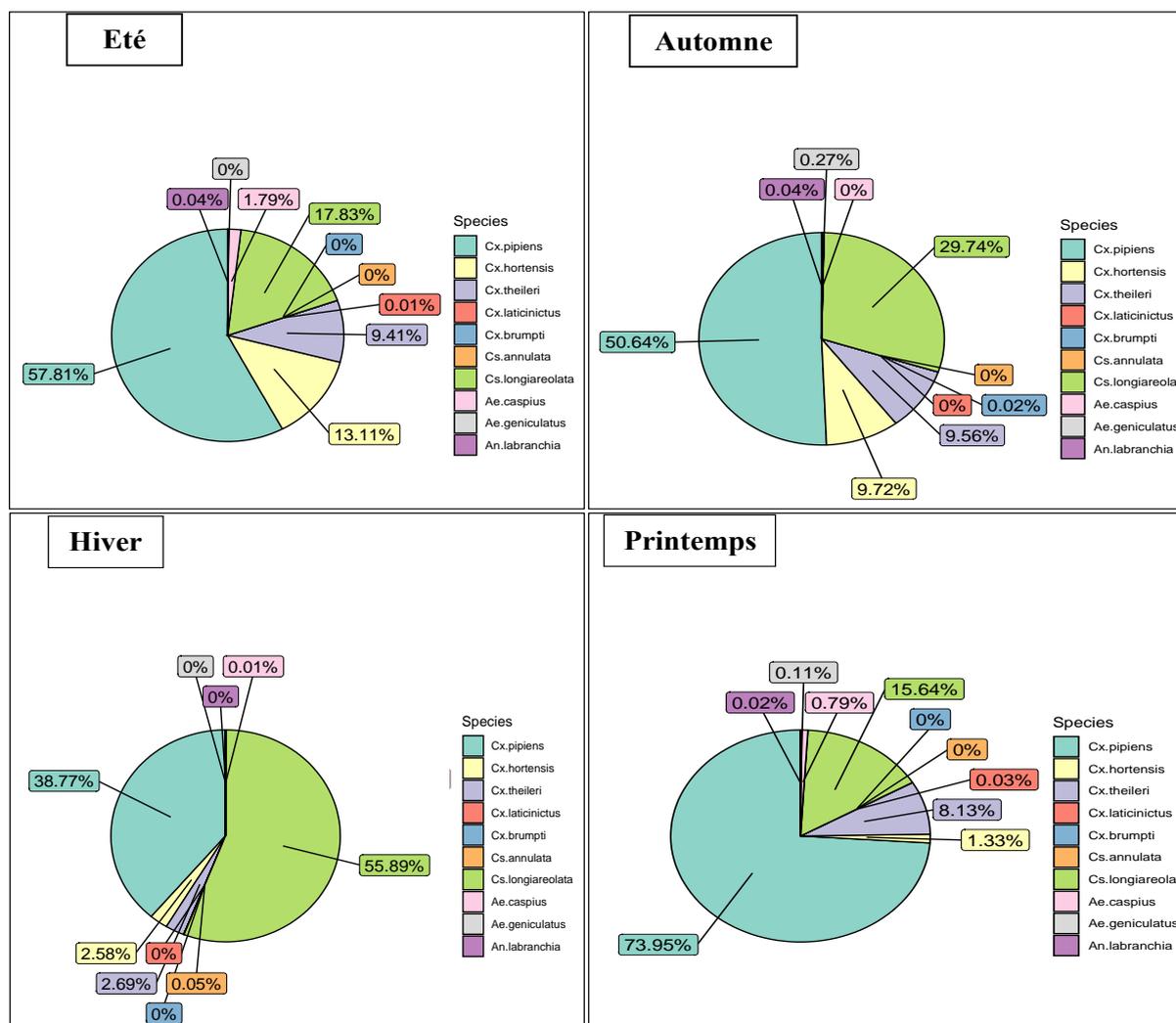


Figure 27. Variation saisonnière des effectifs larvaires des culicidés dans la région de Tébessa (juin 2019 - mai 2020).

3.6. Variations spatio-temporelles des paramètres physico-chimiques

Les résultats des paramètres physico-chimiques des gîtes larvaires mentionnés dans le tableau 12 révèlent des variations en fonction des sites et des saisons.

La figure 28 résume les corrélations entre les différentes variables abiotiques et l'abondance totale (A) des espèces de moustiques dans les différents sites, comparées à l'aide du coefficient de rang de Spearman.

Seulement dans les deux sites (Tébessa et Boulhef Dyr), l'abondance des moustiques a été affectée par certains paramètres physico-chimiques. Les données ont montré que dans le site de Tébessa, l'abondance des moustiques (A) a été positivement corrélée à la fois avec la température (T° ; $r = 0,75$), la conductivité (C ; $r = 0,62$), les matières dissoutes totales (TDS ; $r = 0,64$) et négativement avec l'oxygène dissous (OD ; $r = -0,61$). A l'exception de la

conductivité ($p > 0,05$), les mêmes corrélations ont été enregistrées à Boulhef Dyr (A vs T° : $r = 0,81$; A vs TSD : $r = 0,61$; A vs OD : $r = -0,72$).

Il a été noté que le TDS est corrélé avec le pH ($r = -0,60$; Bekkaria), la T° ($r = 0,90$; Boulhef Dyr) et avec l'OD ($r = 0,79$; El Hammamet). En outre, il a été révélé une forte corrélation ; T vs OD : $r = -0,90$; C vs TDS : $r = 0,87$; $0,97$; $0,92$ et $0,97$ dans les sites de Bekkaria, Tébessa, El Hammamet et Boulhef Dyr respectivement. Dans les deux sites de Bekkaria et Boulhef Dyr, la température a montré une corrélation négative avec l'oxygène dissous ($r = -0,75$ et $-0,72$ respectivement) et une corrélation positive avec la conductivité ($r = 0,58$ et $0,79$ respectivement).

Tableau 12. Variations spatio-temporelles (Moyenne) des paramètres physico-chimiques de l'eau (S₁ : Bekkaria ; S₂ : Boulhef dyr ; S₃ : Tébessa ; S₄ : El hammamet).

Paramètres	Sites				Saisons			
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	Été	Automne	Hiver	Printemps
pH	8,67	8,34	8,40	8,27	8,19	8,80	9,03	7,58
C	624,48	1681	858,84	1513,91	1255,89	992,64	974,52	1461,96
S	0,13	0,75	0,17	0,69	0,49	0,33	0,37	0,67
TDS	318,70	843,90	344,73	777,69	645,49	504,22	513,91	712,17
OD	7,60	7,07	6,39	8,29	5,19	5,53	9,24	9,36

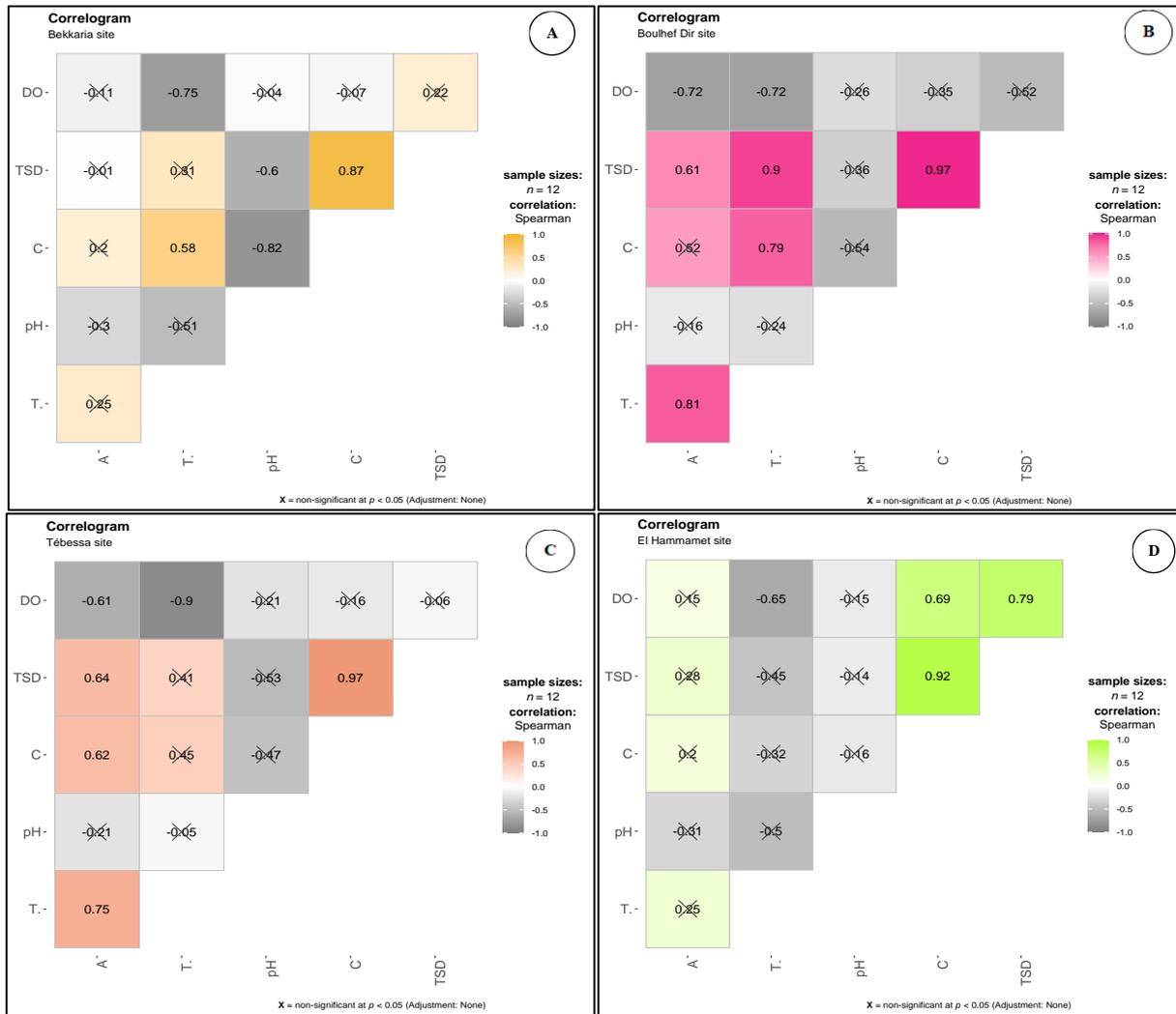


Figure 28. Représentation graphique de la matrice de corrélation entre les variables abiotiques (pH, OD ppm, TDS mg/L, C μs/cm et T °C) et l’abondance totale (A) des espèces de moustiques dans la région de Tébessa ; **A** : Bekkaria, **B** : Boulhef Dyr, **C** : Tébessa et **D** : El Hammamet.

La Figure 29 présente les corrélations entre les composants chimiques et l’abondance totale (A) des espèces de moustiques dans les différents sites, comparées à l’aide du coefficient de rang de Spearman.

Les données ont montré que seulement dans les deux sites (Bekkaria et Tébessa) où l’abondance des moustiques a été affectée par certains ions. Dans le site de Bekkaria, l’abondance des moustiques (A) a été négativement corrélée à la fois avec le potassium (K^+ ; $r = -0,77$) et le barium (Ba ; $r = -0,67$) et positivement avec le lithium (Li ; $r = 0,71$), alors qu’à Tébessa ville, l’abondance de moustiques est positivement corrélée avec le barium (Ba ; $r = 0,50$).

On a également noté que le Ba est corrélé avec le K⁺ (r = 0,77) et le Li (r = -0,53) au niveau du site de Bekkaria, avec le Na⁺ (r = -0,81) et le K⁺ (r = 0,64) au niveau du site de Tébessa et avec le lithium (r = 0,57 ; r = 0,55) au niveau du site Boulhef Dyr et El Hammamet respectivement. Cependant, le calcium a montré d'une part, une corrélation positive avec le Li (r = 0,69) au niveau du site de Bekkaria et le K⁺ (r = 0,67) au niveau du site de Boulhef Dyr et d'autre part, une corrélation négative avec le Na⁺ (r = -0,85) au niveau du même site (Boulhef Dyr). En outre, il a été révélé que le sodium est corrélé négativement avec le K⁺ (r = -0.74) au niveau du site de Tébessa ville et positivement avec le Li (r = 0,65) au niveau du site d'El Hammamet).

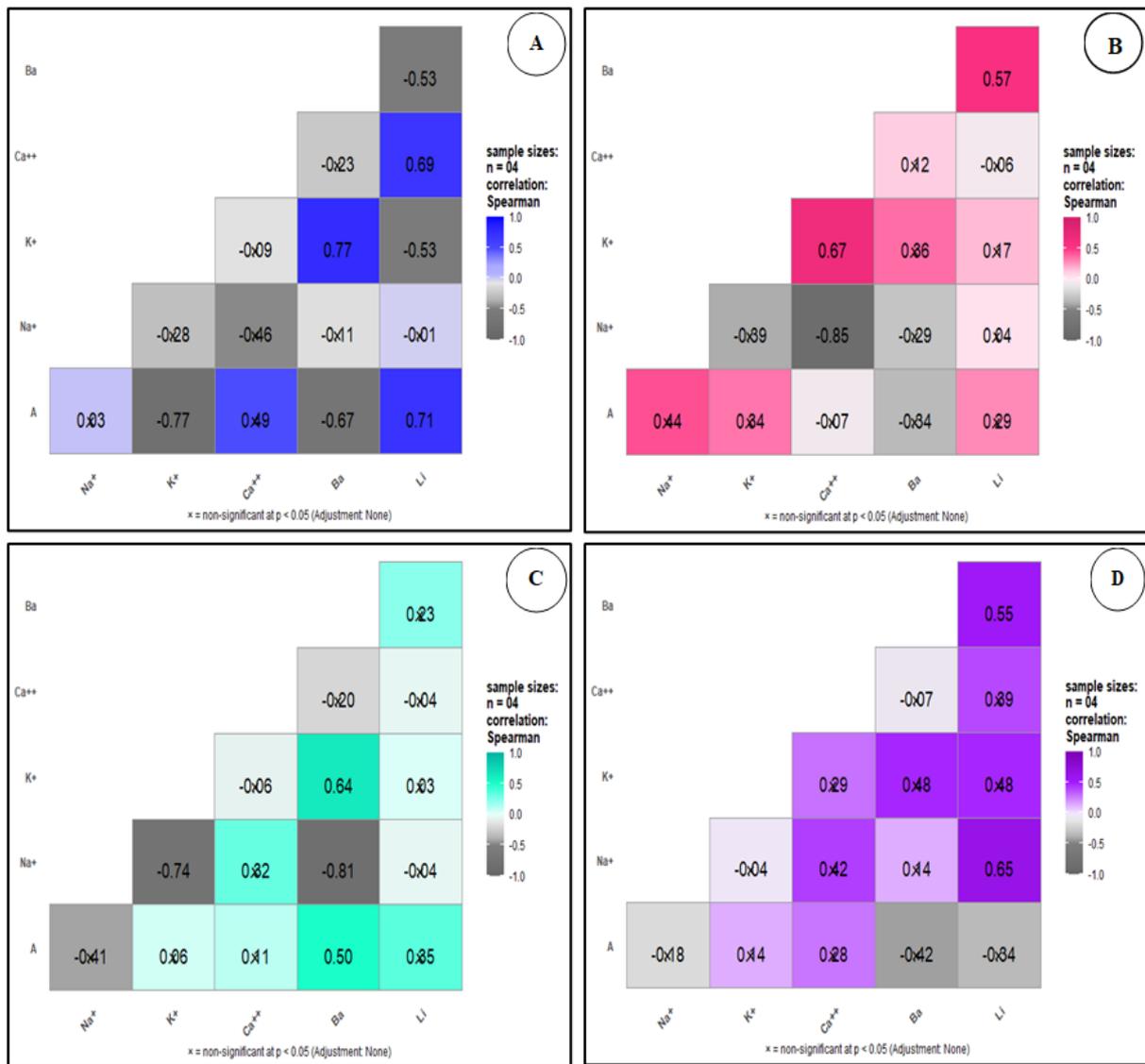


Figure 29. Représentation graphique de la matrice de corrélation entre les variables abiotiques (Na, K⁺, Ca⁺⁺, Li et Ba) et l'abondance totale (A) des espèces de moustiques dans la région de Tébessa ; **A** : Bekkaria, **B** : Boulhef Dyr, **C** : Tébessa ville et **D** : El Hammamet.

3.7. Interpolation de la richesse spécifique des Culicidae (raréfaction et extrapolation)

Concernant l'étude spatiale, les courbes de richesse en fonction du nombre d'individus observés (Fig. 30) indiquent que le site de Boulhef dyr et Tébessa révèlent une richesse similaire, avec une diversité de populations de Culicidae significativement plus importante que les autres sites, suivi du site de Bekkaria, dont le nombre d'individus est proportionnel à l'intensité de la diversité. Cependant, le site d'El hammamet présente une diversification plus faible mais avec grand nombre d'individus. L'effort d'échantillonnage est suffisant pour toutes les sites.

L'analyse saisonnière des courbes de richesse en fonction du nombre d'individus observés (Fig. 31) montre que la diversité est assez similaire entre les quatre saisons. Le printemps présente des populations de Culicidae significativement plus diversifiées que les autres saisons. Alors que l'été et l'automne ont une richesse en espèces similaire, l'hiver présentent une diversité plus faible et fournit un nombre réduit d'espèces et d'individus. L'effort d'échantillonnage est suffisant pour toutes les saisons.

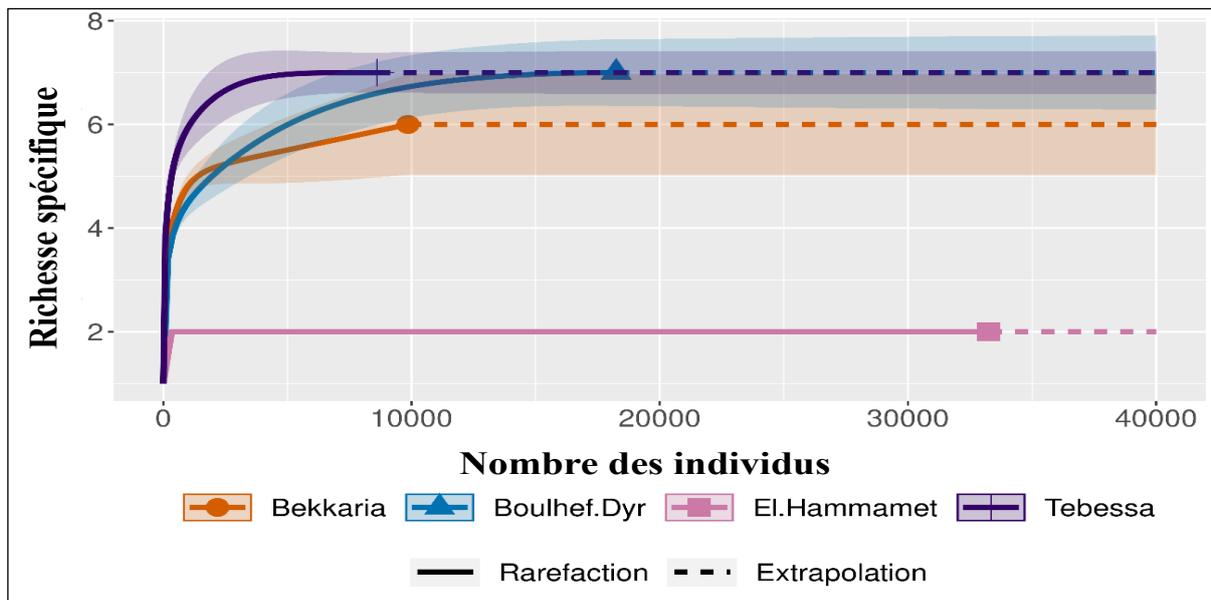


Figure 30. Courbes de raréfaction (ligne continue) et d'extrapolation (ligne pointillée) spatiale de la richesse spécifique pour la communauté des Culicidae en fonction de l'ordre de diversité $q = 0$ (richesse spécifique) avec intervalles de confiance à 95 % (zones ombrées). Les formes pleines représentent les échantillons de référence.

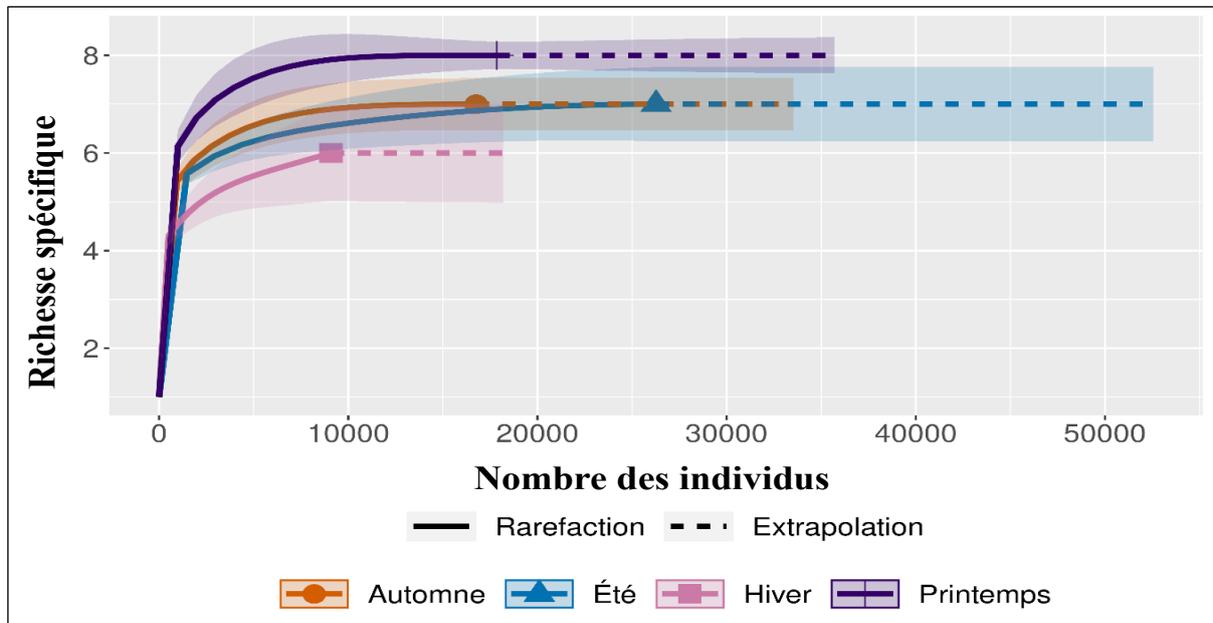


Figure 31. Courbes de rarefaction (ligne continue) et d'extrapolation (ligne pointillée) saisonnières de la richesse spécifique pour la communauté des Culicidae en fonction de l'ordre de diversité $q = 0$ (richesse spécifique) avec intervalles de confiance à 95 % (zones ombrées). Les formes pleines représentent les échantillons de référence.

DISCUSSION



IV. DISCUSSION

4.1. Inventaire des Culicidés

La population de moustiques est extrêmement diversifiée en termes de morphologie et de distribution géographique, et elle comprend des vecteurs communs de zoonoses virales ayant une grande importance écologique et médicale (Asebe *et al.*, 2021 ; Snyman, 2021). L'éradication des maladies parasitaires à transmission vectorielle repose en grande partie sur la mise en place de programmes de lutte contre l'insecte vecteur. Cette dernière ne peut être efficace sans la bonne connaissance de la bioécologie et de la répartition spatio-temporelle de ce vecteur. Nous avons donc évalué la diversité et la structure des communautés culicidiennes dans la région de Tébessa.

Dans la présente étude, 69 974 individus de moustiques ont été collectés durant une année (de juin 2019 jusqu'à Mai 2020) dans quatre sites de la région de Tébessa : Bekkaria, Boulhef Dyr, Tébessa ville et El Hammamet. L'examen de la composition de la faune culicidienne nous a permis de signaler l'existence de 10 espèces (*Cx. hortensis*, *Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *Cx. laticinctus*, *Cx. brumpti*, *Cs. annulata*, *Cs. longiareolata*, *Ae. caspius*, *Ae. geniculatus* et *An. labranchiae*), appartenant à la sous-famille des Culicinae et la sous-famille des Anophelinae. Les travaux de Bouabida *et al.* (2012) réalisés dans la même région, ont mis en évidence la présence de 9 espèces de la sous-famille des Culicinae (*Cx. pipiens*, *Ae. caspius*, *Cx. hortensis*, *Cx. theileri*, *Cx. perexiguus*, *Cs. longiareolata*, *Cx. laticinctus*, *Cs. subochrea* et *Cs. annulata*). De même, Aissaoui *et al.* (2017) ont rapporté la présence de 10 espèces de moustiques : *Cx. pipiens molestus*, *Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *Cx. modestus*, *Cx. perexiguus*, *Cx. univittatus*, *Cx. laticinctus*, *Cx. hortensis*, *Ae. aegypti* et *Cs. longiareolata*, appartenant à trois genres. En revanche, dans la région de Souk-Ahras, les résultats de l'inventaire ont révélé l'existence de 19 espèces de moustiques appartenant à la sous-famille des Culicinae et la sous-famille des Anophelinae (*Cx. theileri*, *Cx. pipiens*, *Cx. simpsoni*, *Cx. hortensis*, *Cx. antennatus*, *Cx. martinii*, *Cx. adairi*, *Cx. territans*, *Cx. arbieeni*, *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. laticinctus*, *Cs. morsitans*, *Cs. annulata*, *Cs. longiareolata*, *Ae. flavescens*, *Ur. unguiculata*, *An. marteri*, *An. claviger* et *An. labranchiae*) (Hafsi *et al.*, 2021). Dans la même région (Souk-Ahras), la prospection des différents gîtes a mis en évidence 14 espèces appartenant à trois genres : *Anopheles*, *Culiseta* et *Culex*, et représentés par *Cx. theileri*, *Cx. pipiens*, *Cx. antennatus*, *Cx. laticinctus*, *Cx. perexiguus*, *Cx. hortensis*, *Cx. mimeticus*, *Cx. impudicus*, *Culiseta longiareolata*, *Culiseta subochrea*, *Culiseta annulata*, *Anopheles labranchiae*, *Anopheles petragnani* et *Anopheles rufipes broussesi* (Hamaidia & Berchi, 2018). Cependant, dans la

région de Annaba et d'El Kala, les travaux de Ben Malek (2010) ont révélé la présence de 11 espèces de moustiques de la sous-famille des Culicinae (*Cx. pipiens*, *Cx. laticinctus*, *Cs. longiareolata*, *Cx. theileri*, *Cx. pusillus*, *U. unguiculata*, *Or. pulcripalpis* et *Cs. ochroptera*) et la sous-famille des Anophelinae (*An. sacharovi*, *An. labranchiae* et *An. algeriensis*). A Tizi-Ouzou, Chahed *et al.* (2021) ont noté l'existence de 13 espèces de Culicidés réparties en deux sous-familles : Anophelinae avec deux espèces (*An. maculipennis* et *An. claviger*) et Culicinae représentée par 4 genres: le genre *Culex* est le plus abondant avec 6 espèces (*Cx. pipiens*, *Cx. impudicus*, *Cx. territans*, *Cx. perexiguus*, *Cx. hortensis*, et *Cx. deserticola*), le genre *Culiseta* (*Cs. longiareolata* et *Cs. subochrea*), le genre *Aedes* (*Ae. caspius* et *Ae. geniculatus*), et enfin le genre *Uranotaenia* n'a contenu qu'une seule espèce: (*U. unguiculata*). Selon Arroussi *et al.* (2021), l'étude systématique de la faune culicidienne dans la région d'Annaba a montré la présence de 8 espèces appartenant à 4 genres ; *Culex* (*Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, et *Cx. modestus*), *Culiseta* (*Cs. longiareolata*), *Aedes* (*Ae. albopictus* et *Ae. aegypti*) et *Anopheles* (*An. labranchiae* et *An. claviger*). Les travaux de Benhissen *et al.* (2018) réalisés dans la région de Boussaâda ont mentionné 11 espèces appartenant à quatre genres : le genre *Culiseta* (*Cs. longiareolata*, *Cs. Subochrea*), le genre *Culex* (*Cx. pipiens*, *Cx. deserticola*, *Cx. theileri*, *Cx. laticinctus*, *Cx. Brumpti*, *Cx. perexiguus*), le genre *Aedes* (*A. cinereus*, *A. mulicolor*), et enfin le genre *Uranotaenia* avec une seule espèce (*U. unguiculata*). Dans la région de Sétif, 9 espèces de moustiques ont été signalées : *Cx. pipiens*, *Cx. hortensis*, *Cx. theileri*, *Cx. simpsoni*, *Cs. longiareolata*, *Ochlerotatus caspius*, *Cq. richiardii*, *An. labranchiae*, *An. cinereus hispaniola* (Nabti & Bounechada, 2020). Par ailleurs, l'enquête morphotaxonomique portant sur les larves de Culicidae au niveau de la région de M'sila a permis l'identification de 14 espèces : 3 espèces du genre Anophèles (*An. cinereus*, *An. multicolor* et *An. sergentii*), une espèce du genre *Culiseta* (*Cs. longiareolata*) et 10 espèces du genre *Culex* (*Cx. brumpti*, *Cx. deserticola*, *Cx. hortensis*, *Cx. impudicus*, *Cx. laticinctus*, *Cx. martini*, *Cx. modestus*, *Cx. perexiguus*, *Cx. pipiens* et *Cx. theileri*) (Asloum *et al.*, 2021). Les travaux de Messai *et al.* (2016) et Bouknafet (2006) ont révélé l'existence de 7 espèces dans la région d'Oum el Bouaghi et 30 espèces dans la région de Skikda respectivement. La composition du peuplement Culicidien échantillonné dans le lac Tonga, révèle l'existence de 4 espèces du genre *Culex* (*Cx. pipiens*, *Cx. martinii* et *Cx. theileri*), et une espèce du genre *Anopheles* (*Anopheles maculipennis*) qui est l'espèce la plus répandue et la plus fréquemment récoltée dans diverses stations. La présence d'Anophelinae représentée par *Anopheles maculipennis sacharovi* au niveau de Collo, Oum El Bouaghi et le lac des oiseaux respectivement a été confirmée par les résultats de Boudemag *et al.* (2013), Oudainia (2015) et

Serradj *et al.* (2018). Cependant, dans la région d'El Taref, Houmani *et al.* (2017) ont confirmé la présence de l'espèce *Anopheles coustani*.

La distribution et la densité des espèces de moustiques varient d'un site à un autre au cours de notre étude. Cette variation peut être due à la phénologie des espèces, à la communauté biologique et aux conditions climatiques pendant la période d'étude, et qui jouent un rôle déterminant dans la prolifération de nombreux insectes. De plus, les méthodes d'échantillonnage, le type d'habitat, la durée de la collecte et l'émergence de nouveaux habitats artificiels de reproduction des moustiques peuvent avoir un impact sur le nombre d'individus prélevés (Arroussi *et al.*, 2021).

Dans notre étude, *Cx. theileri* a été trouvé durant toute l'année dans les sites de Bekkaria, Boulhef Dyr et Tébessa. Les stades immatures colonisent les eaux stagnantes permanentes, avec une végétation à l'extérieur ou à l'intérieur des eaux de reproduction. Ils préfèrent les sites de reproduction naturels (Sofizadeh *et al.*, 2017), ce qui explique leur absence dans le site d'El Hammamet. En Algérie, elle était présente dans tous les biotopes inventoriés à Mila (Messai *et al.*, 2010), Tébessa (Bouabida *et al.*, 2012), Biskra (Benhissen *et al.*, 2014), Tizi-Ouzou (Lounaci *et al.*, 2016) et Souk-Ahras (Hamaidia *et al.*, 2016 ; Hafsi *et al.*, 2021). *Cs. annulata* et *Ae. caspius* ont été trouvées uniquement dans le site de Boulhef Dyr. Ce gîte est caractérisé par un couvert végétal plus développé et important ; il accueille une variété de faune culicidienne plus large (7 espèces), démontrant ainsi leur forte affinité avec un environnement végétal abondant. La végétation est doublement importante car les larves de Culicidae se nourrissent de phytoplanctons et de consommateurs primaires.

Parmi les espèces collectées, trois ont été identifiées pour la première fois dans la région de Tébessa : *An. labranchiae*, *Ae. geniculatus* et *Cx. brumpti*. *Cx. brumpti* a été collecté en automne, dans deux sites : Bekkaria et Boulhef Dyr au cours du mois de novembre 2019. Contrairement aux larves des espèces de *Culex* qui se reproduisent à profusion dans les milieux pollués, les moustiques *Aedes* et *Anopheles* préfèrent les piscines terrestres propres (Farjana *et al.*, 2015) et les sites non pollués qui contiennent des eaux douces ensoleillées avec un courant lent sans végétation élevée (Tandina *et al.*, 2018). Par ailleurs, l'urbanisation est l'un des facteurs clés qui cause un appauvrissement important des espèces d'*Anopheles* au profit des espèces de *Culex* les mieux adaptées à ce type de gîtes. *An. labranchiae* a été signalée à Bekkaria, Boulhef Dyr et Tébessa ville pendant toutes les saisons sauf l'hiver. Les précipitations au printemps et au début de l'automne ont joué un rôle crucial dans la présence d'*An. labranchiae* d'une part ; d'autre part, les terres arbustives fermées ou ouvertes étaient négativement liées à l'occurrence

de l'*An. labranchiae* méditerranéen, tandis que les terres cultivées/végétation en mosaïque présentaient une corrélation positive (Hertig, 2019). Les larves d'*Ae. geniculatus* ont été collectées uniquement dans le site de Tébessa en Octobre et Mars (début du printemps). Les populations d'*Ae. geniculatus* sont généralement monovoltines. Le pic saisonnier de ponte s'est étalé entre Juillet et Août. Une faible proportion d'œufs éclosent pendant l'été, mais la plupart éclosent au printemps suivant (Yates, 1979). Cette espèce est un moustique anthropophile de grande importance médicale puisque c'est un vecteur compétent du virus de chikungunya (Prudhomme *et al.*, 2019).

4.2. Indices écologiques

La diversité des espèces dans notre étude diffère légèrement entre les sites d'échantillonnage de la région de Tébessa. En outre, tous les indices écologiques reflètent un faible niveau de diversité du peuplement culicidien ; la dominance saisissante d'une seule espèce (*Cx. pipiens*) a certainement influencé l'estimation des paramètres de mesure de la diversité des culicidés. Les sites les plus diversifiés sont Tébessa et Bekkaria avec un indice de Shannon-Weaver le plus élevé ($H' = 1,29$). En général, les indices écologiques ont révélé un niveau de diversité moyen des moustiques dans la région de Tébessa ($H' = 1,12$ global, $1-D = 0,59$ global avec $E = 0,48$), ce qui signifie que l'abondance relative des espèces s'écarte de l'uniformité. Par ailleurs, l'indice de Simpson le plus élevé a été signalé dans le site Boulhef Dyr (0,91) ce qui traduit un niveau de diversité très faible. Il faut souligner que l'indice de Shannon dépend fortement de la taille de l'échantillon et du type d'habitat, alors que l'indice de diversité de Simpson donne plus de valeur aux espèces abondantes qu'aux espèces rares. La plus faible régularité à Boulhef Dyr (0,12) est probablement due à la grande abondance (dominance) de l'espèce principale *Cx. pipiens*. *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* ont présenté une plus grande abondance dans notre étude ($A = 33262$ spécimens).

Ces résultats concordent avec ceux observés dans la wilaya de Souk-Ahras (D global = 0,50, H' global = 1,79 avec $E = 0,42$) (Hafsi *et al.*, 2021). Dans la région de Tizi-Ouzou, l'indice de Shannon-Weaver calculé est de 1,85, cette valeur révèle un biotope modérément diversifié. L'équitabilité de 0,5, signifie que les espèces inventoriées n'ont pas les mêmes abondances (Chahed *et al.*, 2022). Selon Djeddar (2021), la diversité des Culicidés dans les régions de Souk Ahras, Annaba et El Taref est importante puisque l'indice de Shannon Weaver (H') est compris entre 0 bits et 2,94 bits. Dans ces régions, il y a un équilibre modéré entre les espèces de Culicidae. La région de Souk Ahras a une équitabilité du peuplement Culicidien élevée et qui est proche de 0,7, ce qui suggère qu'il est équilibré. En outre, les populations Culicidiennes

d'Annaba et El Taref sont peu homogènes, avec une valeur d'équirépartition de 0,54 à Annaba et 0,51 à El Taref.

L'analyse de la composition Culicidienne dans les différents sites démontre que chaque milieu présente une particularité faunistique. En effet, d'après les résultats de l'abondance relative, nous avons également noté que les espèces appartenant au genre *Culex* étaient les plus abondantes dans tous les sites étudiés, ce qui concorde avec des études réalisées précédemment en Algérie et dans toute l'Afrique, signifiant que ces espèces ont une grande capacité d'adaptation aux environnements urbains (Talipouo *et al.*, 2017). Cela pourrait également être dû aux habitats riches en végétation qui assure un microclimat thermique et lumineux favorables (Bouabida *et al.*, 2012) et fournit une source de nutriments important ce qui réduit la compétition entre les espèces pour les ressources. De plus, la capacité des œufs à résister à la dessiccation (Aigbodion *et al.*, 2011), ainsi que les changements environnementaux peuvent affecter leur distribution spatiale ce qui leur donne le rôle de vecteurs les plus ubiquitaires et les plus préoccupants (Sadeghi *et al.*, 2018).

Nous avons également noté la dominance de *Cx. pipiens*, collecté dans tous les sites prospectés de la région de Tébessa, suivi de *Cs. longiareolata*. Cependant, le site d'El Hammamet est caractérisé par un grand nombre d'individus avec seulement deux espèces (*Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata*), en raison de la durabilité de ces habitats de reproduction (urbains) et de leur richesse en matière biologique en suspension. *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* ont été classés comme étant les espèces les plus répandues dans l'Afrique méditerranéenne (Hassaine, 2002). Notre étude a montré que la région de Tébessa a une richesse spécifique et un nombre d'individus plus élevé, mais des indices de diversité et d'équitabilité plus faibles. Ces résultats sont dus à la dominance des larves de *Cx. pipiens*, grâce à sa plasticité biologique. La plupart des gîtes d'études contiennent des espèces communes telles que *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata*, tandis que d'autres sont spécifiques à certains gîtes.

Ces espèces sont capables de s'adapter à différents biotopes qu'ils soient artificiels ou naturels tout au long de l'année. Leurs probabilités de rencontre sont élevées et leurs pouvoir de dispersion est considérable. Les deux espèces sont les plus signalées dans plusieurs enquêtes algériennes (Messai *et al.*, 2010 ; Bouabida *et al.*, 2012 ; Hamaidia *et al.*, 2016 ; Hafsi *et al.*, 2021 ; Chahed *et al.*, 2022). Certains moustiques étaient adaptés à des exigences écologiques distinctes (Bingham *et al.*, 2013). Il faut s'attendre à de telles relations dans les études de terrain, car la variabilité des conditions climatiques est le facteur le plus important de la redistribution des espèces de moustiques (Hertig, 2019 ; Messina *et al.*, 2019).

4.3. Effet des facteurs climatiques sur la densité larvaire

L'abondance et la diversité des insectes pourraient être le principal indicateur des changements environnementaux (Potts *et al.*, 2020). La composition de la faune culicidienne diffère d'un site à un autre. Des résultats comparables ont été observés dans des études antérieures (Hafsi *et al.*, 2021 ; Arroussi *et al.*, 2021). Une corrélation entre les facteurs climatiques et la densité de moustiques et leur diversité a été évaluée.

Dans notre étude, la température a montré une forte corrélation avec l'abondance des culicidés dans la wilaya de Tébessa ; cela est dû au fait que le développement et la durée du cycle gonotrophique dépendent de la température (Mordecai *et al.*, 2019). Cette corrélation positive est en accord avec les résultats de Couret (2014) ; Hafsi *et al.* (2021) et Ntoumba *et al.* (2020). La pluviométrie est un autre facteur abiotique qui montre une corrélation négative avec l'abondance larvaire. Nous avons remarqué que les fortes précipitations peuvent avoir un impact négatif sur le développement des culicidés (Costa *et al.*, 2010 ; Hafsi *et al.*, 2021). Durant notre étude, les plus faibles abondances larvaires ont été observées à partir de la mi-juillet au septembre notamment au niveau du site de Bekkaria dans tous les gîtes prospectés à cause des précipitations excessives ce qui conduit à une dilution des ressources nutritionnelles des larves et éliminent leurs sites de reproduction dû au lessivage des gîtes par les fortes pluies (Hamaidia *et al.*, 2016 ; Seah *et al.*, 2021). En revanche, les densités larvaires les plus fortes sont enregistrées à la fin et au début des saisons de pluies, caractérisées par une pluviométrie réduite, qui a pour conséquence de stabiliser les gîtes larvaires et de favoriser la pullulation des larves par l'augmentation de l'abondance des œufs (Djeddar, 2021).

De Mello *et al.* (2022) ont rapporté que la température et les précipitations affectaient toutes deux la dynamique des populations de moustiques dans la région entourant l'Amazonie (Brésil). En effet, le facteur qui affecte le plus la diversité des moustiques est la température, bien que d'autres facteurs, dont les précipitations, qui ont un grand impact sur l'éclosion des œufs, la création de sites de reproduction, la vitesse du développement post-embryonnaire ; l'accélération ou le retardement de la croissance et le développement des larves de moustiques et la survie des adultes (Reinhold *et al.*, 2018 ; Marini *et al.*, 2020 ; Ntoumba *et al.*, 2020). La composition des espèces de moustiques diffère d'un site à un autre ; les sites les plus diversifiés étaient Tébessa ville et Boulhef Dyr. La variation des différentes composantes de la biodiversité peut être attribuée à la variation des gradients biogéographiques ou écologiques, comme cela a également été observé dans des enquêtes antérieures (Halsch *et al.*, 2021 ; Skendžić *et al.*, 2021).

4.4. Analyses physico-chimiques

Parmi les facteurs abiotiques des habitats aquatiques de reproduction, la température, la conductivité, le total des solides dissous et l'oxygène dissous. Ils ressortent comme les plus importants facteurs limitant l'abondance des larves de moustiques. Ces corrélations ont été notées uniquement au niveau du site de Tébessa ville et Boulhef Dyr (les sites les plus diversifiés). On peut en déduire que les autres sites, notamment El Hammamet, ont des conditions physico-chimiques très strictes qui limitent la présence de plusieurs espèces. Chez les insectes, on ne sait toujours pas comment ces paramètres abiotiques limitent l'abondance et la distribution des espèces.

Des travaux antérieurs reflètent l'ampleur des effets de l'environnement physique sur les populations d'insectes (Halsch *et al.*, 2021 ; Skendžić *et al.*, 2021). La constitution physico-chimique d'une eau peut être cruciale pour la biologie d'une espèce et pour la structure et la dynamique de la biocénose dans son ensemble (Berchi, 2000). Par exemple, *An. labranchiae* a été trouvée davantage dans les habitats larvaires naturels qui préfèrent une eau bien oxygénée à pH acide ou neutre et à faible conductivité (Mouatasseem *et al.*, 2019). Selon Rageau & Adam (1952), les larves d'*Anopheles* ont une préférence pour les eaux ayant un pH acide. Au Maroc, les biotopes sont caractérisés par des températures d'environ 27 °C, des concentrations faibles en oxygène dissous, et une conductivité basse variant entre 595 et 1300 µs hébergent l'espèce *An. labranchiae*. Les facteurs qui affectent l'abondance des stades immatures des espèces du genre *Culex* diffèrent d'une espèce à une autre. L'abondance des larves de *Cx. pipiens* était plus grande dans les habitats temporaires, profonds et turbides chargés en ions et en matières dissoutes et caractérisés par une température élevée et un pH basique, alors qu'elle était plus faible dans les milieux plus oxygénés, salins et les sites naturels (Mouatasseem *et al.*, 2019). Le développement de *Cx. theileri* pourrait être plus rapide dans les milieux de reproduction végétalisés et bien oxygénés, et leurs habitats préférés sont caractérisés par des températures élevées et des sites ensoleillés. Les habitats préférés de *Cx. laticinctus* se caractérisent par des températures élevées et des sites ensoleillés (Oussad *et al.*, 2021). Les larves de *Cs. longiareolata* préfère une température, une conductivité et une salinité élevées (Mouatasseem *et al.*, 2019 ; Oussad *et al.*, 2021). De plus, Hassaine (2002) a récolté cette espèce dans des eaux abondantes en matières organiques. Benhissen *et al.* (2018) ont montré une très faible corrélation entre la densité larvaire et Tds des eaux des sites ($R= 0,27$). Les résultats révèlent une corrélation positive entre le nombre d'individus récoltés et les autres paramètres étudiés

(pH, conductivité et température). Selon El-Naggar *et al.* (2018), la salinité et le pH n'ont aucun effet significatif sur la dynamique des populations larvaires.

CONCLUSION



V. Conclusion et perspectives

L'étude de la faune culicidienne de la région de Tébessa (Nord-Est de l'Algérie) a été effectuée dans quatre sites (Bekkaria, Boulhef Dyr, Tébessa et El Hammamet), entre juin 2019 et mai 2020. Elle a permis d'identifier 10 espèces appartenant à la sous-famille des Culicinae et la sous-famille des Anophelinae et divisées en 4 genres (*Culex*, *Culiseta*, *Anopheles* et *Aedes*). Parmi les espèces identifiées, *Cx. brumpti*, *Ae. geniculatus* et *An. labranchiae* ont été mentionnées pour la première fois dans la région de Tébessa.

Les indices écologiques à savoir l'abondance, la fréquence centésimale, la richesse et la distribution des différentes espèces composant le peuplement culicidien ont été calculés. La détermination de ces indices a révélé une forte abondance des espèces de genre *Culex* dans la région de Tébessa. L'analyse des données a montré que *Cs. longiareolata* et *Cx. pipiens* sont les espèces prédominantes de la faune culicidienne en raison de leur adaptation à tous les sites de reproduction, qu'ils soient artificiels ou naturels.

En effet, les densités larvaires ont montré des différences saisonnières durant la période d'étude en rapport avec les données climatiques, car on remarque que chaque espèce présente des différences d'abondance et de distribution dans les différents habitats en fonction des fluctuations des facteurs climatiques. De plus, on a noté la présence des 4 espèces : *Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *Cx. hortensis* et *Cs. longiareolata*, tout au long de l'année (quatre saisons) et l'abondance de *Cs. longiareolata* et *Cx. pipiens* dans tous les gîtes prospectés. De plus, leur abondance est étroitement liée à la température qui joue un rôle primordial dans l'accentuation de la vitesse de développement de ces derniers.

Au niveau des sites prospectés, six paramètres physico-chimiques ont été mesurés : la température, le pH, la conductivité, la salinité, l'oxygène dissous et les solides totaux dissous, et qui révèlent des variations spatiotemporelles. Les résultats montrent que l'abondance des moustiques est positivement corrélée avec la température, la conductivité, les matières dissoutes totales et cela au niveau du site Tébessa ville et le site Boulhef dyr. Parallèlement à ces paramètres, nous avons analysé le Sodium, le potassium, le lithium, le Barium et le Calcium. Les résultats ont montré que le K^+ , Ba et Li ont eu un impact significatif sur l'abondance des moustiques au niveau des sites de Bekkaria et Tébessa ville.

Pour terminer et poursuivre ce travail, il est crucial d'aborder les points suivants :

- ❖ Réalisation d'autres enquêtes régulières pour mieux répondre aux risques potentiels de maladies à transmission vectorielle qui pourraient survenir.
- ❖ Evaluation de la sensibilité de ces espèces inventoriées dans le cadre d'une lutte antivectorielle.
- ❖ Confirmation de ces espèces collectées par une identification moléculaire.
- ❖ Elargir les sites de prospection pour mieux inventorier les espèces qui sévissent dans la région.
- ❖ Etablir une base de données contenant toutes les espèces identifiées et leurs critères de classification.

VI. Résumé

Les moustiques jouent un rôle épidémiologique en tant que vecteurs de plusieurs agents pathogènes. La bonne connaissance de l'écologie et de la distribution spatio-temporelle de ces insectes est cruciale pour la mise en place d'un programme de lutte efficace. Les larves ont été collectées pendant une période de 12 mois (de juin 2019 à mai 2020) dans quatre habitats de la région de Tébessa (nord-est de l'Algérie).

Au total, 69 974 spécimens de moustiques ont été collectés et identifiés. L'étude systématique des moustiques a permis d'identifier 10 espèces de moustiques appartenant à quatre genres : *Culiseta*, *Culex*, *Anopheles* et *Aedes*. *Culex* est le genre le plus dominant (73,92 % de la faune totale), avec la plus grande richesse, représentée par 5 espèces (*Cx. pipiens*, *Cx. hortensis*, *Cx. laticinctus*, *Cx. theileri*, *Cx. brumpti*). Les larves d'*An. labranchiae*, *Cx. brumpti* et *Ae. geniculatus* ont été mentionnées pour la première fois dans la région de Tébessa. *Culex pipiens* est l'espèce de moustique la plus prédominante avec un taux d'abondance de 57,73 %.

De plus, la répartition spatiale des moustiques en fonction des facteurs climatiques (température, pluviométrie, humidité) et l'analyse physico-chimique de l'eau révèlent un effet significativement positif sur l'abondance (N). Le site le plus diversifié en espèces était Tébessa ville avec la valeur d'indice de Shannon la plus élevée (1.29).

Mots clés : Biodiversité ; Changement climatique ; Distribution ; Culicidae ; inventaire, analyse physico-chimique.

Abstract

Mosquitoes play an epidemiological role as vectors of several pathogens. Understanding the ecology and their spatio-temporal distribution seems essential to the implementation of effective control programs. Larvae were collected over a period of 12 months (from June 2019 to May 2020) in four habitats in the Tébessa region (north-eastern Algeria).

A total of 69,974 mosquito specimens were collected and identified. The systematic study of mosquitoes made it possible to identify 10 species of mosquitoes belonging to four genera: *Culex*, *Culiseta*, *Aedes* and *Anopheles*. *Culex* is the most dominant genus (73.92% of the total fauna), with the greatest richness, represented by 5 species (*Cx. pipiens*, *Cx. hortensis*, *Cx. laticinctus*, *Cx. theileri*, *Cx. brumpti*). The larvae of *An. labranchiae*, *Cx. brumpti* and *Ae. geniculatus* were mentioned for the first time in the Tébessa region. *Culex pipiens* is the most predominant mosquito species with an abundance rate of 57.73%.

Furthermore, the spatial distribution of mosquitoes according to climatic factors (temperature, rainfall, humidity) and the physicochemical analysis of water reveal a significantly positive effect on abundance (N). The most diversified site in species was Tébessa with the highest Shannon index value (1.29).

Key words: Biodiversity; Climate change; Distribution; Culicidae; inventory, physico-chemical analysis.

ملخص

يلعب البعوض دورًا وبائيًا باعتباره ناقلًا للعديد من مسببات الأمراض. يبدو أن فهم البيئة وتوزيعها المكاني والزمني ضروري لتنفيذ برامج مكافحة الفعالة. تم جمع اليرقات على مدى 12 شهرًا (من جوان 2019 إلى ماي 2020) في أربعة أوساط بمنطقة تبسة (شمال شرق الجزائر).

تم جمع وتحديد 69,974 عينة من البعوض. أتاحت الدراسة التصنيفية التعرف على 10 أنواع من البعوض تنتمي إلى أربعة أجناس: *Anopheles*, *Aedes*, *Culiseta*, *Culex*. *Culex* هو الجنس الأكثر انتشارًا (73.92% من إجمالي اليرقات الموجودة)، مع أكبر تنوع، ممثلة بخمسة أنواع (*Cx. pipiens*, *Cx. hortensis*, *Cx. theileri*, *Cx. laticinctus*, *Cx. brumpti*). يرقات *Cx. brumpti*, *An. labranchiae*, *Cx. brumpti* و *Ae. geniculatus* تم ذكرها لأول مرة بمنطقة تبسة. يعد *Culex pipiens* أكثر أنواع البعوض انتشارًا بمعدل وفرة يصل إلى 57.73%.

بالإضافة إلى ذلك، يكشف التوزيع المكاني للبعوض وفقًا للعوامل المناخية (درجة الحرارة، هطول الأمطار، الرطوبة) والتحليل الفيزيائي والكيميائي للمياه عن تأثير إيجابي كبير على الوفرة (N). وكان الموقع الأكثر تنوعًا هو مدينة تبسة مع أعلى قيمة لمؤشر شانون (1.29).

الكلمات المفتاحية: التنوع البيولوجي؛ تغير المناخ؛ توزيع؛ Culicidae؛ جرد؛ التحاليل الفيزيائية والكيميائية.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES



VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

~ A ~

Abdelmalek, A. (1960). The culicidien mosquitoes of the northern region of the United Arab Republic. Bulletin de la Société Entomologique d'Égypte. 44 : 11-128.

Aigbodion, F., Uyi, O., Akintelu, O., & Salau, L. (2011). Studies on some aspects of the ecology of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) in relation to filarial infection in Benin City, Nigeria. European Journal of Experimental Biology.1(4) :173-80.

Aissaoui, L., & Boudjelida, H. (2017). Diversity and distribution of culicinae fauna in Tebessa district (North-East of Algeria). International Journal of Mosquito Research. 4(1): 07-12.

Aitken, T. H. (1954). The Culicidae of Sardinia and Corsica (Diptera). Bulletin of Entomological Research. 45: 437-494.

Alayat, M. S., Bendali-Saoudi, F., Mahmoudi, K., & Soltani, N. (2023). Diversity and spatio-temporal distribution of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the Laghouat arid region (Algerian northern Sahara). Oriental Insects. 1-26.

Al-Azab, A., Shaalan, E., & Al-Elmani, S. (2019). Surveillance of mosquito vectors in Sana'a: Yemen. International Journal of Mosquito Research. 6(1): 124-131.

Aldemir, A., Bedir, H., Demirci, B., & Alten, B. (2010). Biting activity of mosquito species (Diptera: Culicidae) in the Turkey-Armenia border area, Ararat Valley, Turkey. Journal of Medical Entomology. 47(1): 22-27.

Arroussi, D. E. R., Bouaziz, A., & Boudjelida, H. (2021). Mosquito survey reveals the first record of *Aedes* (Diptera: Culicidae) species in urban area, Annaba district, Northeastern Algeria. Polish Journal of Entomology. 90(1): 14-26.

Arsevska, E., Hellal, J., Mejri, S., Hammami, S., Marianneau, P., Calavas, D., & Hénaux V. (2015). Identifying Areas Suitable for the Occurrence of Rift Valley Fever in North Africa: Implications for Surveillance. Transboundary and Emerging Diseases. 63: 658-674.

Asebe, G., Michlmayr, D., Mamo, G., Abegaz W. E., Endale, A., Medhin, G., Larrick, J. W., & Legesse, M. (2021). Seroprevalence of Yellow fever, Chikungunya, and Zika virus at a community level in the Gambella Region, South West Ethiopia. PLoS ONE. 16(7): e0253953.

Asloum, A. Y., Benhissen, S., Habbachi, W., Habbachi, S., Hedjouli, Z., Bouselama, Z., & Tahraoui, A. (2021). Preliminary Inventory and General Aspect of the Distribution of

Culicidae Species in the Steppe Region (M'sila, Algeria). *Journal of Bioresource Management*. 8(3): 79-88.

Azari-Hamidian, S., & Harbach, R. E. (2009). Keys to the adult females and fourth-instar larvae of the mosquitoes of Iran (Diptera: Culicidae). *Zootaxa*. 2078(1): 1-33.

~ **B** ~

Baz, M. M., Baeshen, R. S., El-Shourbagy, N., Hikal, W., Khater, H., Darwish, A., El-Sayed, Y. A., & Abououf, E. A. (2024). Ecological Factors Affecting Diversity and Abundance of Mosquito Larvae in Nile Delta, Egypt. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*. 55(4): 991-1006.

Bellone, R., & Failloux, A. B. (2020). The role of temperature in shaping mosquito-borne viruses transmission. *Frontiers in Microbiology*. 11: 584846.

Benhissen, S., Habbachi, W., Masna, F., Mecheri, H., Ouakid, M. L., & Bairi, A. (2014). Inventory Culicidae dry lands: The case of Oasis Ouled-Djellal (Biskra, Algeria). *Revue El Wahat pour les Recherches et les Etudes*. 7 : 86-91.

Benhissen, S., Habbachi, W., Rebbas, K., & Masna, F. (2018). Entomological and typological studies of mosquito breeding sites (Diptera: Culicidae) in the region of Bousaâda (Algeria). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*. 87 : 112-120.

Ben Malek, L. (2010). Etude bioécologique des Culicidae des zones urbaines et rural de l'extrême Nord-est Algérien. Lutte bactériologique par le *Bacillus thuringiensis israelensis* sérotype H14 à l'égard des adultes femelles et des larves néonates d'*Anopheles maculipennis labranchiae*. Mémoire de Magister en Ecologie Animale. Université Badji Mokhtar, Annaba. 131p.

Berchi, S. (2000). Bioécologie de *Culex pipiens* L. (Diptera : Culicidae) dans la région de Constantine et perspectives de lutte. Thèse de doctorat des Sciences, Université de Constantine. 133p.

Bingham, A. M., Burkett-Cadena, N. D., Porterfield, C., & Unnasch T. R. (2013). Innate preference or opportunism: mosquitoes feeding on birds of prey at the Southeastern Raptor Center. *Journal of Vector Ecology*. 39 (1): 21-31.

Bisanzio, D., Giacobini, M., Bertolotti, L., Mosca, A., Balbo, L., Kitron, U., & Vazquez-Prokopec, G. M. (2011). Spatio-temporal patterns of distribution of West Nile virus vectors in eastern Piedmont Region Italy. *Parasit Vectors*. 4(1) : 1-11.

Bouabida, H., Djebbar, F., & Soltani, N. (2012). Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera : Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie). *Entomologie faunistique-Faunistic Entomology*. 65 : 99-103.

Boudemagh, N. E. H., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. (2018). Morphometry of three mosquito species vectors of West Nile *Culiseta longiareolata* Macquart 1838, *Culiseta subochrea* Edwards 1921 and *Culiseta glaphyoptera* Schiffner 1864 collected at Collo (Northeast Algeria). *International Journal of Mosquito Research*. 5(1): 12-18.

Boudemagh, N., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. (2013). Inventory of Culicidae (Diptera: Nematocera) in the region of Collo (North-East Algeria). *Annals of Biological Research*. 4(2): 94-99.

Boulares, M., Rehim, N., Houhamdi, I., Baaloudj, A., Soltani, N., & Houhamdi, M. (2023). Systematic and ecological study of mosquitoes (Diptera: Culicidae) at lake Fetzara (Annaba, Northeast Algeria). *Ukrainian Journal of Ecology*. 13(1).

Boulkenafet, F. (2006). Contribution à l'étude de la biodiversité des Phlébotomes (Diptera : Psychodidae) et appréciation de la faune Culicidienne (Diptera : Culicidae) dans la région de Skikda. Mémoire de Magister en Entomologie. Université Mentouri Constantine. 191p.

Brunhes, J., Rhaim, A., Geoffroy, B., Angel, G., & Hervy, J. P. (1999). Les Culicidae de l'Afrique méditerranéenne, logiciel d'identification et d'enseignement. IRD (France).

Brunhes, J., Schaffner, F., Angel, G., Geoffroy, B., Hervy, J. P., & Rhaim, A. (2001). Moustiques d'Europe. Logiciel de l'Institut de Recherche et de Développement de Montpellier (France).

Byrd, B., Richards, S. L., Runkle, J. D., & Sugg, M. M. (2020). Vector-borne diseases and climate change. *North Carolina Medical Journal*. 81(5): 324-330.

~ C ~

Camp, J. V., Kniha, E., Obwaller, A. G. Walochnik, J., & Nowotny, N. (2021). The transmission ecology of *Tahyna orthobunya* virus in Austria as revealed by longitudinal mosquito sampling and blood meal analysis in floodplain habitats. *Parasites & Vectors*. 14: 561.

Chahed, S., Belkacem, H., Boukhari, L., & Brahmi, K. (2022). Mosquito survey in Tizi-Ouzou (Algeria Northern): updated inventory with new reports. *Journal of Bioresource Management*. 9(1): 5.

- Chahed, S., Brahmi, K., & Djouaher, T. (2021).** Etude sur la faune Culicidiène (Diptera : Culicidae) de la région de Tizi-Ouzou (Nord d'Algérie) : Biodiversité, abondance et répartition. *Entomologie Faunistique-Faunistic Entomology*. 74. <https://doi.org/10.25518/2030-6318.5105>
- Chao, A., Ma, K. H., & Hsieh, T. C. (2016).** iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. Program and User's Guide published at http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/inext-online/.
- Colwell, R. K. (2013).** Estimate S: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Ver. 9; [accessed 2020 Apr 25].
- Colwell, R. K, Chao, A., Gotelli, N. J., Lin, S. Y., Mao, C. X., Chazdon, R. L., & Longino, J. T. (2012).** Models and estimators linking individual -based and sample-based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology*. 5(1) :3–21.
- Costa, E. A. P. D. A., Santos, E. M. D. M., Correia, J. C., & Albuquerque, C. M. R. D. (2010).** Impact of small variations in temperature and humidity on the reproductive activity and survival of *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). *Revista Brasileira de Entomologia*. 54(3) : 488-493.
- Couret, J., Dotson, E., & Benedict, M. Q. (2014).** Temperature, larval diet, and density effects on development rate and survival of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *PloS One*. 9(2), e87468.

~ *D* ~

- Daget, J. (1976).** Les modèles mathématiques en écologie. Coll. D'écologie. Ed. Masson, Paris, 172p.
- Dajoz, R. (1975).** Précis d'écologie (éd. 7e édition). Paris, France : Dunod.
- David, M. R., Dantas, E. S., Maciel-de-Freitas, R., Codeço, C. T., Prast, A. E., & Lourenço-de-Oliveira, R. (2021).** Influence of larval habitat environmental characteristics on culicidae immature abundance and body size of adult *Aedes aegypti*. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 9: 626757.
- De Mello, C. F., Figueiró, R., Roque, R. A., Maia, D. A., da Costa Ferreira, V., Guimarães, A. É., & Alencar, J. (2022).** Spatial distribution and interactions between mosquitoes (Diptera: Culicidae) and climatic factors in the Amazon, with emphasis on the tribe Mansoniini. *Scientific Reports*. 12(1) : 16214.

Djebaili, S. (1978). Recherches phytosociologiques et écologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas Saharien Algériens. Thèse de doctorat. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Algérie.

Djeddar, H., Boudjelida, H., & Arroussi, D. E. R. (2021). New alternative for culicidian fauna control using *Borago officinalis* and *Drimia maritima* plant extracts. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 22(12).

Dreux, P. (1980). Précis d'écologie. Edition Presses, Université de France, Paris. 231p.

~ \mathcal{E} ~

El-Naggar, A. N., Elbanna, S. S. M., Kaiser, M. F., & Gabre, R. M. (2018). Effect of Certain Physico-Chemical Parameters on the Population Dynamics of Mosquito Larvae and their Correlation with Infected Regions of Filariasis in Alkorin Village, Sharkia Governorate (Egypt). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A, Entomology*. 11(2): 55-62.

~ \mathcal{F} ~

Farjana, T., Ahmmed, M. S., Khanom, T. F., Alam, N., & Begum, N. (2015). Surveillance of mosquitoes larva at selected areas of Mymensingh district in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Veterinary Medicine*. 13(1): 79-88.

Faurie, C., Ferra, C., Medori, P., Devaux, J., & Hemptinne, J. (2003). Ecologie, Approche scientifique et pratique. 5ème édition, Ed. Tec et Doc (Lavoisier). 407 p.

Franquet, E., Metge, G., Vigo, G., Lagneau, C., & Courtesol, C. (2002). Distribution spatiale des pontes d'*Aedes (Ochlerotatus) caspius* (Pallas) (Diptera : Culicidae) dans un marais temporaire du littoral méditerranéen français. *Annales De Limnologie - International Journal of Limnology*. 38(2) : 163-170.

Frontier, S., Pichod-Viale, D., Leprêtre, A., Davoult, D., & Luczak, C. (2008). Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution. 4ème édition. Dunod, Paris. 558p.

~ \mathcal{G} ~

- Gao, Q., Wang, F., Lv, X., Cao, H., Su, F., Zhou, J., & Leng, P. (2018).** *Aedes albopictus* production in urban stormwater catch basins and manhole chambers of downtown Shanghai, China. PLoS One. 13(8): e0201607.
- Gloria-Soria, A., Brown, J. E., Kramer, V., Hardstone Yoshimizu, M., & Powell, J. R. (2014).** Origin of the dengue fever mosquito, *Aedes aegypti*, in California. PLoS Neglected Tropical Diseases. 8(7): e3029.
- Gotelli, N. J., & Colwell, R. K. (2001).** Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. Ecology Letters. 4(4) : 379-391.
- Grall, J., & Coïc, N. (2006).** Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Institut Universitaire européen de la Mer. Université de Bretagne Occidentale Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin. 7-86.
- Grall, J., & Hily, C. (2003).** Traitement des données stationnelles (faune). IUEM (UBO)/LEMAR. FT-10-01.1–10.
- Guisande, C., Heine J., García-Roselló, E., González-Dacosta, J., González-Vilas, L., & Pérez-Schofield, B. J. (2017).** DER: An algorithm for comparing species diversity between assemblages. Ecological Indicators. 81: 41-46.



- Hafsi, N. H., Hamaidia, K., Barour, C., & Soltani, N. (2021).** A survey of Culicidae (Insecta Diptera) in some habitats in Souk-Ahras province (Northeast Algeria). Biodiversity Journal. 12(1):3–16.
- Halsch, C. A., Shapiro, A. M., Fordyce, J. A., Nice, C. C., Thorne, J. H., Waetjen, D. P., & Forister, M. L. (2021).** Insects and recent climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences. 118(2) : e2002543117.
- Hamaidia, H., & Berchi, S. (2018).** Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera : Culicidae) dans la région de Souk-Ahras (Algérie). Entomologie Faunistique-Faunistic Entomology. 71: 1- 8.
- Hamaidia, K., & Soltani, N. (2014).** Laboratory evaluation of a biorational insecticide, kinoprene, against *Culex pipiens* larvae: effects on growth and development. Annual Research & Review in Biology. 2263-2273.

Hamaidia, K., Tine-Djebbar, F., & Soltani, N. (2016). Faune culicidiennes de la région de Souk-Ahras (Nord-Est Algérie) : Répartition spatiotemporelle et corrélation avec les facteurs du milieu. Editions Universitaires Européennes. ISBN: 978-3-639-54787-0

Hassaine, K. (2002). Bioécologie et biotypologie des Culicidae (Diptera : Nematocera) de l'Afrique méditerranéenne. Biologie des espèces les plus vulnérantes (*Ae. caspius*, *Ae. detritus*, *Ae. mariae* et *Cx. pipiens*) dans la région occidentale algérienne. Thèse de Doctorat es-Sciences, Université de Tlemcen. 191p.

Heberle, H., Meirelles, G. V., da Silva, F. R., Telles, G. P., & Minghim, R. (2015). InteractiVenn: a web-based tool for the analysis of sets through Venn diagrams. BioMed Central Bioinformatics. 16(1): 1-7.

Hertig, E. (2019). Distribution of Anopheles vectors and potential malaria transmission stability in Europe and the Mediterranean area under future climate change. Parasites & Vectors. 12 : 1-9.

Himmi, O., Dakki, M., Trari, B., & Elagbani, M. A. (1995). Les Culicidae du Maroc. Clés d'identification avec données biologiques et écologiques. Travaux de l'Institut Scientifique série Zoologie, Rabat. 44, 50 p.

Houmani, M., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. (2017). Inventory of Culicidae in the region of El Taref (North-east Algeria). Journal of Entomology and Zoology Studies. 5(6): 263-267.

~ J ~

Ihaka, R. & R. Gentleman. (1996). R: a language for data analysis and graphics. J. Comput. Graph. Stat. 5: 299-314.

Ikeda, T., Behera, S. K., Morioka, Y., Minakawa, N., Hashizume, M., Tsuzuki, A., Maharaj, R., & Kruger, P. (2017). Seasonally lagged effects of climatic factors on malaria incidence in South Africa. Scientific Reports. 7(1): 2458.

Imam, A. A., & Deeni, Y. (2014). Common types of Anopheles gambiae breeding habitats in north western Nigeria. Journal of Innovative Research in Engineering and Sciences. 4: 496-504.

~ J ~

Jeffrey Gutiérrez, E. H., Walker, K. R., Ernst, K. C., Riehle, M. A., & Davidowitz, G. (2020). Size as a proxy for survival in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) mosquitoes. *Journal of Medical Entomology*. 57(4), 1228-1238.

Jones, R., Kulkarni, M. A., Davidson, T. M., Radam-Lac Research Team, & Talbot, B. (2020). Arbovirus vectors of epidemiological concern in the Americas: a scoping review of entomological studies on Zika, dengue and chikungunya virus vectors. *PloS One*. 15(2): e0220753.

~ \mathcal{K} ~

Kamal, M., Kenawy, M. A., Rady, M. H., Khaled, A. S., & Samy, A. M. (2018). Mapping the global potential distributions of two arboviral vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* under changing climate. *PloS One*. 13(12): e0210122.

Kampen, H., Kronefeld, M., Zielke, D., & Werner, D. (2013). Three rarely encountered and one new *Culiseta* species (Diptera: Culicidae) in Germany. *Journal of the European Mosquito Control Association*. 31: 36-39.

Kassambara, A. (2019). ggcorrplot: Visualization of a correlation matrix using 'ggplot2'. R package version 0.1.3. <https://CRAN.R-project.org/package=ggcorrplot>.

Kassambara, A., & Mundt, F. (2020). Factoextra: extract and visualize the results of multivariate data analyses. R package version 1.0.7. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>.

Kraemer, M. U., Sinka, M. E., Duda, K. A., Mylne, A. Q., Shearer, F. M., Barker, C. M., Moore, C. G., Carvalho, R. G., Coelho, G. E., Bortel, W. V., Hendrickx, G., Schaffner, F., Elyazar, I. R. F., Teng, H. J., Brady, O. J., Messina, J. P., Pigott, D. M., Scott, T. W., Smith, D. L., Wint, G. R. W., Golding, N., & Hay, S. I. (2015). The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*. *elife*. 4: e08347.

~ \mathcal{L} ~

Lamy, K., Tran, A., Portafaix, T., Leroux, M. D., & Baldet, T. (2023). Impact of regional climate change on the mosquito vector *Aedes albopictus* in a tropical island environment: La Réunion. *Science of the Total Environment*. 875: 162484.

Li, W., Cao, Y., Fu, S., Wang, J., Li, M., Jiang, S., Wang, X., Xing, S., Feng, L., Wang, Z., Shi, Y., Zhao, S., Wang, H., Wang, Z., & Liang, G. (2014). Tahyna virus infection, a neglected arboviral disease in the Qinghai-Tibet Plateau of China. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*. 14(5): 353-357.

Lowe, R., Lee, S. A., O'Reilly, K. M., Brady, O. J., Bastos, L., Carrasco-Escobar, G., Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity* Blackwell Publishing. Malden.

~ *M* ~

Mahmoudi, K., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. (2022). Potential predation of *Cyclops fuscus* Jurine, 1820 (Crustacea Copepoda) against two mosquito species *Culex pipiens* Linnaeus, 1758 and *Culiseta longiareolata* Macquart, 1838 (Diptera Culicidae). *Biodiversity Journal*. 13 (4): 805-812.

Mancini, G., Montarsi, F., Calzolari, M., Capelli G., Dottori, M., Ravagnan, S., Lelli, D., Chiari, M., Santilli, A., Quaglia, M., Federici, V., Monaco, F., Goffredo, M., & Savini, G. (2017). Mosquito species involved in the circulation of West Nile and Usutu viruses in Italy. *Veterinaria Italiana*. 53: 97-110.

Marini, G., Manica, M., Arnoldi, D., Inama, E., Rosà, R., & Rizzoli, A. (2020). Influence of temperature on the life-cycle dynamics of *Aedes albopictus* population established at temperate latitudes: A laboratory experiment. *Insects*. 11(11): 808.

Maslov, A. V. E., Ward, R. A., & Rao, P. M. (1989). Blood-sucking mosquitoes of the subtribe *Culisetina* (Diptera, Culicidae) in world fauna (No. 93). Smithsonian Institution Libraries. and the National Science Foundation, Washington, D.C.

Mbanzulu, K. M., Mboera, L. E., Wumba, R., Engbu, D., Bojabwa, M. M., Zanga, J., Mitashi, P. M., Misinzo G., & Kimera, S. I. (2022). Physicochemical characteristics of *Aedes* mosquito breeding habitats in suburban and urban areas of Kinshasa, Democratic Republic of the Congo. *Frontiers in Tropical Diseases*. 2: 789273.

Messai, N., Aouati, A., & Berchi, S. (2016). Impact of the surface water physicochemical parameters on Culicidae (Diptera: Nematocera) of lakeside ecosystem" Sebkhett Ezzemoul"(Oum El Bouaghi-Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 3: 391-398.

Messai, N., Berchi, S., Boulknafd, F., & Louadi, K. (2010). Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera : Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). *Entomologie faunistique-Faunistic entomology*. 63 (3): 203-206.

Messina, J. P., Brady, O. J., Golding, N., Kraemer, M. U., Wint, G. W., Ray, S. E., Pigott, D. M., Shearer, F. M., Johnson, K., Earl, L., Marczak, L. B., Shirude, S., Weaver, N. D., Gilbert, M., Velayudhan, R., Jones, P., Jaenisch, T., Scott, T. W., Reiner Jr, R. C., & Hay, S. I. (2019). The current and future global distribution and population at risk of dengue. *Nature Microbiology*. 4(9): 1508-1515.

Moon, K. (2020). webr: data and functions for web-based analysis. R package version 0.1.5. <https://CRAN.R-project.org/package=webr>.

Mordecai, E. A., Caldwell, J. M., Grossman, M. K., Lippi, C. A., Johnson, L. R., Neira, M., Rohr, J. R., Ryan, S. J., Savage, V., Shocket, M. S., Sippy, R., Stewart Ibarra, A. M., Thomas, M. B., & Villena, O. (2019). Thermal biology of mosquito-borne disease. *Ecology Letters*. 22(10): 1690-1708.

Mouatassef, T. F., Faraj, C., Guemmouh, R., Rais, N., & Lalami, A. E. O. (2019). Quantitative inventory of mosquito larvae (Diptera: Culicidae) and physicochemical analysis of aquatic habitats in the region of Fez, Morocco. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*. 112(2) : 105-113.

Muñoz, J., Ruiz, S., Soriguier, R., Alcaide, M., Viana, D. S., Roiz, D., Vázquez, A., & Figuerola, J. (2012). Feeding patterns of potential West Nile virus vectors in south-west Spain. *PloS One*. 7(6): e39549.

~ \mathcal{N} ~

Nabti, I., & Bounechada, M. (2020). Mosquito biodiversity in Setif region (Algerian high plains), density and species distribution across two climate zones. *Entomologie Faunistique-Faunistic Entomology*. 73: 1-14.

Nikookar, S. H., Moosa-Kazemi, S. H., Oshaghi, M. A., Vatandoost, H., Yaghoobi-Ershadi, M. R., Enayati, A. A., Motevali-Haghi, F., Ziapour, S. P., & Fazeli-Dinan, M. (2015). Biodiversity of culicid mosquitoes in rural Neka township of Mazandaran province, northern Iran. *Journal of Vector Borne Diseases*. 52(1): 63-72.

Ntoumba, A., Foko, L., Ekoko, W., Ndongo, J., Bunda, G., Meva, F., & Lehman, L. (2020). Entomological characteristics of mosquitoes breeding sites in two areas of the town of Douala. Cameroon. *International Journal of Tropical Insect Science*. 41(2): 1313-1323.

~ O ~

Osório, H. C., Zé-Zé, L., & Alves, M. J. (2012). Host-feeding patterns of *Culex pipiens* and other potential mosquito vectors (Diptera: Culicidae) of West Nile virus (Flaviviridae) collected in Portugal. *Journal of Medical Entomology*. 49(3): 717-721.

Oswaldo, C. V., Arab, A., Lippi, C. A., Ryan, S. J., & Johnson, L. R. (2023). How environmental, geographic, socio-demographic, and epidemiological indicators influence malaria prevalence. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3382942/v>

Ouattar, H., Sassa, S., Allami, H., Slim, M., & Fadli, M. (2018). Culicidae Diptera insects of some temporary pools of the Mamora forest: inventory and dynamics. *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*. 5(7) : 1-7.

Oudainia, W. (2015). Etude bioécologique et systématique des Culicidae de la région d'Oum El Bouaghi. Effet de la température sur l'agressivité et la biologie de *Culex pipiens*. Thèse de Doctorat LMD en Ecologie Animale. Université Badji Mokhtar, Annaba. 166p.

Oussad, N., Aouar-Sadli, M., & Ben Ali, Z. L. A. (2021). Diversity of mosquitoes (Diptera, Culicidae) and physico-chemical characterization of their larval habitats in Tizi-Ouzou area, Algeria. *Zoodiversity*. 55(5): 411-420.

~ P ~

Potts, L. J., Gantz, J. D., Kawarasaki, Y., Philip, B. N., Gonthier, D. J., Law, A. D., Moe, L., Unrine, J. M., McCulley, R. L., Lee, Jr. R. E., Denlinger, D. L., & Teets, N. M. (2020). Environmental factors influencing fine-scale distribution of Antarctica's only endemic insect. *Oecologia*. 194 : 529-539.

Prudhomme, J., Fontaine, A., Lacour, G., Gantier, J. C., Diancourt, L., Velo, E., Bino, S., Reiter, P., & Mercier, A. (2019). The native European *Aedes geniculatus* mosquito species can transmit chikungunya virus. *Emerging Microbes and Infection*. 8(1): 962-972.

~ Q ~

Qamar, M. T., Maryam, A., Muneer, I., Xing, F., Ashfaq, U. A., Khan, F. A., Anwar, F., Geesi, M. H., Khalid, R. R., & Siddiqi, A. R. (2019). Computational screening of medicinal plant phytochemicals to discover potent pan-serotype inhibitors against dengue virus. *Scientific Reports*. 9(1): 1-16.

~ R ~

R Core Team. (2022). R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Rageau, J., & Adam, J. P. (1952). Culicinæ du cameroun. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*. 27(6) : 610-635.

Ramade, F. (1984). Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed. Mc Graw-Hill. Paris.

Reinhold, J. M., Lazzari, C. R., & Lahondère, C. (2018). Effects of the environmental temperature on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* mosquitoes: a review. *Insects*. 9(4): 158.

Rocklöv, J., & Dubrow, R. (2020). Climate change: an enduring challenge for vector-borne disease prevention and control. *Nature immunology*. 21(5): 479-483.

~ S ~

Sadeghi, M., Altan, E., Deng, X., Barker, C. M., Fang, Y., Coffey, L. L., & Delwart, E. (2018). Virome of > 12 thousand *Culex* mosquitoes from throughout California. *Virology*. 523: 74-88.

Schaffner, F., Angel, G., Geoffroy, B., Hevry, J.P., Rhaiem, A., & Brunhes, J., (2001). Moustiques d'Europe. Institut de recherche pour le développement IRD. Logiciel d'identification.

Schoener, E., Uebleis, S. S., Butter, J., Nawratil, M., Cuk, C., Flechl, E., Kothmayer, M., Obwaller, A. G., Zechmeister, T., Rube, F., Leb, K., Zittra, C., & Fuehrer, H. P. (2017). Avian Plasmodium in eastern Austrian mosquitoes. *Malaria Journal*. 16(1): 1-12.

Seah, A., Aik, J., & Ng, L. C. (2021). Effect of meteorological factors on *Culex* mosquitoes in Singapore: a time series analysis. *International Journal of Biometeorology*. 65(6): 963-965.

Selvan, P. S., Jebanesan, A., Divya, G., & Ramesh, V. (2015). Diversity of mosquitoes and larval breeding preference based on physico-chemical parameters in Western Ghats, Tamilnadu, India. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*. 5: S59-S66.

Senevet, G., & Collignon, E. (1938). *Aedes caspius* aux environs d'Alger. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*. 29 : 528.

Serradj, N., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. (2018). Inventory of the invertebrate fauna at the level of the lake of Birds (North-east-Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 6(5): 98-106.

Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I. P., Lešić, V., & Lemić, D. (2021). The impact of climate change on agricultural insect pests. *Insects*. 12(5): 440.

Snyman, L. P. (2021). Review of mosquitoes (Diptera: Culicidae) from the Afrotropical region using herpetofauna as hosts: conservation and epidemiological consequences of knowing little about many species. *Austral Entomology*. 60(1): 163-171.

Sofizadeh, A., Moosa-Kazemi, S. H., & Dehghan, H. (2017). Larval habitats characteristics of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in North-East of Iran. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*. 11(2): 211-225.

Srisuka, W., Sulin, C., Sommitr, W., Rattanarithikul, R., Aupalee, K., Saeung, A., & Harbach, R. E. (2022). Mosquito (Diptera: Culicidae) Diversity and Community Structure in Doi Inthanon National Park, Northern Thailand. *Insects*. 13(9): 814.

Struchiner, C. J., Rockloev, J., Wilder-Smith, A., & Massad, E. (2015). Increasing dengue incidence in Singapore over the past 40 years: population growth, climate and mobility. *PloS One*. 10(8): e0136286.



Talipouo, A., Ntonga Akono, P., Tagne, D., Mbida, M. A., Etang, J., Tchoffo Fobasso, R., Ekoko, W., Binyang, J., & Dongmo, A. (2017). Comparative study of Culicidae biodiversity of Manoka island and Youpwe mainland area, Littoral, Cameroon. *International Journal of Biosciences*. 10(4): 9-18.

Tandina, F., Doumbo, O., Yaro, A. S., Traoré, S. F., Parola, P., & Robert, V. (2018). Mosquitoes (Diptera: Culicidae) and mosquito-borne diseases in Mali, West Africa. *Parasites & Vectors*. 11 : 1-12.

Tine-Djebbar, F., Bouabida, H., & Soltani, N. (2011). Caractérisation morphométrique et biochimique de certaines espèces de moustiques inventoriées dans la région de Tebessa. *Bulletin de la Société Zoologique De France*. 136(1-4) : 177-185.

Wickham, H. (2016). *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag New York.

~ *y* ~

Yates, M. G. (1979). The biology of the tree-hole breeding mosquito *Aedes geniculatus* (Olivier) (Diptera: Culicidae) in southern England. *Bulletin of Entomological Research*. 69(4): 611-62.

ANNEXES



VIII. ANNEXES

PRODUCTION SCIENTIFIQUE

1. PUBLICATION

BENKHEMIM, K., TINE-DJEBBAR, F., HAMAIDIA, K., BAROUR, C., & SOLTANI, N. (2023). Distribution and Abundance of Mosquitoes in Tébessa Province, Algeria: Correlation with Climatic Factors and Physicochemical Properties of Water. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 39(1), 73-86.

2. COMMUNICATIONS INTERNATIONALES

BENKHEMIM, K., DJEDOUANI, H., & TINE-DJEBBAR, F. (2019). Larvicidal and adulticidal activity of *Citrus limonum* essential oil against *Culiseta longiareolata* (Diptera Culicidae). The 30th International Congress of the Tunisian Society of Biological Sciences (ATSB). Sousse, Tunisia.

BENKHEMIM, K., TINE-DJEBBAR, F., & SOLTANI, N. (2023). Etude systématique et répartition saisonnière des moustiques (Diptera : Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie). 1st international Seminar Valorization of Bioresources in Environment & Health. El Oued, Algeria.

BENKHEMIM, K., TINE-DJEBBAR, F., & SOLTANI, N. (2023). Entomological Studies of Larval Breeding Sites of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) at Tébessa Area (Algeria). 1st international on Natural Bio-Resources: Valorization, Applications and Legislations (1^s IC NBR-VAL). Tébessa, Algeria.

BENKHEMIM, K., TINE-DJEBBAR, F., & SOLTANI, N. (2024). Les propriétés biotique et abiotique des gites larvaires et leur influence sur la distribution et l'abondance des Culicidae dans la région de Tébessa (Algérie). 1st international Congress Impact of Climate Change on Insect's Environment, Forensic Insects as a Model (ICCIE). Biskra, Algérie.

3. COMMUNICATIONS NATIONALES

BENKHEMIM, K., & TINE-DJEBBAR, F. (2019). Inventaire des Culicidae de la région de Tébessa (Nord-Est Algérie). Premier Séminaire Scientifique sur l'état de la Biodiversité sur les Parcours Steppiques : Inventaire et Valorisation. Tébessa, Algérie.

BENKHEMIM, K., TINE-DJEBBAR, F., & SOLTANI, N. (2021). The Effect of Climatic Factors and Physico-chemical parameters of water on the Distribution and Abundance of Mosquitoes Vectors in Tébessa area (Algeria). National Doctoral Day and Research Posters FSNV. Souk Ahras, Algeria.

BENKHEMIM, K., TINE-DJEBBAR, F., & SOLTANI, N. (2022). Répartition spatio-temporelle des moustiques (Diptera : Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie). Environnement et Développement Durable des Écosystèmes (Gestion et valorisation) des Zones Semi-Aride. Tébessa, Algérie.

BENKHEMIM, K., TINE-DJEBBAR, F., & SOLTANI, N. (2023). Effet des facteurs climatiques et des paramètres physico-chimiques de l'eau sur la distribution et l'abondance des Culicidae dans la région de Tébessa (Algérie). Le Premier Séminaire National sur : Biodiversité, Santé et Environnement : Enjeux du Développement Durable. Mila, Algérie.