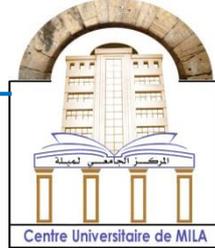


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N°Ref :.....

Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila

Institut des Sciences de la Nature et de la Vie

Département d'Ecologie et de l'Environnement

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Protection des écosystèmes

Thème :

Contribution à l'étude morphologique et l'infiences des facteurs climatiques sur les Culicoïdes vecteurs de maladies virales chez les bovins dans la région nord-est Algérien

Présenté par :

- Kinoucha Badereddine Anis
- Belattar Aymen

Devant le jury :

Président	Boudjahem Ibtissem	MCA	CUM
Examinatrice	Tayaa Hakima	MCA	CUM
Encadreur	Bounamous Azzedine	Prof	CUM

Année Universitaire : 2023/2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
مَنْ لَمْ يَلِدْ وَلَمْ يُولَدْ
فَأَنَّ اللَّهَ بَدَأَ الْإِنْسَانَ
كُنُوزًا لَمْ يَكُنْ لَكُمْ
شَيْئًا تَعْلَمُونَ

Remerciement

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

*Madame **Boudjahem Ibtissem** Enseignante Maitre de conférence au centre universitaire Mila d'avoir accepté de présider le jury.*

*Madame **Tayaa Hakima** Enseignante Maitre de conférence au centre universitaire Mila d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.*

*Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr **Bounamous Azzedine**, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

Nos remerciement s'adresse également à tout nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles

Merci

Dédicace

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude envers nos parents, dont le soutien indéfectible et l'amour inconditionnel ont été notre ancre tout au long de ce parcours. Leur encouragement constant et leurs sacrifices ont été les fondations de notre réussite.

Nous voudrions également remercier nos frères et sœurs pour leur soutien et leurs précieux conseils, qui ont été une source d'inspiration pour nous.

À nos collègues de l'université, nous sommes reconnaissants pour les échanges enrichissants, les discussions stimulantes et le travail d'équipe qui nous ont permis de grandir ensemble et d'atteindre de nouveaux sommets académiques.

Un merci spécial à nos collègues de travail, dont l'expertise partagée et le professionnalisme ont façonné notre développement professionnel.

Enfin, à nos amis, nous sommes reconnaissants pour leur soutien indéfectible, leur écoute attentive et les moments de détente précieux qui ont allégé nos charges mentales.

À tous ceux qui ont contribué à notre réussite, nous vous remercions du fond du cœur. Vos encouragements et votre présence ont fait toute la différence. Merci pour votre soutien inestimable et votre confiance en nous.

Aymen et Badreddine

Résumé

La recherche sur les *Culicoides* en Algérie est essentielle en raison de leur rôle potentiel dans la transmission de maladies vectorielles et du manque de connaissances approfondies sur leur biologie et écologie. La région de Mila, en particulier, est un foyer potentiel pour plusieurs pathologies vectorielles en raison de ses conditions environnementales favorables. Ce travail vise à combler cette lacune en étudiant la structure écologique des *Culicoides* et en évaluant l'impact des facteurs environnementaux et climatiques sur leur abondance et diversité.

L'étude entomologique a été menée sur une période de trois mois, de février à avril 2024, couvrant six sites : Vieux Mila, Terrai Bainen, Tassadane Haddada, Chelghoum Laid, Tadjenanet, et Derrahi Bousselah. Au total, 651 spécimens ont été collectés, représentant 10 espèces différentes. Parmi celles-ci, *Culicoides nubeculosus complexe* était la plus dominante, suivie de *Culicoides pulicaris* et *Culicoides obsoletus complexe*.

L'analyse de la répartition des *Culicoides* a révélé que *Culicoides nubeculosus complexe*, *Culicoides pulicaris*, *Culicoides imicola*, et *Culicoides parroti* étaient présentes dans tous les sites échantillonnés, tandis que *Culicoides circumscriptus* avait une occurrence plus restreinte. La richesse spécifique était particulièrement élevée à Vieux Mila et Tassadane Haddada avec 10 espèces chacun.

L'étude a également examiné l'impact des facteurs climatiques. Une corrélation positive significative a été observée entre *Culicoides nubeculosus complexe* et la température, tandis que d'autres espèces montraient des corrélations positives avec la température et négatives avec les précipitations, sauf *Culicoides kingi*, qui corrélait positivement avec les précipitations.

Cette étude a amélioré notre compréhension de la diversité et de l'abondance des *Culicoides* dans la région de Mila. Les résultats soulignent l'importance des variables environnementales dans la répartition des *Culicoides* et la nécessité de recherches supplémentaires pour gérer les risques sanitaires associés à ces vecteurs et améliorer les stratégies de lutte contre les maladies qu'ils transmettent.

Mots clés : *Culicoides*, Transmission vectorielle, Région de Mila, Écologie des insectes.

Abstract

Research on *Culicoides* in Algeria is crucial due to their potential role in transmitting vector-borne diseases and the lack of in-depth knowledge about their biology and ecology. The Mila region, in particular, is a potential hotspot for several vector-borne diseases due to its favorable environmental conditions. This study aims to fill this gap by examining the ecological structure of *Culicoides* and assessing the impact of environmental and climatic factors on their abundance and diversity.

The entomological study was conducted over a three-month period, from February to April 2024, covering six sites: Vieux Mila, Terrai Bainen, Tassadane Haddada, Chelghoum Laid, Tadjenanet, and Derrahi Bousselah. A total of 651 specimens were collected, representing 10 different species. Among these, the *Culicoides nubeculosus* complex was the most dominant, followed by *Culicoides pulicaris* and the *Culicoides obsoletus* complex.

Analysis of *Culicoides* distribution revealed that the *Culicoides nubeculosus* complex, *Culicoides pulicaris*, *Culicoides imicola*, and *Culicoides parroti* were present at all sampled sites, while *Culicoides circumscriptus* had a more restricted occurrence. Species richness was particularly high in Vieux Mila and Tassadane Haddada, with 10 species each.

The study also examined the impact of climatic factors. A significant positive correlation was observed between the *Culicoides nubeculosus* complex and temperature, while other species showed positive correlations with temperature and negative correlations with precipitation, except for *Culicoides kingi*, which correlated positively with precipitation.

This study has enhanced our understanding of the diversity and abundance of *Culicoides* in the Mila region. The results highlight the importance of environmental variables in the distribution of *Culicoides* and the need for further research to manage the health risks associated with these vectors and improve disease control strategies.

Keywords : *Culicoides*, Vector transmission, Mila region, Insect ecology

تُعدُّ البحوث حول حشرات *Culicoides* في الجزائر ضرورية بسبب دورها المحتمل في نقل الأمراض المنقولة بالناقلات والافتقار إلى المعرفة المتعمقة حول بيولوجيتها وبيئتها. تُعد منطقة ميلة، على وجه الخصوص، بؤرة محتملة للعديد من الأمراض المنقولة بالناقل نظرًا لظروفها البيئية الملائمة. يهدف هذا العمل إلى سد هذه الفجوة من خلال دراسة التركيب البيئي لحشرات *Culicoides* وتقييم تأثير العوامل البيئية والمناخية على وفرتها وتنوعها.

تم إجراء الدراسة الحشرية على مدى فترة ثلاثة أشهر، من فيفري إلى أبريل 2024، وشملت ستة مواقع: ميلة القديمة، ترعي باينين، تاسدان حدادة، شلغوم العيد، تاجنانت، ودراحي بوصول. تم جمع عينة من 651، تمثل 10 أنواع مختلفة. كان *Culicoides nubeculosus complexe* هي الأكثر توفراً، تليها *Culicoides pulicaris* et *Culicoides obsoletus complexe*.

كشف تحليل توزيع حشرات *Culicoides nubeculosus complexe*, *Culicoides pulicaris*, *Culicoides imicola*, et *Culicoides parroti* بينما كانت *Culicoides circumscriptus* أقل انتشارًا. كان الغنى النوعي مرتفعًا بشكل خاص على مستوى ميلة القديمة وتاسدان حدادة، حيث يوجد 10 أنواع لكل منهما.

كما درست الدراسة تأثير العوامل المناخية. لوحظت علاقة إيجابية كبيرة بين *Culicoides nubeculosus complexe* ودرجة الحرارة، في حين أظهرت الأنواع الأخرى علاقات إيجابية مع درجة الحرارة وسلبية مع هطول الأمطار، باستثناء *Culicoides kingi*، الذي ارتبط إيجابيًا مع هطول الأمطار.

لقد حسنت هذه الدراسة فهمنا لتنوع ووفرة حشرات *Culicoides* في منطقة ميلة. تسلط النتائج الضوء على أهمية العوامل البيئية في توزيع حشرات *Culicoides* وضرورة إجراء مزيد من البحوث لإدارة المخاطر الصحية المرتبطة بهذه الناقل وتحسين استراتيجيات مكافحة الأمراض التي تنقلها.

الكلمات المفتاحية: *Culicoides*، نقل الأمراض بالناقلات، منطقة ميلة، بيئة الحشرات .

Sommaire

Sommaire

Remercîment

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Généralité.....	3
I.2. Classification.....	4
I.3. Morphologie.....	5
I.3.1. Morphologie des stades immature	6
I.3.1.1. Les oeufs.....	6
I.3.1.2. Les larves.....	7
I.3.2. Morphologie des stades matures : Les imagos.....	10
I.3.2.1. La tête	10
I.3.2.2. Le thorax.....	12
I.3.2.3. L'abdomen.....	13
I.4. Biologie et écologie des <i>Culicoides</i>	16
I.4.1. Cycle biologique	16
I.4.2. Habitat	18
I.4.3. Nutrition	19
I.4.4. Dispersion.....	20
I.5. Importance médicale et vétérinaire.....	21
I.5.1. Nuisance.....	21
I.5.2. Le rôle des <i>Culicoides</i> dans la transmission du virus de la FCO	22
I.5.3. La fièvre catarrhale ovine (FCo)	23

Sommaire

I.5.3.1. Répartition géographique dans le monde	24
I.5.3.2. Situation épidémiologique de la FCO en Algérie.....	25
I.5.3.3. Les acteurs de la maladie.....	26
I.6. Impacte des facteurs climatiques sur la biologie des Culicoides	28
I.7. Distribution géographique des <i>Culicoides</i> dans le monde.....	30

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II.1. Présentation de la région d'étude.....	31
II.1.1. Cadre géographique	31
II.1.2. Cadre administratif.....	31
II.1.3. Cadre démographique	32
II.1.4. Cadre climatique	33
II.1.4.1. Température	34
II.1.4.2. Précipitations.....	35
II.1.4.3. L'humidité relative	36
II.1.4.4 Les vents.....	36
II.1.4.5. Analyse climatique.....	37
II.1.4.5.1. Diagramme pluviaux thermique de Gaussen	37
II.1.4.5.2. Climagramme et quotient pluviométrique d'Emberger	38
II.2. Choix de la région d'étude.....	40
II.2.1. Description des sites de captures	41
II.2.2. Type de piégeage utilisé.....	44
II.2.3. Relevé et collecte des spécimens	45
II.2.4. Tri et identification des espèces.	46
II.2.5. Indices écologiques de composition et de diversité.....	46
II.2.6. Analyse en composantes principales (ACP).....	47
II.3. Étude écologique	48
II.4. analyses statistiques.....	50

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1. Inventaire faunistique des <i>Culicoides</i> recensés dans la région de Mila	51
---	----

Sommaire

III.1. 1. Composition des communautés des espèces de <i>Culicoides</i>	51
III.1.2. Description des espèces recensées.....	52
III.1.2.1. <i>Culicoides imicola</i>	52
III.1.2.2. <i>Culicoides kingi</i>	53
III.1.2.3. <i>Culicoides circumscriptus</i>	54
III.1.2.4. <i>Culicoides newsteadi</i>	55
III.1.2.5. <i>Culicoides pulicaris</i>	56
III.1.2.7. <i>Culicoides parroti</i>	59
III.1.2.8. <i>Culicoides sahariensis</i>	60
III.1.2.9. <i>Culicoides gejjelensis</i>	61
III.1.2.10. <i>Culicoides obsoletus complexe</i>	62
III.1.3. Structure bio-écologique des <i>Culicoides</i> recensées.....	64
III.1.3. 1. Répartition des <i>Culicoides</i> selon le sous-genre	64
III.1.3.2. Répartition des <i>Culicoides</i> capturés selon le sex-ratio	66
III.1.3.3. Répartition spatiale des <i>Culicoides</i> dans la région de Mila	68
III.1.4. Variation de la diversité et de la composition des <i>Culicoides</i>	70
III.1.4.1. Richesses spécifiques des espèces de <i>Culicoides</i> capturées	70
III.1.4.2. Abondances relatives des <i>Culicoides</i> récoltées dans la région de Mila.....	72
III.1.4.3. L'indice de diversité de Simpson et l'indice d'équitabilité	74
III.1.4.4. Variation de la diversité et de la composition des <i>Culicoides</i> selon le biotope.	76
III.1.4.5. Indice d'occurrence global	78
III.1.4.6. Dynamique saisonnière des <i>Culicoides</i> et effet des facteurs climatiques sur l'abondance de ces espèces.....	80
III.1.4.7. Effet de l'altitude sur la distribution et l'abondance des espèces de <i>Culicoides</i>	82
Conclusion.....	84
Références bibliographiques	86
Annexe.....	93

Liste des abréviations

BT : Blue Tongue

BTV: Blue Tongue Virus

CDC: Centre for Disease Control

DDS : Direction De la Sante

FCO : La Fievre Catheralle Ovine

SIG : Système d' Information Geographique

ACP: Analyse en Composante Principale

Liste des figures

Figure 1: Femelle d'une espèce du genre <i>Culicoides</i> après son repas de sang (Zimmer et al., 2008).....	4
Figure 2:(A) Aspect général d'un <i>Culicoides</i> femelle (Mullen et Murphree, 2019) ; (B)les organes d'un <i>Culicoides</i> : (1) Aile ; (2) Thorax (Scutum) ; (3) Yeux composés ; (4) Antennes ; (5) Pièces buccales et palpes ;(6) Paires de pattes ;(7) Abdomen ;(8) Position des organes génitaux internes ; (9) Cerques anaux ; (10) Scutez-le (González González, 2013).....	6
Figure 3: Tête de <i>Culicoides</i> , avec des pièces buccales disséquées et élargies, (à gauche) et 3 ^{ème} segment palpale élargi (à droite) (Foxi et al., 2020).	11
Figure 4: Morphologie de l'aile d'un <i>Culicoides</i> (González González, 2013).	13
Figure 5: <i>Culicoides kibunensis</i> ♂; Organes génitaux : (1) Ditistyle ; (2) Articulation ; (3) Basistyle ; (4) Racine ventrale ; (5) Lobes et excavation caudomédiane ; (6) Processus apicolatéraux ; (7) Cercus ; (8) Édéage (flou) ; (9) Paramères ; (10) Neuvième sternite. <i>Culicoides pallidicornis</i> ♀; Organes génitaux : (1) Spermathèques ; (2) Spermathèques rudimentaires ;(3) Sclérite anal ;(4) Plaques chitineuses ; (5) Espace génital entre les plaques ; (6) Cercus. Segments abdominaux représenté par des chiffres romains : (VII-X) (González González, 2013).	16
Figure 6: Cycle de vie des <i>Culicoides</i> (Slama et al., 2017).	18
Figure 7: Différents Wilayas touchées par le blue tangué en Algérie en 2000 (Mellor et Wittmann, 2002).....	26
Figure 8: Représentation d'un système vectoriel (Zimmer et al., 2013).....	27
Figure 9: Situation géographique de la wilaya de Mila (Arcgis, 2022).	31
Figure 10 : Etages bioclimatiques de la wilaya de Mila (Laala et al., 2018).	34
Figure 11: Diagramme de précipitations sur deux ans dans la région de Mila (Jan-Dec 2023).	38
Figure 12: Situation de la région de Mila dans le climagramme d'Emberger (2010-2023).....	40
Figure 13: Sites de piégeages	42
Figure 14: Quelques photos des sites de piégeages (photos originales).....	44
Figure 15: Piège lumineux de type CDC utilisé dans notre étude (photos originales).	45
Figure 16: <i>Culicoides</i> sous la loupe binoculaire (photo originale).	46
Figure 17: Critères d'identification morphologique de <i>C. imicola</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).	53
Figure 18: Critères d'identification morphologique de <i>C. kingi</i> ♀	54

Liste des figures

Figure 19: Critères d'identification morphologique de <i>C. circumscriptus</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).....	55
Figure 20: Critères d'identification morphologique de <i>C.newsteadi</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).....	56
Figure 21: Critères d'identification morphologique de <i>C. pulicaris</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).	57
Figure 22: Critères d'identification morphologique de <i>C. punctatus</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).	58
Figure 23: Critères d'identification morphologique de <i>C. punctatus</i> ♂ ; (A) Aile ; (B) Génitalia ; (C) Edéage (González et Goldarazena, 2011).....	59
Figure 24: Critères d'identification morphologique de <i>C. parroti</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).	60
Figure 25: Critères d'identification morphologique de <i>C. sahariensis</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).....	61
Figure 26: Critères d'identification morphologique de <i>C. gejjelensis</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).....	62
Figure 27: Critères d'identification morphologique de <i>C. obsoletus</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).....	63
Figure 28: Critères d'identification morphologique de <i>C. obsoletus complexe</i> ♂ ; (A) Aile ; (B) Génitalia ; (C) Edéage (González et Goldarazena, 2011).	64
Figure 29: Répartition des Culicoides collectés selon le sous-genre.	65
Figure 30: Répartition et abondances des <i>Culicoides</i> selon leur sexe.....	67
Figure 31: Répartition spatiale des <i>Culicoides</i> dans la région de Mila.....	69
Figure 32: Répartition spatiale de la richesse spécifique des <i>Culicoides</i> recensés dans la région de Mila (2023-2024).....	71
Figure 33: Abondances relatives des <i>Culicoides</i> récoltés pendant la période d'étude (2023-2024).....	73
Figure 34: Variations spatiale de l'indice de Simpson et d'équitabilité dans les sites prospectés.	75
Figure 35: Variation de la diversité et de la composition des <i>Culicoides</i> selon le biotope.....	77
Figure 36: Occurrence totale des <i>Culicoides</i> échantillonnés sur l'ensemble des stations au cours de la période d'étude (2023-2024).....	79

Liste des figures

Figure 37: Répartition mensuelle spécifique des espèces de *Culicoides* récoltés et variation de la température et des précipitations dans la région de Mila (2024). 81

Figure 38: Répartition altitudinale de l'abondance des espèces de *Culicoides* (A) et répartition des espèces de *Culicoides* à différentes plages d'altitude (B). 83

Liste des tableaux

Tableau 1: Le découpage administratif de la région de Mila	32
Tableau 2 : Températures mensuelles moyennes, maxima et minima de la wilaya de Mila durant la période d'étude (jan-Dec 2023).....	35
Tableau 3: Pluviométries mensuelles de la wilaya de Mila durant la période d'étude (jan-Dec 2023).....	36
Tableau 4 : Pourcentages de l'humidité relative de la wilaya de Mila durant la période d'étude (Jan- Dec 2023).	36
Tableau 5: Valeurs mensuelles de la vitesse du vent de la wilaya de Mila durant la période d'étude (jan-Dec 2023).....	37
Tableau 6: Les valeurs des moyennes des T° max, T° m (°C), P (mm) et Q2 (période 2010-2023) dans la région de Mila.	39
Tableau 7: Description des sites de piégeages de <i>Culicoides</i> de da la wilaya de Mila (2024).43	
Tableau 8: Liste globale des espèces de <i>Culicoides</i> récoltées dans la région de Mila.....	51
Tableau 9: la température mensuelle et les précipitations mensuelles.	80

Introduction

Introduction

La diversité et la distribution des insectes vecteurs jouent un rôle crucial dans l'expansion de divers pathogènes, impactant tant la santé humaine que vétérinaire. Les maladies transmises par des vecteurs arthropodes hématophages, telles que les virus, bactéries, protozoaires et nématodes, sont responsables de morbidité et de mortalité considérables tout au long de l'histoire humaine (Álvarez-Hernández & S-Rivera, 2017). Parmi ces vecteurs, les moucheron du genre *Culicoides* se distinguent par leur importance dans la transmission de maladies virales chez les animaux, en particulier les bovins (Gromek et al., 2020).

Les moucheron du genre *Culicoides* sont largement répandus dans le monde entier, à l'exception de l'Antarctique, avec plus de 1 400 espèces décrites. Leur répartition géographique est influencée par divers facteurs environnementaux, y compris la température, l'humidité et la présence d'habitats aquatiques nécessaires pour leurs larves (Mellor et al., 2000). Les *Culicoides* sont vecteurs de plusieurs maladies virales importantes, telles que la fièvre catarrhale ovine (BTV), le virus Schmallenberg et divers autres arbovirus qui affectent la santé animale (Purse et al., 2015). Par exemple, en Europe, les épidémies de BTV ont causé des pertes économiques significatives dans l'industrie de l'élevage (Carpenter et al., 2009). Aux États-Unis, des efforts de surveillance intensifs ont permis de mieux comprendre la distribution des espèces vectrices et de mettre en place des stratégies de contrôle efficaces (McGregor et al., 2019). Dans les régions tropicales et subtropicales, où les conditions climatiques favorisent leur prolifération, les *Culicoides* sont responsables de la transmission continue de ces virus, posant des défis permanents pour la santé animale (Goffredo et al., 2015).

L'Algérie, située à la transition entre la Méditerranée et le Sahara, offre une diversité écologique significative, mais est également soumise à des conditions climatiques variées qui influencent fortement la dynamique des populations d'insectes vecteurs (Belkherchouche, 2021). La région nord-est de l'Algérie, notamment la région de Mila, représente un environnement d'étude pertinent pour explorer l'impact des facteurs climatiques sur la biologie et la distribution des *Culicoides*.

La fièvre catarrhale ovine (FCO) est une maladie virale à transmission vectorielle causée par le virus Blue Tongue (BTV), transmise principalement par des espèces de *Culicoides*. Cette maladie affecte gravement les ruminants, engendrant des pertes économiques considérables dues à la mortalité et aux baisses de production (Purse et al., 2015; Mayo et al., 2017). L'émergence et la réémergence de la FCO dans diverses régions du monde, y compris l'Algérie,

soulignent la nécessité d'étudier les vecteurs impliqués et les facteurs environnementaux influençant leur distribution (Berrayah et al., 2020).

Les études existantes sur les *Culicoides* en Algérie sont limitées, avec peu de recherches approfondies sur leur biosystématique et leur bioécologie, en particulier dans la région de Mila. Ce manque de données constitue une lacune significative dans notre compréhension de la dynamique des vecteurs et de la gestion des maladies qu'ils transmettent (Belkharchouche et al., 2020).

Ce travail de recherche est structuré en trois chapitres principaux :

- **Synthèse bibliographique :** Ce chapitre fournit un état des connaissances sur les *Culicoides*, incluant leur classification, morphologie, biologie, écologie, importance médicale et vétérinaire, ainsi que l'impact des facteurs climatiques sur leur biologie. Il présente également la répartition géographique des *Culicoides* dans le monde et en Algérie.
- **Matériel et Méthodes :** Ce chapitre décrit la région d'étude (Mila), les sites de capture, les méthodes de piégeage et de collecte des spécimens, ainsi que les techniques de tri et d'identification des espèces. Il détaille également les analyses statistiques utilisées pour évaluer la composition et la diversité des populations de *Culicoides*.
- **Résultats et Discussion :** Ce chapitre présente les résultats de l'inventaire faunistique des *Culicoides* recensés dans la région de Mila, analyse la composition des communautés, leur répartition spatiale et temporelle et discute l'influence des facteurs climatiques sur leur abondance et distribution. Les résultats sont comparés avec les études antérieures pour une discussion approfondie.

Le présent mémoire vise à contribuer à l'étude morphologique et à l'analyse de l'influence des facteurs climatiques sur les *Culicoides* vecteurs de maladies virales chez les bovins dans la région nord-est de l'Algérie. L'objectif est de caractériser les communautés d'espèces de *Culicoides*, d'évaluer leur diversité et leur distribution, et de déterminer les effets des variables climatiques telles que la température, l'humidité et les précipitations sur leur abondance et leur répartition .

Chapitre I :

Synthèse bibliographique

I.1. Généralité

Les *Culicoïdes* sont un genre d'insectes diptères de la famille des Ceratopogonidae, communément appelés moucheron ou petits moucheron. Ce sont de petits insectes, généralement de moins de 3 millimètres de longueur, et ils sont présents dans le monde entier, à l'exception des régions polaires (Périé, 2005). Les *Culicoïdes* sont souvent associés à des habitats humides, tels que les zones marécageuses, les prairies humides et les zones boisées, bien qu'ils puissent également être trouvés dans des environnements plus secs. Ils sont souvent actifs au crépuscule et la nuit, bien que certaines espèces puissent également être actives pendant la journée (Périé, 2005).

D'après Zimmer et *al.*, 2008, les *Culicoïdes* sont des insectes piqueurs, les femelles se nourrissant généralement du sang des vertébrés pour obtenir les protéines nécessaires à la maturation de leurs œufs. Cependant, la plupart des espèces de *Culicoïdes* se nourrissent également de nectar de plantes. Les piqûres de *Culicoïdes* peuvent être irritantes pour les humains et les animaux, provoquant des démangeaisons, des rougeurs et des gonflements.

Outre les nuisances qu'ils causent par leurs piqûres, les *Culicoïdes* sont également importants en tant que vecteurs de maladies. Certains *Culicoïdes* sont porteurs de virus, de bactéries ou de parasites pathogènes pour les animaux, notamment les ruminants et les chevaux. Parmi les maladies les plus importantes transmises par les *Culicoïdes*, on trouve la fièvre catarrhale ovine (FCO), également connue sous le nom de « maladie de la langue bleue », et l'arthrite encéphalite caprine (CAEV) chez les caprins (Chaker, 2005). Ces maladies peuvent avoir des conséquences économiques importantes pour les industries agricoles et d'élevage, et la surveillance et le contrôle des *Culicoïdes* sont donc essentiels pour prévenir la propagation de ces maladies (Zimmer et *al.*, 2008).

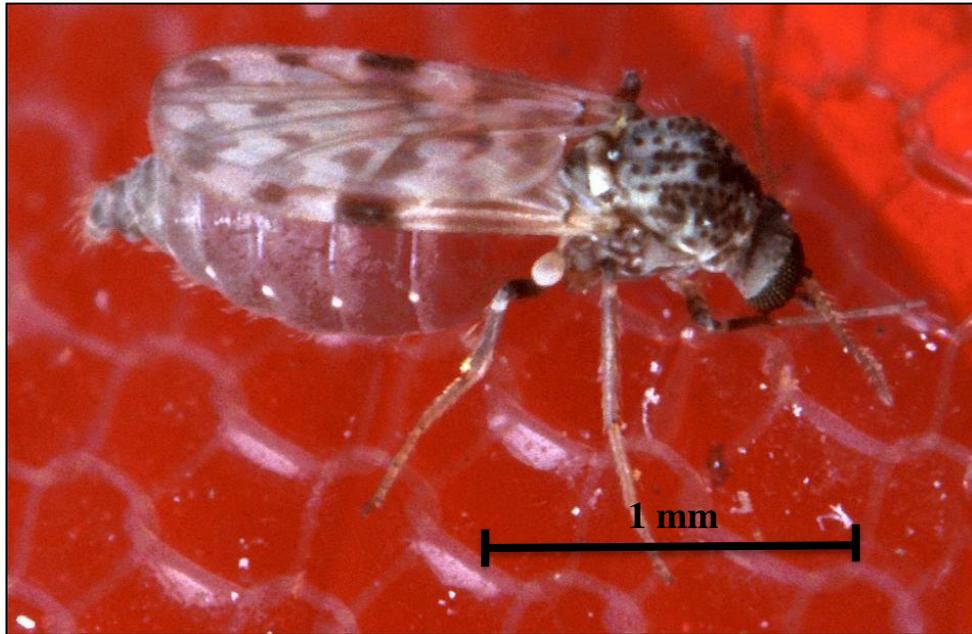


Figure 1: Femelle d'une espèce du genre *Culicoides* après son repas de sang (Zimmer et al., 2008)

I.2. Classification

Selon Chaker et al., 2005, La classification des *Culicoides* suit les principes de la taxonomie, qui consiste à organiser les êtres vivants en groupes hiérarchiques basés sur leurs similitudes phylogénétiques. Une vue d'ensemble de la classification des *Culicoides*:

- ❖ Règne: *Animalia* (Animaux).
- ❖ Embranchement: *Arthropoda* (Arthropodes).
- ❖ Classe: *Insecta* (Insectes).
- ❖ Ordre: *Diptera* (Diptères).
- ❖ Famille: *Ceratopogonidae* (Cératopogonidés).
- ❖ **Sous-famille: *Ceratopogoninae*.**

Le genre *Culicoides* est vaste et comprend de nombreuses espèces réparties à travers le monde. Ces espèces peuvent être classées en plusieurs groupes ou complexes en fonction de critères morphologiques, écologiques et moléculaires (Chaker et al., 2005).

Certains complexes d'espèces notables incluent :

❖ **Le complexe *Culicoides obsoletus***: Comprend plusieurs espèces étroitement liées, dont certaines sont connues pour être des vecteurs de maladies virales chez les ruminants (Balenghien et al, 2012).

❖ **Le complexe *Culicoides pulicaris*** : Également associé à la transmission de maladies virales chez les animaux (Slama et al., 2013).

❖ **Le complexe *Culicoides imicola*** : Impliqué dans la transmission de la fièvre catarrhale ovine (FCO) et d'autres maladies chez les animaux dans certaines régions du monde (Slama et al., 2013).

Chaque complexe peut inclure plusieurs espèces morphologiquement similaires mais génétiquement distinctes. Les avancées récentes dans les techniques de séquençage génétique ont permis une meilleure compréhension de la diversité et de la phylogénie des *Culicoides* (Balenghien, 2012)

La classification des *Culicoides* est un domaine de recherche en évolution, avec de nouvelles espèces découvertes et des révisions taxonomiques en cours. Les études moléculaires et morphologiques continuent d'apporter des informations cruciales pour affiner la classification et la compréhension de la diversité de ce groupe d'insectes (Balenghien et al, 2012).

I.3. Morphologie

Les *Culicoides* ont une morphologie classique présentent un corps élancé, avec des ailes velues recouvrant le corps au repos, de longues antennes filiformes, globuleuses à la base, constituées de 12 à 16 articles agencés comme des grains de chapelet. Ce sont des mandibulés, dotés d'une paire de mandibules et des hexapodes, on retrouve donc les caractéristiques de ceux-ci. En effet, ils portent des antennes et trois paires de pattes sont divisés en trois parties : la tête portant les organes des sens (yeux, palpes, mandibules), le thorax portant les pattes et les ailes, et l'abdomen où l'on trouve les fonctions reproductrices et viscérales, mais pas d'appendice (Chaker et al., 2005)

Ce sont des diptères, ils portent une seule paire d'ailes membraneuses et des nématocères, leurs antennes sont longues, Les *Culicoides* s'identifient facilement grâce à des motifs alaires noirs et blancs constitués de pigments compris dans la membrane de l'aile. De plus, l'aile est parcourue d'une nervure médiane pédiculée et d'une nervure transverse (Guis, 2007).

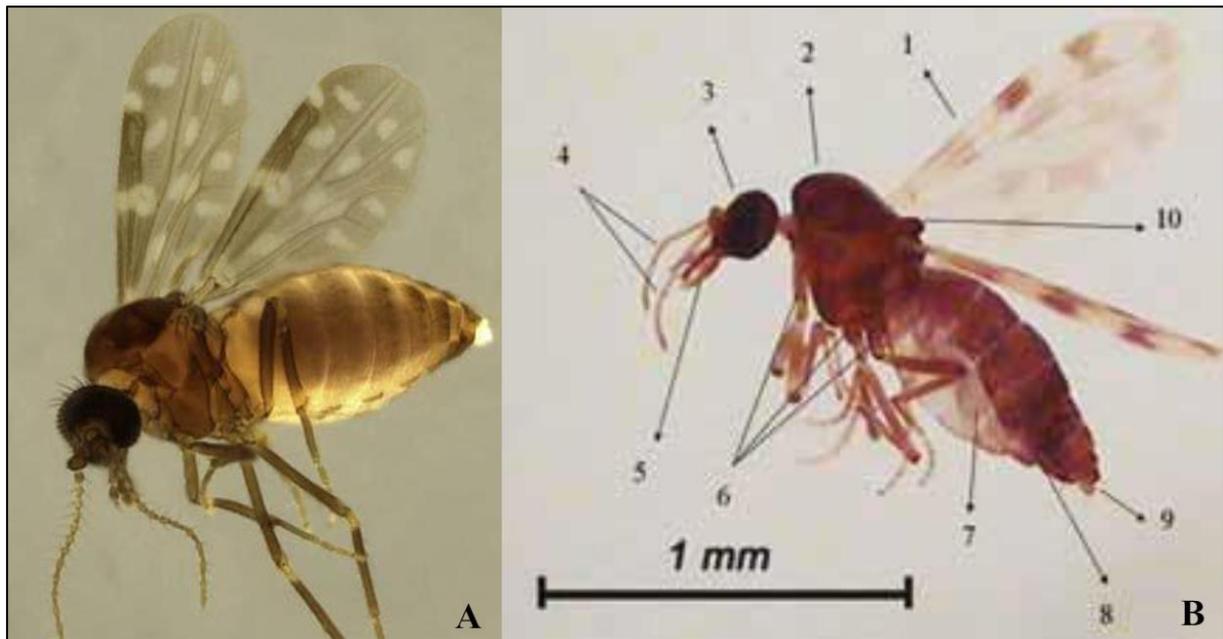


Figure 2:(A) Aspect général d'un *Culicoides* femelle (Mullen et Murphree, 2019) ; (B) les organes d'un *Culicoides* : (1) Aile ; (2) Thorax (Scutum) ; (3) Yeux composés ; (4) Antennes ; (5) Pièces buccales et palpes ;(6) Paires de pattes ;(7) Abdomen ;(8) Position des organes génitaux internes ; (9) Cerques anaux ; (10) Scutez-le (González González, 2013).

I.3.1. Morphologie des stades immature

D'après Kremer et al 1974, la morphologie des stades immatures des *Culicoides*, c'est-à-dire des œufs, des larves et des nymphes, présente des caractéristiques distinctes adaptées à leur mode de vie aquatique et à leur développement avant de devenir des adultes volants. Dans les paragraphes suivants explication détaillée de la morphologie de chaque stade immature :

I.3.1.1. Les oeufs

Les œufs des *Culicoides* représentent le stade initial de leur cycle de vie. (Kabbout et al., 2014)

❖ Taille et Forme:

– Les œufs des *Culicoides* sont généralement de petite taille, mesurant entre 0,5 et 1 millimètre de longueur.

Ils ont une forme ovale caractéristique, souvent légèrement allongée et parfois légèrement incurvée à un bout (Kabbout et al., 2014).

❖ Couleur et Texture:

- Les œufs sont souvent translucides, ce qui signifie qu'ils sont partiellement ou totalement transparents, permettant ainsi de voir l'embryon à l'intérieur.
- La coque des œufs peut varier en couleur, allant du blanc au jaunâtre, en fonction de l'espèce de *Culicoides* (Kabbout et al., 2014).

❖ Structure de la Coque :

- La coque des œufs des *Culicoides* est relativement mince par rapport à celle d'autres insectes.
- Elle est souvent recouverte d'une fine couche externe appelée chorion, qui peut être légèrement rugueuse ou lisse selon l'espèce.

La coque peut être poreuse, permettant les échanges gazeux nécessaires au développement embryonnaire (Kabbout et al., 2014).

❖ Dépôt des Œufs :

- Les femelles des *Culicoides* déposent généralement leurs œufs sur des substrats humides, tels que la végétation en décomposition, les sols boueux, les flaques d'eau ou les eaux stagnantes.

Les œufs sont souvent regroupés en petits amas ou en masses gélatineuses attachées à des surfaces verticales ou flottant à la surface de l'eau (Kabbout et al., 2014).

❖ Développement Embryonnaire :

- Une fois que les œufs sont pondus, le développement embryonnaire commence.
- La durée d'incubation des œufs varie en fonction de la température et de l'humidité environnantes, mais elle est généralement de quelques jours à une semaine (Kabbout et al., 2014).

I.3.1.2. Les larves

Les larves des *Culicoides* représentent le deuxième stade de développement après l'éclosion des œufs (Kabbout et al., 2014).

❖ Taille et Forme :

– Les larves des *Culicoides* sont relativement petites par rapport à d'autres insectes, mesurant généralement entre 1 et 3 millimètres de longueur.

Elles ont un corps segmenté et cylindrique, légèrement aplati dorso-ventralement changé (Kabbout et al., 2014)

❖ Couleur et Texture :

– Les larves des *Culicoides* sont généralement de couleur blanche à translucide, avec des organes internes parfois visibles à travers la cuticule.

La cuticule qui recouvre le corps des larves peut être légèrement transparente, leur donnant un aspect brillant chang » (Mathieu, 2011).

❖ Tête et Appendices Céphaliques :

– La tête des larves est munie de pièces buccales adaptées à la consommation de matière organique en décomposition et de micro-organismes présents dans leur environnement.

– Elles possèdent de petites mandibules pour la manipulation de la nourriture et des structures buccales de type "piqueur-suceur" chez certaines espèces, utilisées pour percer les substrats alimentaires et aspirer les nutriments (Mathieu, 2011).

Les antennes des larves sont généralement courtes et peu développées (Kabbout et al., 2014)

❖ Segments Corporels :

– Le corps des larves est composé de plusieurs segments distincts, chacun étant recouvert d'une cuticule souple qui permet la flexibilité et la mobilité.

Les segments abdominaux sont souvent plus étroits que les segments thoraciques, donnant à la larve une apparence légèrement fuselée (Mathieu, 2011).

❖ Respiration :

– Les larves des *Culicoides* respirent à l'aide de structures respiratoires appelées "stigmates", qui sont des ouvertures cuticulaires situées sur les côtés du corps.

Ces stigmates permettent les échanges gazeux avec l'environnement, en particulier dans les habitats aquatiques où les larves se développent (Waller et al., 1990).

❖ Déplacement et Alimentation :

- Les larves des *Culicoides* se déplacent en rampant ou en nageant dans leur habitat aquatique.
- Elles se nourrissent principalement de matière organique en décomposition, de micro-organismes et de particules alimentaires présentes dans leur environnement (Venail., 2014).

I.3.1.3. Les nymphes

Les nymphes des *Culicoides*, en tant que stade de développement intermédiaire entre les larves et les adultes, présentent des caractéristiques morphologiques spécifiques qui les distinguent des autres stades (Waller et al., 1990).

❖ Corps :

- Les nymphes des *Culicoides* ont un corps segmenté, similaire à celui des larves, mais généralement plus développé.
- Leur corps est cylindrique et légèrement aplati dorso-ventralement, ce qui leur permet de se déplacer efficacement dans leur habitat aquatique (Venail., 2014).

❖ Appendices Céphaliques :

- Les nymphes possèdent des appendices céphaliques bien développés, comprenant les antennes, les pièces buccales et les mandibules.
- Les antennes des nymphes sont généralement courtes et peu développées par rapport à celles des adultes.
- Les pièces buccales sont adaptées à la consommation de matière organique en décomposition et de micro-organismes présents dans leur environnement, tout comme chez les larves (Venail., 2014)

❖ Pattes :

- Les nymphes des *Culicoides* possèdent des pattes bien développées, mais celles-ci ne sont pas encore fonctionnelles pour le vol.
- Les pattes sont utilisées principalement pour le déplacement sur des substrats aquatiques et pour la recherche de nourriture (Venail., 2014)

❖ Ailes :

- Les nymphes des *Culicoides* ont des ailes sous-développées qui sont repliées le long du corps.
- Ces ailes sont des précurseurs des ailes adultes et se développeront davantage au fur et à mesure que la nymphe mûrit en adulte (Venail., 2014)

❖ Respiration :

- Comme les larves, les nymphes des *Culicoides* respirent à travers des stigmates, des ouvertures cuticulaires situées sur les côtés du corps.
- Ces stigmates permettent les échanges gazeux avec l'environnement, en particulier dans les habitats aquatiques où les nymphes se développent (Venail., 2014)

I.3.2. Morphologie des stades matures : Les imagos

Les adultes (ou imagos) sont des moucheron trapus et gibbeux de 1 à 4 mm de long (Mullen 2009), ont un corps composé, comme tous les insectes, d'une tête, d'un thorax et d'un abdomen .

1.1.1 I.3.2.1. La tête

La tête des imagos de *Culicoides* est une structure complexe et spécialisée qui abrite plusieurs organes sensoriels et des pièces buccales adaptées à leur mode de vie.

❖ Antennes :

- Les antennes des *Culicoides* sont des organes sensoriels situés sur la partie supérieure de la tête.
- Elles sont généralement courtes et compactes, composées de plusieurs segments articulés.

Les antennes sont sensibles aux phéromones, aux odeurs et aux variations chimiques de l'environnement, ce qui aide les *Culicoides* à localiser leurs partenaires pour la reproduction et les sources de nourriture (Slama et al., 2015).

❖ Yeux composés :

- Les yeux des imagos de *Culicoides* sont des yeux composés, composés de milliers de petits facettes appelées ommatidies.

– Ces yeux composés offrent une vision panoramique, permettant aux *Culicoides* de détecter les mouvements et les sources de lumière dans leur environnement.

Les yeux composés des *Culicoides* peuvent être grands et proéminents, fournissant une capacité de vision importante pour la navigation et la recherche de partenaires (Slama et al., 2015).

❖ Pièces buccales :

– Les pièces buccales des imagos de *Culicoides* varient en fonction du sexe. Chez les femelles, les pièces buccales sont adaptées à la piqûre et à l'aspiration du sang, tandis que chez les mâles, elles sont généralement utilisées pour consommer des liquides sucrés et du nectar (Waller et al., 1990).

Les pièces buccales piqueuses-suceuses des femelles sont constituées de plusieurs structures, dont le labrum, les mandibules, le stylet maxillaire et le labium. Ces pièces buccales sont spécialisées pour perforer la peau de l'hôte et aspirer le sang (Slama et al., 2015)

❖ Organe de Claparede :

– Situé sur le côté de la tête des *Culicoides*, l'organe de Claparede est une structure sensorielle importante impliquée dans la détection des phéromones et des signaux chimiques émis par les partenaires potentiels.

Cet organe joue un rôle crucial dans le comportement de reproduction des *Culicoides*, en aidant les mâles à localiser les femelles pour la copulation (Slama et al., 2015).

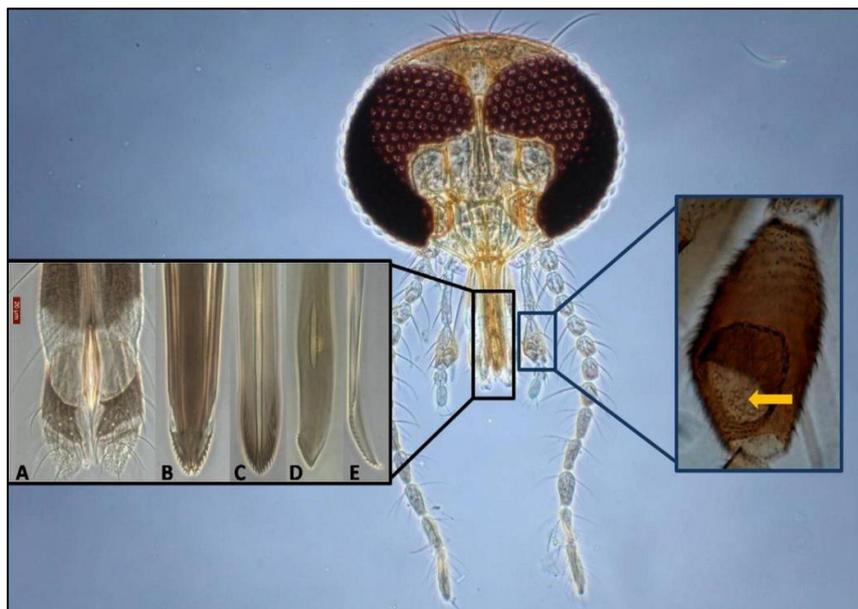


Figure 3: Tête de *Culicoides*, avec des pièces buccales disséquées et élargies, (à gauche) et 3^{ème} segment palpale élargi (à droite) (Foxi et al., 2020).

I.3.2.2. Le thorax

Le thorax des imagos de *Culicoides* est une région corporelle cruciale qui abrite les muscles nécessaires au vol ainsi que les attaches des ailes et des pattes (Mathieu, 2011).

❖ Structure :

- Le thorax est la région médiane du corps située entre la tête et l'abdomen.
- Chez les *Culicoides*, le thorax est généralement bien développé et constitué de trois segments distincts : le prothorax, le mésothorax et le métathorax (Mathieu, 2011).

❖ Muscles du Vol :

- Le thorax des *Culicoides* est fortement musclé pour permettre le mouvement des ailes lors du vol.
- Ces muscles, appelés muscles de vol, sont responsables de la contraction et de la relaxation des ailes, permettant ainsi à l'insecte de se déplacer dans l'air (Verhulst et al., 2021).

❖ Attaches des Ailes :

- Les ailes des imagos de *Culicoides* sont attachées au thorax, spécifiquement au mésothorax et au métathorax.
- Chaque paire d'ailes est fixée à une articulation flexible qui permet leur mouvement dans différentes directions pendant le vol (Verhulst et al., 2021)

❖ Attaches des Pattes :

- Les pattes des imagos de *Culicoides* sont également attachées au thorax, au niveau du prothorax.

❖ Ces attaches sont robustes et permettent aux *Culicoides* de se déplacer efficacement sur différentes surfaces, que ce soit en vol ou en marchant (Mathieu, 2011).

❖ Appareil Trachéen :

- Le thorax des *Culicoides* abrite également le système respiratoire de l'insecte, composé de trachées et de stigmates.
- Les trachées sont de petits tubes creux qui transportent l'oxygène vers les tissus de l'insecte, tandis que les stigmates sont des ouvertures cutanées situées sur le thorax et l'abdomen qui permettent les échanges gazeux avec l'environnement (Mathieu, 2011).

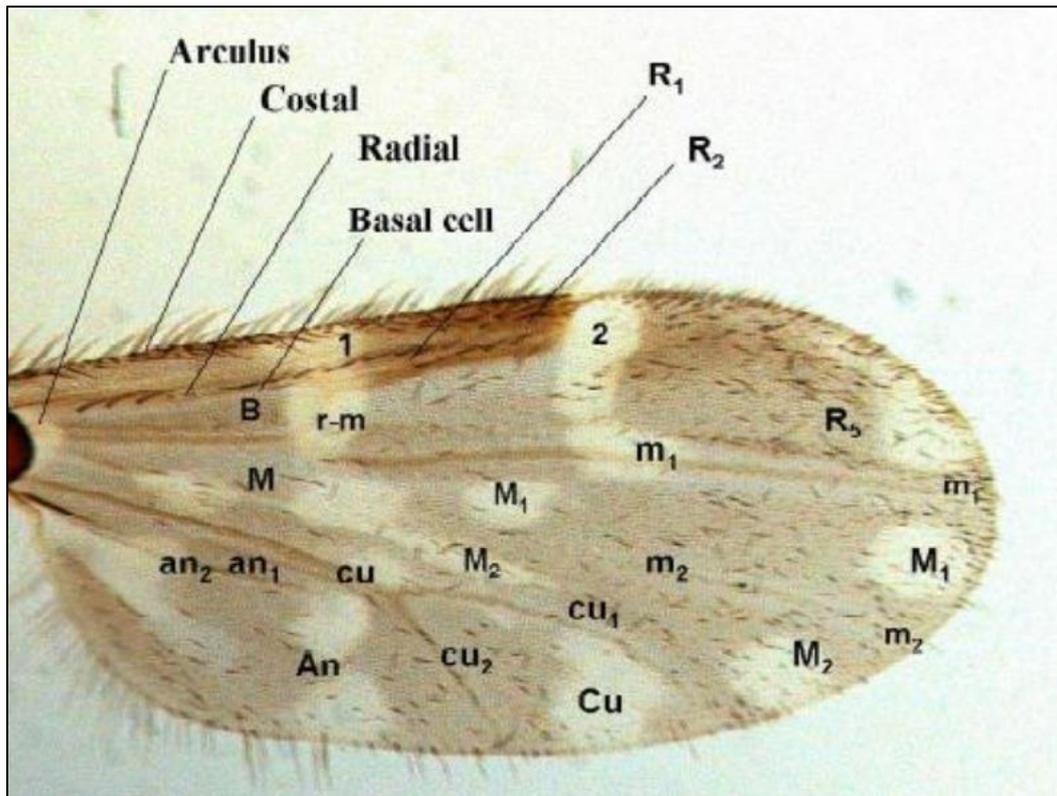


Figure 4: Morphologie de l'aile d'un *Culicoides* (González González, 2013).

I.3.2.3. L'abdomen

L'abdomen des imagos de *Culicoides* est la région postérieure du corps, située après le thorax, et elle est essentielle pour plusieurs fonctions vitales de l'insecte (Kabbout, 2014).

❖ Structure :

- L'abdomen est la partie du corps des *Culicoides* qui suit immédiatement le thorax et qui est généralement composée de plusieurs segments distincts (Kabbout, 2014).
- Chez les imagos de *Culicoides*, l'abdomen est généralement plus large que le thorax et peut contenir divers organes internes, tels que les organes reproducteurs, digestifs et respiratoires (Ziani Hajd-Henni et al., 2014).

❖ Organes Reproducteurs :

- Chez les femelles, l'abdomen abrite les organes reproducteurs, y compris les ovaires où les œufs sont produits et les spermathèques où le sperme est stocké après l'accouplement.
- Chez les mâles, l'abdomen contient les organes reproducteurs mâles, y compris les testicules et les structures associées à la production et au stockage du sperme (Kabbout, 2014).

❖ Système Digestif :

- L'abdomen des *Culicoides* contient une partie importante du système digestif, y compris l'intestin, où la nourriture est digérée et les nutriments sont absorbés dans la circulation sanguine.
- Les organes digestifs comprennent également le crop, une poche extensible dans laquelle la nourriture est temporairement stockée après l'ingestion, ainsi que le rectum, où les déchets sont accumulés avant l'excrétion (Kabbout, 2014).

❖ Système Respiratoire :

- Bien que la plupart des échanges gazeux chez les *Culicoides* se fassent à travers les stigmates situés sur le thorax et l'abdomen, une partie du système respiratoire, appelée trachées, peut également s'étendre dans l'abdomen pour transporter l'oxygène vers les tissus de l'insecte (Kabbout, 2014).

❖ Système Circulatoire :

- L'abdomen abrite une partie du système circulatoire des *Culicoides*, y compris le cœur, qui pompe l'hémolymphe (le fluide circulatoire des insectes) à travers le corps pour fournir de l'oxygène et des nutriments aux tissus et pour transporter les déchets métaboliques vers les organes d'élimination. (Kabbout, 2014)

I.3.2.4. Appareil génital

L'appareil génital des imagos de *Culicoides* est une structure complexe présente chez les mâles et les femelles, et il est essentiel pour la reproduction de l'espèce.

❖ Femelles :

- Chez les femelles, l'appareil génital comprend plusieurs organes internes impliqués dans la production, le stockage et la ponte des œufs.
- Les principaux organes reproducteurs chez les femelles sont les ovaires, où les ovules sont produits, et les oviductes, qui transportent les œufs des ovaires vers l'oviducte.
- L'oviducte est également associé à une structure appelée spermathèque, où le sperme est stocké après l'accouplement. Ce stockage permet aux femelles de fertiliser les œufs au moment de la ponte (Ziani Hajd-Henni et al., 2013)

❖ Mâles :

- Chez les mâles, l'appareil génital comprend également plusieurs organes internes impliqués dans la production, le stockage et la transmission du sperme.
- Les principaux organes reproducteurs chez les mâles sont les testicules, où les spermatozoïdes sont produits, et les vésicules séminales, qui stockent le sperme produit.
- Lors de l'accouplement, les mâles transfèrent le sperme des vésicules séminales vers le spermiducte, qui conduit le sperme à l'extérieur du corps, où il est ensuite transmis aux femelles pour la fécondation des œufs (Sghaier et al., 2017)

❖ Copulation :

- La copulation chez les Culicoides est un processus court mais crucial pour la reproduction. Les mâles cherchent activement les femelles et, une fois qu'une femelle est trouvée, le mâle s'accouple avec elle en transférant son sperme.
- Après l'accouplement, les femelles stockent le sperme dans leur spermathèque jusqu'au moment de la ponte, lorsque les œufs sont fécondés. (Ziani Hajd-Henni et al., 2013)

❖ Ponte des Œufs :

- Une fois fécondés, les œufs sont pondus par les femelles sur des substrats appropriés, tels que des zones humides ou des matières organiques en décomposition, où les larves peuvent se développer.



Figure 5: *Culicoides kibunensis* ♂; Organes génitaux : (1) Ditistyle ; (2) Articulation ; (3) Basistyle ; (4) Racine ventrale ; (5) Lobes et excavation caudomédiane ; (6) Processus apicolatéraux ; (7) Cercus ; (8) Édéage (flou) ; (9) Paramères ; (10) Neuvième sternite. *Culicoides pallidicornis* ♀; Organes génitaux : (1) Spermathèques ; (2) Spermathèques rudimentaires ;(3) Sclérite anal ;(4) Plaques chitineuses ; (5) Espace génital entre les plaques ; (6) Cercus. Segments abdominaux représenté par des chiffres romains : (VII-X) (González González, 2013).

I.4. Biologie et écologie des *Culicoides*

La biologie et l'écologie des *Culicoides* englobent un large éventail de connaissances sur la vie, le comportement, l'habitat et l'interaction de ces insectes dans leur environnement (Uslu, 2010).

I.4.1. Cycle biologique

Le cycle biologique des *Culicoides* est caractérisé par plusieurs étapes distinctes, allant de l'œuf à l'adulte (Uslu, 2010).

❖ Œuf :

- Les œufs sont généralement pondus dans des endroits humides et riches en matière organique en décomposition, offrant un environnement idéal pour le développement des larves.
- La femelle dépose les œufs en petits groupes, souvent en grappes, sur des substrats appropriés.

– La durée d'incubation des œufs varie en fonction de la température et de l'humidité, mais elle est généralement de quelques jours (Uslu, 2010).

❖ **Larve :**

– Les larves des *Culicoides* sont aquatiques et se développent dans des milieux humides tels que les flaques d'eau, les marécages, les zones boueuses ou les dépôts de fumier.

– Elles se nourrissent principalement de matière organique en décomposition, de micro-organismes et de particules alimentaires présentes dans leur environnement.

– Les larves passent par plusieurs stades de développement, appelés instars, avant de devenir des nymphes (Venail., 2014).

❖ **Nymphe :**

– Les nymphes sont le stade intermédiaire entre les larves et les adultes.

– Après avoir achevé leur développement larvaire, les nymphes émergent de l'eau et se transforment en adultes.

– Pendant ce stade, les nymphes restent généralement dans des zones humides à proximité de leur habitat larvaire, où elles complètent leur développement. (Ziani Hajd-Henni et al., 2013)

❖ **Adulte :**

– Les adultes sont des insectes volants actifs, capables de se déplacer sur de courtes distances à la recherche de nourriture et de partenaires reproducteurs.

– Ils se nourrissent principalement de nectar de fleurs et de liquides sucrés, mais les femelles nécessitent également des repas sanguins pour le développement des œufs.

– Les femelles recherchent des hôtes à piquer pour obtenir du sang, tandis que les mâles se nourrissent de substances sucrées telles que le nectar.

– Après l'accouplement, les femelles pondent des œufs sur des substrats appropriés, généralement des zones humides ou des matières organiques en décomposition, pour commencer un nouveau cycle biologique (Zimmer et al., 2009).

❖ **Durée du Cycle Biologique :**

– La durée totale du cycle biologique des *Culicoides* peut varier considérablement en fonction des conditions environnementales.

– Sous des conditions optimales de température, d'humidité et de disponibilité de la nourriture, le cycle biologique complet peut être complété en quelques semaines. Cependant, dans des conditions moins favorables, le cycle peut prendre plus de temps (Zimmer et al., 2009)

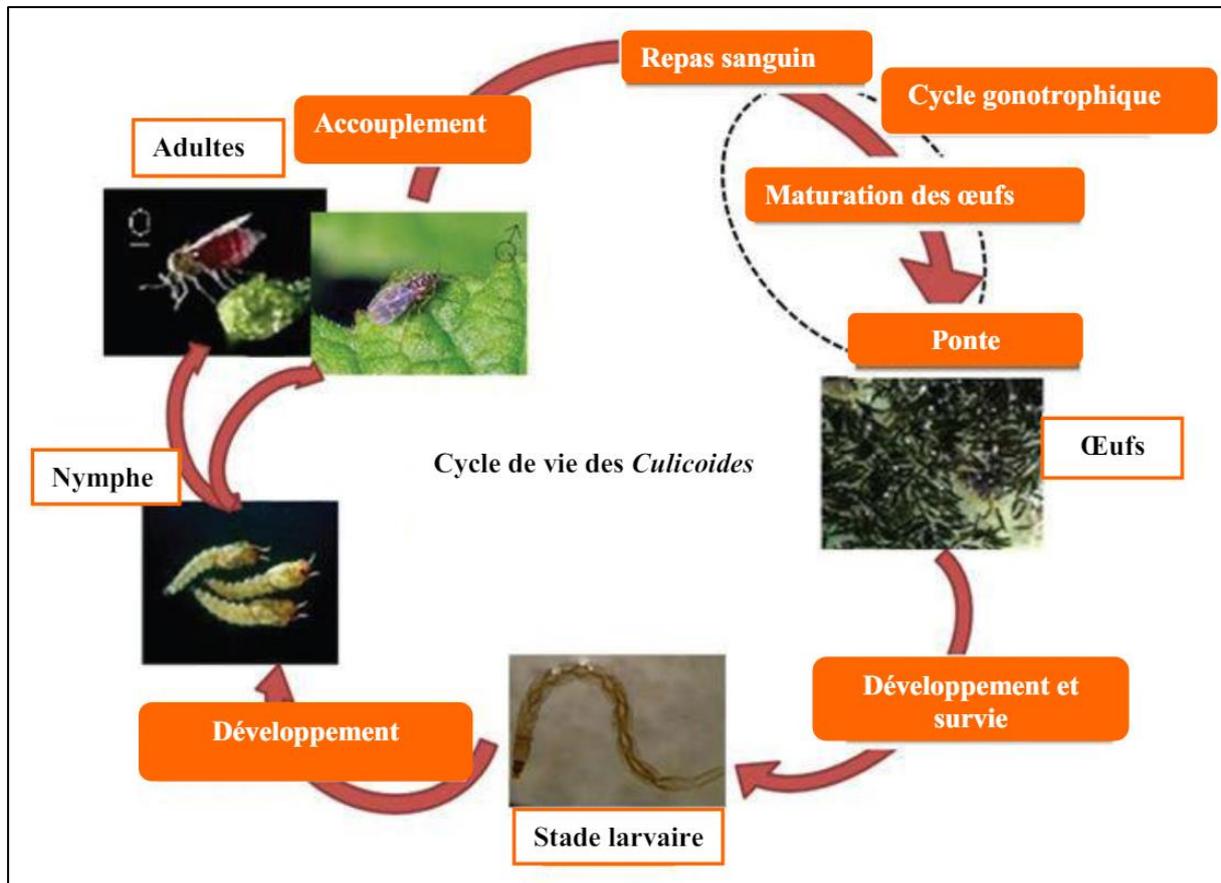


Figure 6: Cycle de vie des *Culicoides* (Slama et al., 2017).

I.4.2. Habitat

On retrouve les *Culicoides* principalement au niveau du sol à proximité des animaux (Velten et Mullens., 1997). Elles vivent dans des zones humides, en frontière d'un habitat terrestre et aquatique ou dans des zones contenant de nombreux végétaux pourrissants, milieux favorables à l'ensemble de leur développement jusqu'à l'adulte. Les larves creusent à la surface du substrat pour s'enfouir légèrement et ne nagent librement que très rarement dans l'eau environnante. Quelques larves de *Culicoides* s'enfouissent également dans le sable, notamment *Culicoides melleus* ou *Culicoides hollensis* (Perie et al., 2005). Tandis que les larves fréquentent la couche superficielle du milieu dans lequel elles se développent : on les retrouve donc principalement dans les cinq à six premiers centimètres de substrat (Uslu et Dik, 2006). Les nymphes se retrouvent également à la surface du milieu (boue ou eau) dans lequel le développement larvaire s'est déroulé (Zimmer et al., 2009).

Les femelles se rapprochent généralement de l'essaim à la rencontre d'un mâle pour la copulation. Une fois fécondée, les femelles partent en quête de leur premier repas sanguin nécessaire à la maturation des œufs. Les adultes des espèces d'intérêt vétérinaire se rencontrent principalement aux environs immédiats des exploitations de bétail, essentiellement à proximité de substrats humides ou d'eaux stagnantes et sont sensibles à la sécheresse. Ils fréquentent ainsi la face inférieure des feuilles ou des herbes situées dans les zones ombragées (Uslu, 2010).

Les gîtes de repos des imagos sont localisés, en général, dans le feuillage de la végétation située à proximité des lieux de repas et de ponte. La longévité des imagos serait de 10 à 20 jours en moyenne, mais, exceptionnellement, ils pourraient survivre 60, voire 90 jours, en particulier à basse température (Slama et al., 2014).

De manière générale, les *Culicoides* sont retrouvés aux alentours des exploitations de bétail, à proximité des eaux stagnantes et des excréments. Toutefois, la présence d'animaux à l'intérieur d'une étable peut attirer les *Culicoides*. La majorité des espèces de *culicoides* étant de nature crépusculaire ou nocturne. Ils sont au repos durant la journée ; ils fréquentent alors la face inférieure des feuilles ou des herbes situées dans les zones ombragées (Uslu, 2010).

I.4.3. Nutrition

La nutrition des *Culicoides* varie selon le stade de leur cycle de vie (Kremer, 1998).

❖ Œufs :

– Les œufs des *Culicoides* ne se nourrissent pas car ils sont inactifs et ne sont pas encore éclos.

❖ Larves :

– Les larves des *Culicoides* sont principalement détritivores, se nourrissant de matière organique en décomposition présente dans leur environnement, tels que les débris végétaux, les excréments ou les restes d'animaux (Kremer, 1998).

– Elles se nourrissent également de micro-organismes présents dans ces matières organiques en décomposition, comme les bactéries et les champignons.

– Les larves sont adaptées à leur environnement aquatique et utilisent leurs pièces buccales pour ratisser les substrats et filtrer les particules alimentaires (Kremer, 1998).

❖ Nymphes :

– Les nymphes des *Culicoides* ne se nourrissent pas activement car elles sont encore en développement à l'intérieur de leur exosquelette nymphal (Kremer, 1998).

❖ Adultes :

– Les adultes des *Culicoides* se nourrissent principalement de liquides sucrés tels que le nectar des fleurs.

– Ils possèdent des pièces buccales adaptées pour perforer les tissus végétaux afin d'extraire le nectar (Zimmer et al., 2009).

– Les liquides sucrés sont une source importante d'énergie pour les adultes, leur permettant de voler, de se reproduire et de survivre.

– Les femelles nécessitent également des repas sanguins pour le développement de leurs œufs. Elles se nourrissent du sang d'animaux tels que les mammifères et les oiseaux, utilisant leurs pièces buccales pour percer la peau de l'hôte et se nourrir du sang qui en résulte.

– Les adultes des *Culicoides* peuvent également se nourrir de fluides corporels tels que la lymphe ou le sérum, ainsi que de fluides d'origine végétale autres que le nectar, selon les opportunités alimentaires disponibles dans leur environnement (Zimmer et al., 2009).

I.4.4. Dispersion

La dispersion des *Culicoides*, ces petits insectes volants, est un processus complexe qui implique plusieurs mécanismes. Tout d'abord, ces insectes ont la capacité de se déplacer sur de courtes distances grâce à leur vol actif. Ils peuvent ainsi explorer leur environnement à la recherche de nourriture, de partenaires pour la reproduction ou de nouveaux habitats. De plus, les vents et les courants aériens peuvent transporter passivement les *Culicoides* sur de plus longues distances, favorisant ainsi leur dispersion sur de vastes territoires. Cette dispersion peut également être facilitée par les mouvements d'animaux hôtes (Mathieu, 2011).

En se nourrissant du sang de ces hôtes, les *Culicoides* peuvent être transportés sur de nouvelles zones géographiques lors des déplacements de leurs hôtes. Cependant, certaines barrières géographiques telles que les océans, les montagnes ou les déserts peuvent limiter leur dispersion en restreignant leur déplacement vers de nouvelles zones. Malgré cela, certaines espèces de *Culicoides* sont connues pour leurs migrations actives sur de longues distances, influencées par des facteurs environnementaux comme les conditions météorologiques ou la disponibilité des

ressources alimentaires (Mathieu, 2011). Enfin, les activités humaines telles que le commerce international, le transport de marchandises ou les voyages peuvent jouer un rôle majeur dans la dispersion des *Culicoides* en les transportant involontairement d'une région à une autre. En résumé, la dispersion des *Culicoides* est le résultat d'une interaction complexe entre divers facteurs biologiques, environnementaux et humains, et sa compréhension est essentielle pour évaluer leur distribution géographique et leur impact en tant que vecteurs de maladies (Meiswinkel, 2004).

I.5. Importance médicale et vétérinaire

I.5.1. Nuisance

La nuisance peut être définie comme une situation ou une condition qui cause un inconfort, un désagrément ou un préjudice à une personne, à un animal ou à un environnement. Dans le contexte des *Culicoides*, les nuisances se réfèrent aux effets négatifs que ces insectes peuvent avoir sur la santé, le bien-être et le confort des humains et des animaux (Meiswinkel, 2004).

Les piqûres de *Culicoides*, souvent appelées "piqûres de moucheron" ou "piqûres de moucheron noirs", peuvent être particulièrement irritantes en raison de la petite taille de ces insectes et de leur habitude de se rassembler en grands essaims. Ces piqûres peuvent non seulement provoquer des démangeaisons et des irritations cutanées, mais elles peuvent également laisser des marques rouges et des gonflements qui peuvent durer plusieurs jours. Chez les animaux, en particulier les bovins et les chevaux, les piqûres de *Culicoides* peuvent entraîner des réactions importantes, telles que le grattage excessif, qui peut endommager la peau et entraîner des lésions cutanées secondaires, comme des croûtes ou des infections (Kabbout et al., 2014).

L'impact sur le comportement des animaux peut être notable. Les piqûres répétées de *Culicoides* peuvent rendre les animaux agités et nerveux, ce qui peut perturber leur routine quotidienne. Par exemple, des vaches agitées peuvent avoir des difficultés à se nourrir ou à se reposer normalement, ce qui peut entraîner une baisse de la production laitière ou des performances de croissance. Dans les cas graves, des animaux particulièrement sensibles aux piqûres de *Culicoides* peuvent développer des comportements d'évitement, évitant les zones où les insectes sont abondants, ce qui peut restreindre leur accès aux pâturages ou aux abreuvoirs (Meiswinkel, 2004).

Les réactions allergiques aux piqûres de *Culicoïdes* peuvent être graves et nécessiter une attention médicale immédiate. Chez certaines personnes et certains animaux, ces piqûres peuvent déclencher des réactions allergiques systémiques, telles que des difficultés respiratoires, un œdème généralisé, voire un choc anaphylactique. Les individus sensibles doivent prendre des précautions supplémentaires pour éviter les piqûres, surtout dans les régions où les populations de *Culicoïdes* sont importantes (Kabbout et al., 2014).

En ce qui concerne la gestion des nuisibles, les infestations de *Culicoïdes* peuvent être difficiles à contrôler en raison de leur capacité à se reproduire rapidement et de leur capacité à se déplacer sur de longues distances. Les insecticides et les répulsifs peuvent être utilisés pour réduire les populations de *Culicoïdes*, mais leur efficacité peut être limitée, en particulier dans les environnements extérieurs ouverts. Les méthodes de gestion intégrée des nuisibles, qui combinent plusieurs approches de contrôle, peuvent être plus efficaces pour réduire les populations de *Culicoïdes* et atténuer les problèmes de nuisance associés à ces insectes (Kabbout et al., 2014).

I.5.2. Le rôle des *Culicoïdes* dans la transmission du virus de la FCO

Les *Culicoïdes* jouent un rôle crucial dans la transmission du virus de la Fièvre Catarrhale Ovine (FCO), également connu sous le nom de bluetongue virus (BTV). Leur rôle dans la transmission du virus de la Fièvre Catarrhale Ovine (FCO) est crucial et complexe. Lorsqu'un *Culicoïde* se nourrit du sang d'un animal infecté par le virus de la FCO, il ingère les particules virales présentes dans le sang. Le virus de la FCO se réplique ensuite dans le tube digestif du *Culicoïde*, colonise ses glandes salivaires et se propage à travers son système circulatoire (Venail, 2014).

Lorsqu'un *Culicoïde* infecté se nourrit du sang d'un nouvel hôte, il injecte sa salive qui contient le virus de la FCO dans la peau de cet animal. C'est ainsi que le virus est introduit dans la circulation sanguine de l'hôte, où il peut provoquer une infection. Les animaux les plus sensibles à la FCO sont les ruminants, tels que les bovins et les ovins. L'infection par le virus de la FCO peut entraîner des symptômes graves, notamment de la fièvre, des difficultés respiratoires, des ulcères buccaux, une perte d'appétit et une réduction de la production laitière. Dans les cas les plus sévères, l'infection peut être mortelle (Venail, 2014).

La transmission du virus de la FCO par les *Culicoïdes* est souvent liée à des facteurs environnementaux. Les *Culicoïdes* sont sensibles aux variations de température, d'humidité et de luminosité, ce qui influence leur activité et leur cycle de reproduction. Les conditions

météorologiques favorables, telles que les températures douces et humides, peuvent favoriser la reproduction des *Culicoïdes* et augmenter leur abondance. Par conséquent, les flambées de FCO sont souvent observées pendant les saisons chaudes et humides, lorsque les populations de *Culicoïdes* sont les plus actives (Venail, 2014).

La prévention et le contrôle de la FCO impliquent souvent des mesures visant à réduire l'exposition des animaux aux piqûres de *Culicoïdes*, ainsi que des stratégies de surveillance et de gestion des populations de ces insectes vecteurs. Cela peut inclure l'utilisation d'insecticides, de pièges à moucheron, de répulsifs et de pratiques de gestion environnementale pour réduire les sites de reproduction des *Culicoïdes*. En comprenant le rôle précis des *Culicoïdes* dans la transmission de la FCO, il est possible de mettre en œuvre des mesures de prévention et de contrôle plus efficaces pour protéger la santé des animaux et limiter l'impact économique de cette maladie sur les exploitations agricoles (Venail, 2014).

1.5.3. La fièvre catarrhale ovine (FCO)

La fièvre catarrhale ovine (FCO), également connue sous le nom de bluetongue (BT) en anglais, est une maladie virale qui affecte principalement les ruminants, notamment les moutons, les chèvres et les bovins. Elle est causée par le virus de la fièvre catarrhale ovine (BTV), qui appartient à la famille des Reoviridae et au genre Orbivirus. La FCO est transmise par des insectes piqueurs du genre *Culicoïdes*, principalement *Culicoïdes imicola* en Afrique, *Culicoïdes obsoletus* en Europe et *Culicoïdes sonorensis* en Amérique du Nord (Guis, H. S., 2007).

Les symptômes de la FCO chez les animaux infectés peuvent varier en fonction de la souche virale, de l'espèce animale et du stade de la maladie. Les signes cliniques les plus courants incluent de la fièvre, de la léthargie, une hypersalivation, une tuméfaction de la tête et du cou, des ulcères buccaux et des muqueuses enflammées, des gonflements au niveau des lèvres et de la langue, une hypersensibilité à la lumière et des difficultés respiratoires. Chez les bovins, la FCO peut également entraîner des avortements et une diminution de la production laitière (Guis, H. S., 2007).

La FCO peut avoir un impact économique significatif sur l'industrie de l'élevage en raison de la mortalité, de la morbidité, des pertes de production et des restrictions commerciales imposées aux zones touchées. De plus, la présence du virus de la FCO dans une région peut avoir des conséquences sur les échanges commerciaux internationaux de bétail et de produits

d'origine animale, en raison des mesures de quarantaine et des restrictions sanitaires mises en place pour limiter la propagation de la maladie (Verhulst, 20121).

La prévention et le contrôle de la FCO reposent principalement sur des mesures de biosécurité visant à réduire l'exposition des animaux aux piqûres de *Culicoïdes*, ainsi que sur la vaccination des animaux à risque dans les zones où la maladie est endémique ou épidémique. La surveillance épidémiologique des populations de *Culicoïdes* et des cas de FCO est également essentielle pour détecter rapidement les flambées de la maladie et mettre en œuvre des mesures de contrôle appropriées (Guis, H. S., 2007).

I.5.3.1. Répartition géographique dans le monde

La fièvre catarrhale ovine (FCO) est une maladie virale qui affecte principalement les ruminants et est transmise par des insectes piqueurs du genre *Culicoïdes*. Cette maladie a une répartition géographique mondiale, avec des cas signalés dans diverses régions du monde. En Afrique, l'endémicité de la FCO est bien établie, avec des flambées sporadiques signalées dans des pays comme l'Afrique du Sud, où des épisodes ont été enregistrés en 2011, 2013 et 2018.

En Europe, la FCO est présente dans plusieurs pays, en particulier dans les régions du sud où le climat est plus favorable à la survie des *Culicoïdes*. Des flambées de FCO ont été signalées en Espagne en 2007, 2015 et 2020, (Verhulst, 2021), en France en 2012, 2017 et 2021 (Verhulst, 2021), et en Italie en 2008, 2014 et 2019 (Garros et al., 2021).

En Asie, la distribution de la FCO est moins documentée, mais des cas ont été rapportés dans des pays comme la Turquie, où des flambées ont été observées en 2010, 2016 et 2022 (Garros et al, 2023), et en Inde, où des épisodes ont été signalés en 2009, 2018 et 2021 (Garros et al, 2023).

En Amérique du Nord, la FCO est endémique dans certaines parties, avec des flambées périodiques dans des pays comme les États-Unis et le Mexique (Garros et al, 2023). Aux États-Unis, des cas ont été signalés en 2007, 2012 et 2019 (Garros et al, 2023), tandis qu'au Mexique, des épisodes ont été enregistrés en 2011, 2015 et 2020 (Garros et al., 2021)

En Amérique du Sud, bien que la FCO soit moins répandue, des cas ont été signalés en Argentine, avec des flambées en 2009, 2013 et 2017 (Garros et al, 2023), et au Brésil, où des épisodes ont été observés en 2014, 2018 et 2021 (Garros et al, 2023).

En Océanie, des flambées de FCO ont été enregistrées en Australie, notamment en 2008, 2016 et 2020 (Garros et al, 2023), ainsi qu'en Nouvelle-Zélande, où des cas ont été signalés en 2013, 2017 et 2021 (Garros et al, 2023).

Ces exemples mettent en évidence la répartition mondiale de la FCO et la variabilité temporelle des flambées de la maladie dans différentes régions du monde, soulignant l'importance de la surveillance continue et des mesures de contrôle pour limiter son impact sur les populations animales (Garros et al., 2021).

1.5.3.2. Situation épidémiologique de la FCO en Algérie

La situation épidémiologique de la fièvre catarrhale ovine (FCO) en Algérie varie au fil du temps et est influencée par divers facteurs, notamment les conditions météorologiques, les mouvements de bétail et les mesures de contrôle mises en place (Belkharchouche, 2021).

Historique des flambées: En Juillet 2000, les premiers cas de FCO -serotype 2 sont apparus en Algérie dans les wilayas de Skikda, Souk Ahras, Annaba, Guelma, Oum El Bouagi, Tebessa et Jijel, El-Taref, Khenchela et Alger (Kabbout, 2017). En 2006, des cas de FCO-serotype 1 aussi ont été observés (Kabbout, 2017). La FCO était présente chez les ruminants domestiques avec des sero-prévalence de 16,44% chez les bovins et 13,33% chez les petits ruminants. Ces flambées sont généralement associées à des conditions environnementales favorables à la multiplication des *Culicoïdes*, les vecteurs de la maladie (Kabbout, 2017). Les flambées précédentes ont entraîné des pertes économiques importantes pour l'industrie de l'élevage en raison de la mortalité, de la morbidité et des restrictions commerciales (Kabbout et al., 2014).

Surveillance et contrôle : Pour faire face à la menace de la FCO, les autorités algériennes ont mis en place des mesures de surveillance épidémiologique pour détecter rapidement les cas de la maladie et mettre en œuvre des stratégies de contrôle appropriées. Cela comprend la surveillance des populations de *Culicoïdes*, ainsi que la surveillance active des cas de FCO chez les animaux (Kabbout et al., 2014).

Vaccination et prévention : La vaccination est une composante essentielle de la stratégie de prévention et de contrôle de la FCO en Algérie. Les animaux à risque sont souvent vaccinés pour réduire le risque d'infection et limiter la propagation de la maladie. En plus de la vaccination, des mesures de biosécurité sont souvent recommandées pour réduire l'exposition des animaux aux *Culicoïdes* et aux autres vecteurs de la maladie (Belkharchouche, 2021).

Surveillance continue : En raison de la nature cyclique de la FCO et de sa sensibilité aux fluctuations environnementales, la surveillance continue de la situation épidémiologique de la maladie est essentielle en Algérie. Cela permet de détecter rapidement les flambées de la maladie et de mettre en place des mesures de contrôle appropriées pour limiter sa propagation (Belkharchouche, 2021).

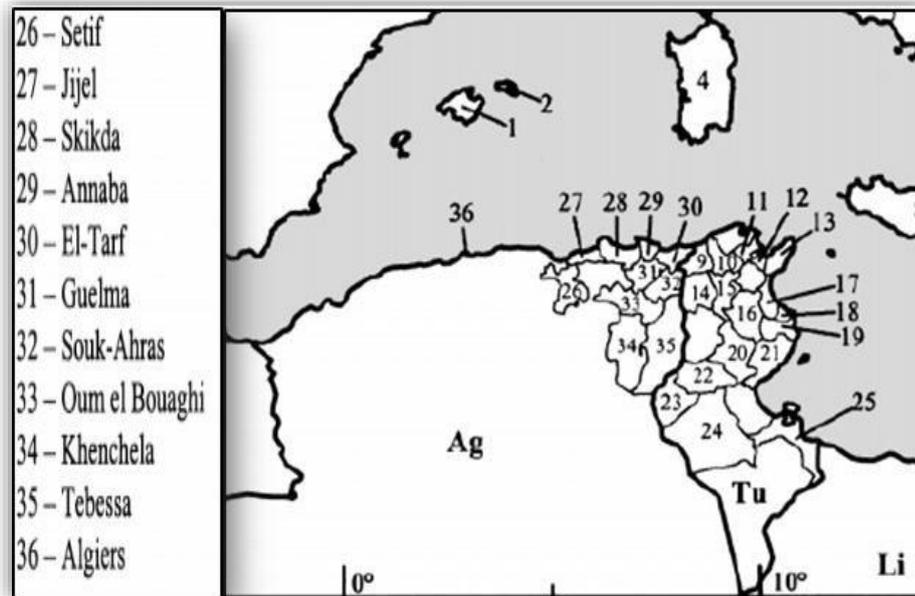


Figure 7: Différents Wilayas touchées par le blue tongue en Algérie en 2000 (Mellor et Wittmann, 2002).

I.5.3.3. Les acteurs de la maladie

Dans le cadre de la fièvre catarrhale ovine (FCO), plusieurs acteurs interviennent dans la transmission, la propagation et la gestion de cette maladie virale. Tout d'abord, le virus de la FCO lui-même, appartenant à la famille des Reoviridae et au genre Orbivirus, est l'agent pathogène responsable de la maladie. Ce virus à ARN présente différents sérogroupes et sérotypes, avec des variations dans leur virulence et leur capacité à causer la maladie chez les animaux (Sghaier et al., 2017)

Les *Culicoides*, souvent désignés sous le nom de moucheron ou moustiques piqueurs, constituent les principaux vecteurs de la FCO. Appartenant à la famille des Ceratopogonidae, ces petits insectes se nourrissent du sang d'animaux infectés par le virus de la FCO et le transmettent ensuite à d'autres animaux sains lorsqu'ils se nourrissent à nouveau. La diversité des espèces de *Culicoides* et leur distribution géographique influent sur la propagation de la maladie (Sghaier et al., 2017).

Les animaux sensibles à la FCO, principalement les ruminants tels que les moutons, les chèvres et les bovins, jouent un rôle crucial dans la dynamique de la maladie. Lorsqu'ils sont piqués par des *Culicoïdes* infectés, ces animaux peuvent contracter la maladie et servir de réservoirs de virus, contribuant ainsi à sa propagation au sein des populations animales (Belkharchouche, 2021).

Les éleveurs et les vétérinaires constituent une autre composante importante dans la gestion de la FCO. Les éleveurs sont souvent les premiers à détecter les cas suspects de la maladie dans leurs troupeaux et jouent un rôle essentiel dans la mise en œuvre de mesures de biosécurité pour limiter la propagation de la maladie. Les vétérinaires, quant à eux, sont responsables du diagnostic et du traitement des animaux infectés, ainsi que de la mise en place de programmes de vaccination pour protéger les animaux sensibles contre la maladie (Sghaier et al., 2017).

Dans l'ensemble, chaque acteur de la maladie de la FCO, du virus aux éleveurs en passant par les autorités sanitaires, joue un rôle spécifique et complémentaire dans la prévention et la gestion de cette maladie chez les animaux sensibles. Une compréhension approfondie de ces acteurs et de leurs interactions est essentielle pour élaborer des stratégies efficaces de contrôle et de prévention de la FCO (Sghaier et al., 2017)

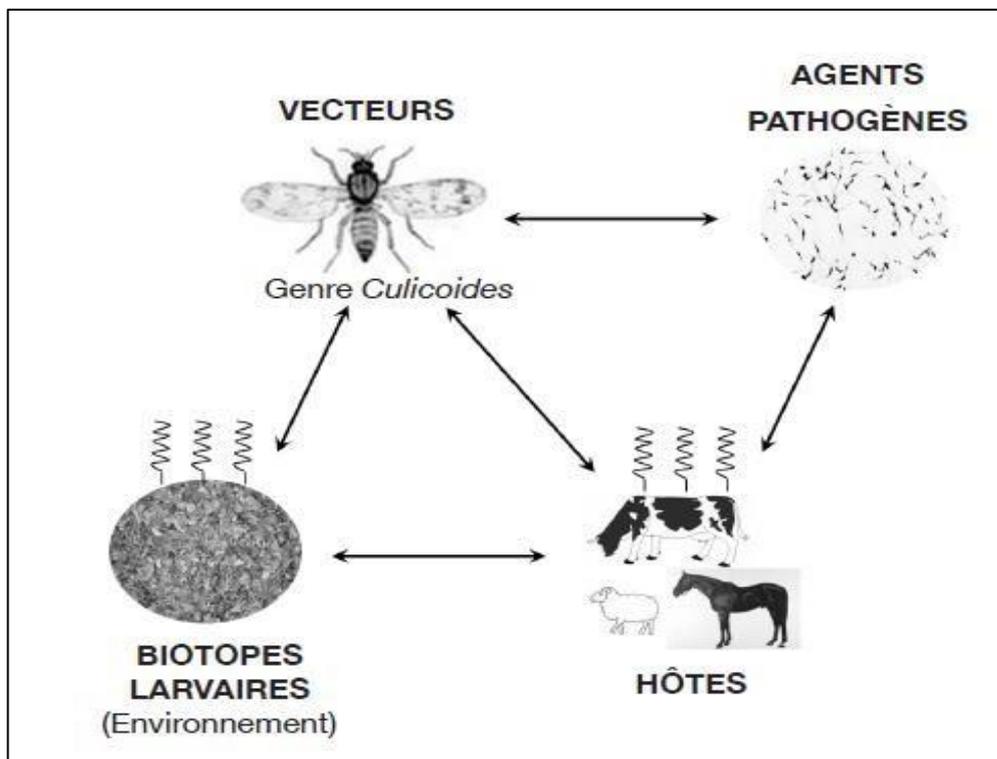


Figure 8: Représentation d'un système vectoriel (Zimmer et al., 2013)

I.6. Impacte des facteurs climatiques sur la biologie des *Culicoïdes*

L'impact des facteurs climatiques sur la biologie des *Culicoïdes* est crucial car ces insectes sont sensibles aux variations environnementales, ce qui influence leur répartition géographique, leur activité saisonnière, leur cycle de vie et leur capacité à transmettre des maladies telles que la fièvre catarrhale ovine (FCO).

Température: La température exerce une influence fondamentale sur la biologie des *Culicoïdes*. Elle affecte directement leur développement, en accélérant ou ralentissant le processus de maturation des œufs, des larves et des pupes, ce qui modifie la durée totale de leur cycle de vie. Des températures plus chaudes favorisent également leur activité, stimulant leur métabolisme et leur propension à rechercher de la nourriture. Cependant, des températures extrêmes peuvent entraîner une diminution de leur activité ou même leur mortalité. De plus, la répartition géographique des *Culicoïdes* est étroitement liée aux conditions thermiques, avec certaines espèces préférant les climats chauds des régions tropicales et subtropicales, tandis que d'autres se retrouvent dans des zones plus fraîches (Belkharchouche, 2021). En résumé, la température joue un rôle central dans tous les aspects de la biologie des *Culicoïdes*, influençant leur développement, leur activité, leur répartition géographique et leur capacité à transmettre des maladies telles que la FCO (Uslu et al., 2010)

Humidité: L'humidité atmosphérique est un élément crucial de l'environnement pour la biologie des *Culicoïdes*. Ces insectes dépendent d'un niveau adéquat d'humidité pour le développement de leurs stades immatures, notamment les œufs, les larves et les pupes. Une humidité insuffisante peut compromettre la viabilité des œufs et entraver l'éclosion des larves, réduisant ainsi la population de *Culicoïdes*. Cependant, des conditions d'humidité excessive peuvent également avoir des conséquences négatives en favorisant la croissance de compétiteurs ou de prédateurs des *Culicoïdes*. Les habitats de reproduction des *Culicoïdes* sont souvent associés à des zones humides telles que les marais, les zones côtières et les zones marécageuses, où la présence d'eau stagnante offre des conditions idéales pour leur développement (Belkharchouche, 2022). En résumé, l'humidité joue un rôle critique dans la survie, le développement et la distribution des *Culicoïdes*, et sa variation peut influencer la dynamique des populations de ces insectes et leur capacité à transmettre des maladies telles que la fièvre catarrhale ovine (FCO) (Uslu et al., 2010).

Précipitations: Les précipitations sont un facteur climatique déterminant pour la biologie des *Culicoïdes*. Elles influent directement sur la disponibilité de l'eau, un élément essentiel à la

survie et au développement de ces insectes. Les pluies abondantes peuvent créer des zones d'eau stagnante, telles que les marais, les zones côtières et les zones marécageuses, qui fournissent des habitats de reproduction favorables pour les *Culicoïdes*. Ces environnements humides sont propices à la ponte des œufs et au développement des larves, contribuant ainsi à la croissance des populations de ces insectes. Cependant, des précipitations excessives peuvent également submerger les habitats de reproduction, perturbant ainsi la viabilité des œufs et la survie des stades immatures. De plus, les périodes de sécheresse peuvent réduire la disponibilité des habitats de reproduction en asséchant les points d'eau, limitant ainsi les ressources nécessaires au développement des *Culicoïdes*. En somme, les précipitations jouent un rôle crucial dans la dynamique des populations de *Culicoïdes* en influençant la disponibilité de leurs habitats de reproduction et, par conséquent, leur capacité à proliférer et à transmettre des maladies telles que la fièvre catarrhale ovine (FCO) (Belkharchouche, 2022).

Vent: Le vent est un facteur climatique important qui influence la biologie des *Culicoïdes* de plusieurs manières. Tout d'abord, la vitesse et la direction du vent peuvent affecter les déplacements des *Culicoïdes*, notamment leur capacité à se déplacer sur de longues distances. Les vents forts peuvent limiter leur capacité de vol et de dispersion, ce qui peut restreindre leur mouvement vers de nouveaux habitats ou des zones de recherche de nourriture. Cependant, des vents plus faibles peuvent faciliter la dispersion des *Culicoïdes* sur de plus longues distances, augmentant ainsi le risque de propagation des maladies qu'ils transmettent (Uslu et al., 2010)

De plus, le vent peut influencer la dispersion des nuages de *Culicoïdes* infectés, qui sont transportés par le vent sur de grandes distances. Cela peut contribuer à la propagation de maladies telles que la fièvre catarrhale ovine (FCO) sur de vastes territoires, car les *Culicoïdes* infectés peuvent être transportés loin de leur site de reproduction d'origine. Le vent peut également affecter l'activité de vol des *Culicoïdes*. Des vents forts peuvent perturber leur vol et réduire leur activité de recherche de nourriture, tandis que des vents plus calmes peuvent favoriser leur activité de vol et augmenter les chances de contact avec des hôtes potentiels (Kabbout., 2007).

Photopériode : La photopériode, c'est-à-dire la durée du jour, est un facteur climatique crucial qui influence la biologie des *Culicoïdes*. Cette variable environnementale joue un rôle essentiel dans la régulation de leur activité saisonnière, de leur comportement de reproduction et de leur rythme circadien. Certains *Culicoïdes* sont plus actifs pendant les périodes de faible luminosité, tandis que d'autres préfèrent les conditions de luminosité plus élevée (Uslu et al., 2010).

La photopériode influence également le moment de l'émergence des adultes, ce qui peut avoir un impact sur la saisonnalité de l'activité des *Culicoïdes*. Par exemple, dans les régions où les jours sont plus longs, les *Culicoïdes* peuvent émerger plus tôt dans la saison et être plus actifs pendant une période prolongée. À l'inverse, dans les régions où les jours sont plus courts, leur activité peut être concentrée sur une période plus courte (Uslu et al., 2010).

I.7. Distribution géographique des *Culicoïdes* dans le monde

Les *Culicoïdes* sont présents à l'échelle mondiale, occupant une vaste gamme d'habitats sur tous les continents, à l'exception de l'Antarctique. Leur distribution géographique varie en fonction des espèces et des conditions environnementales locales. En Europe, en Amérique du Nord et du Sud, en Afrique, en Asie et en Océanie, ces insectes sont répartis dans une diversité d'écosystèmes, des zones côtières aux régions montagneuses, en passant par les zones désertiques et les forêts tropicales. Leur présence est particulièrement importante dans les zones où ils peuvent agir en tant que vecteurs de maladies virales chez les animaux, ce qui nécessite une surveillance et des efforts de contrôle pour limiter les risques pour la santé animale (Kabbout., 2007).

I.8. Les *Culicoïdes* d'Algérie

En Algérie, les *Culicoïdes* sont également présents et constituent un élément important de l'écosystème. Leur distribution dans le pays varie en fonction des conditions environnementales locales, notamment le climat, la géographie et les habitats disponibles. Les espèces de *Culicoïdes* présentes en Algérie sont diverses, mais certaines d'entre elles peuvent être des vecteurs de maladies animales telles que la fièvre catarrhale ovine (FCO), également connue sous le nom de « maladie de la langue bleue ». La surveillance de ces insectes est donc essentielle pour comprendre leur répartition géographique, leur abondance et leur potentiel en tant que vecteurs de maladies. Une meilleure connaissance des *Culicoïdes* en Algérie est nécessaire pour élaborer des stratégies de prévention et de contrôle des maladies animales associées à ces insectes (Belkharchouche., 2021).

Un réseau d'entomo-surveillance a été mis en place en 2003. Le nombre d'espèces trouvées dans les 18 départements investigués s'estiment par 47 en 2009 (Djerbal et Delécolle, 2009). De plus, 10 espèces sont rapportées pour la première fois dans la faune « *Culicoidienne* » d'Algérie ; il s'agit des espèces suivantes : *Culicoides montanus*, *C. punctatus*, *C. fascipennis*, *C. corsicus*, *C. ravus*, *C. clastrieri*, *C. festivipennis*, *C.kurensis*, *C. langeroni*, *C. paolae*. (Belkharchouche., 2021).

Chapitre II :

Matériel et Méthodes

II.1. Présentation de la région d'étude

II.1.1. Cadre géographique

Notre étude a été menée dans la wilaya de Mila qui est située dans le nord-est de l'Algérie. Elle est bordée au nord par la wilaya de Jijel, à l'ouest par la wilaya de Sétif, au sud par la wilaya de Batna, et à l'est par la wilaya d'Oum El Bouaghi. La wilaya de Mila est caractérisée par un paysage diversifié comprenant des montagnes, des plaines et des vallées, avec une économie principalement axée sur l'agriculture, l'industrie légère et le commerce.

Mila se situe approximativement entre $36^{\circ} 37' 30''$ et $35^{\circ} 52' 15''$ de la latitude Nord et $5^{\circ} 44' 13''$ et $6^{\circ} 32' 55''$ de longitude. (Abid, 2014) .

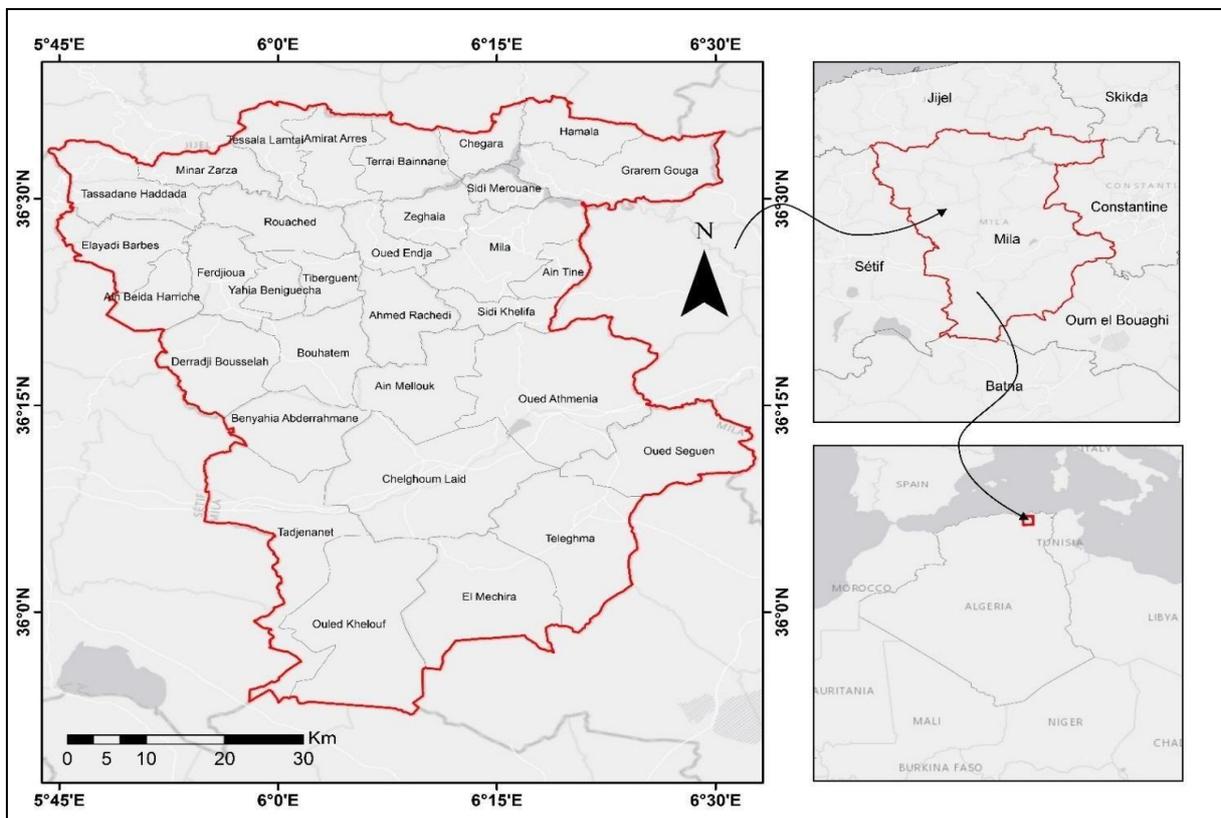


Figure 9: Situation géographique de la wilaya de Mila (Arcgis, 2022).

II.1.2. Cadre administratif

La ville de Mila est le chef-lieu de la wilaya. C'est le centre administratif et économique de la région. La wilaya de Mila est divisée en plusieurs daïras (circonscriptions administratives) et en communes. Les daïras sont des subdivisions de niveau intermédiaire entre la wilaya et les communes (Abid, 2014).

Tableau 1: Le découpage administratif de la région de Mila

Dairas	Communes
Mila	Mila- Ain Tine- Sidi Kkhlifa
Grarem Gouga	Grarem Gouga- Hamala
Sidi Merouan	Sidi Merouane- Chigara
Oued Endja	Oued Endja- Zeghaia- Ahmed Rachdi
Rouached	Rouached- Tiberguent
Terrai Beinen	Terrai Beinen- Amira Arres- Tassala Lamtai
Ferdjioua	Ferdjioua- Yehya Beni Guecha
Tassadane Hadada	Tassadane Hadada- Minar Zarza
Bouhatem	Bouhatem- DerahiBousselah
Ain Baidah Ahriche	Ain Baidah Ahriche- Ayadi Berbes
Telaghma	Telaghma- Oued Seguen - El M'chira
Chelghoum Laid	Chelgoum Laid- Oued Athmania- Ain Melouk
Tadjenanet	Tadjnanet- Ben Yahia Abdrehmane - Ouled Khlouf

II.1.3. Cadre démographique

La wilaya de Mila, comme toute division administrative, possède une composition démographique qui évolue au fil du temps. Quelques aspects du cadre démographique de cette région :

❖ **Population** : La population de la wilaya de Mila est constituée de divers groupes ethniques et linguistiques, principalement des Arabes, des Berbères, et des minorités d'origine européenne. La population totale de la wilaya est estimée à 865 370 habitants, soit une densité de 92.3habitants par Km² (Belkharchouche, 2021). Cette densité varie d'une commune à l'autre en raison de multiples spécificités régionales d'ordre économiques (agriculture, industrie et commerce), géomorphologiques (nature et reliefs des terrains) et administratives (superficie allouée à chaque commune lors du découpage administratif) (Abid, 2014).

❖ **Répartition géographique** : La population est répartie à travers les différentes communes de la wilaya, avec une concentration plus importante dans les centres urbains tels que

MilaFerdjioua, Grarem Gouga, et d'autres localités importantes. Les zones rurales ont également leur propre population dispersée dans des villages et des hameaux.

❖ **Dynamique démographique** : Comme dans de nombreuses régions d'Algérie, la wilaya de Mila a connu des changements démographiques au fil du temps, notamment des mouvements de migration interne, des variations du taux de natalité et de mortalité, ainsi que des changements dans la structure par âge de la population. Le nombre de femmes est légèrement plus élevé que celui des hommes, 408604 pour 401766. La population de la wilaya est relativement jeune, plus de 50 % est située dans la tranche d'âge allant de 1 à 24 ans, soit 420887habitants, pour un total de 810370 habitants. Les régions montagneuses du nord de la wilaya sont peuplées par des tribus berbères (Seddiki et al., 2013).

❖ **Santé** : En termes de santé, la wilaya de Mila est dotée d'établissements de santé, notamment des hôpitaux, des centres de santé, et des dispensaires, qui fournissent des services médicaux à la population locale.

II.1.4. Cadre climatique

La wilaya de Mila présente un climat méditerranéen, mais comme toute région, elle peut également être sujette à des microclimats, qui sont des variations locales des conditions climatiques.

❖ **Climat méditerranéen** : Le climat méditerranéen se caractérise par des étés chauds et secs, ainsi que des hivers doux et humides. À Mila, cela se traduit par des températures estivales élevées, souvent au-dessus de 35°C, et des températures hivernales plus douces, avec des gelées occasionnelles dans les zones montagneuses. Les précipitations sont principalement concentrées pendant les mois d'hiver, tandis que les mois d'été sont généralement secs (Ahmed, 2019)

❖ **Microclimats** :

- Humide, pour les reliefs montagneux du Nord et de la partie médiane, qui s'étend de Bouhatem à Aïn Tine.
- Semi-aride à subhumide, pour la partie médiane de la wilaya.
- Semi-aride, pour les « hautes plaines » (ANDI, 2013).

Les microclimats se forment en raison de variations locales dans les conditions géographiques, topographiques et environnementales. À la wilaya de Mila, plusieurs facteurs peuvent influencer la formation de microclimats.

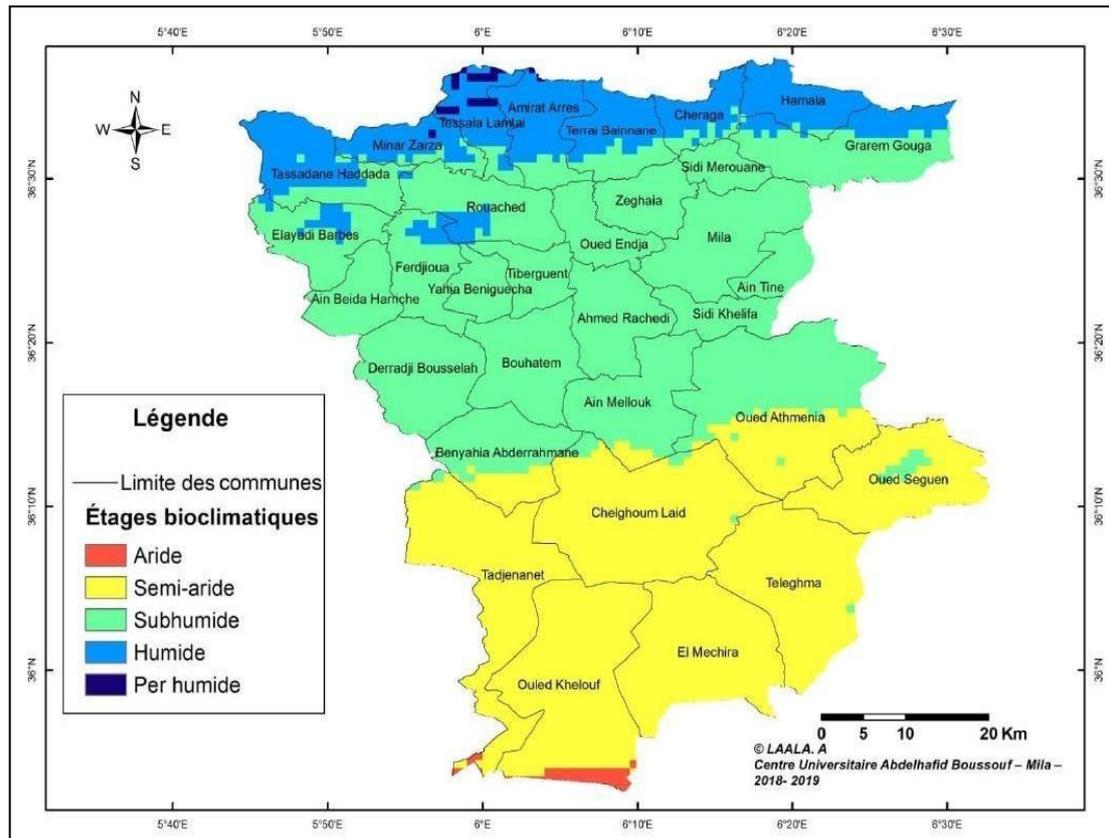


Figure 10 : Etages bioclimatiques de la wilaya de Mila (Laala et al., 2018).

II.1.4.1. Température

La wilaya de Mila, située dans la région nord-est de l'Algérie, connaît des variations saisonnières significatives de température. Une explication de la température dans cette région :

- ❖ **Température estivale** : Pendant la saison estivale, qui s'étend généralement de juin à septembre, La wilaya de Mila connaît des températures élevées. Les journées sont souvent chaudes et ensoleillées, avec des températures maximales moyennes qui peuvent dépasser les 35°C. Les températures les plus élevées sont généralement enregistrées pendant les mois de juillet et août (LAALA, 2019) .

- ❖ **Température hivernale** : Les mois d'hiver, de décembre à février, sont généralement plus doux à Mila. Les températures minimales moyennes peuvent descendre en dessous de 10°C, mais les gelées sont moins fréquentes dans les zones basses. Les températures hivernales restent généralement au-dessus de 0°C, mais dans les zones montagneuses, elles peuvent parfois descendre en dessous de zéro, entraînant des chutes de neige occasionnelles (LAALA, 2019).

- ❖ **Variations diurnes** : Les variations de température entre le jour et la nuit sont souvent significatives à Mila, en particulier pendant les mois d'été. Les journées chaudes sont souvent suivies de nuits plus fraîches, ce qui permet un certain rafraîchissement après les chaleurs de la

journée.(LAALA, 2019)

Tableau 2 : Températures mensuelles moyennes, maxima et minima de la wilaya de Mila durant la période d'étude (jan-Dec 2023).

<i>Ave- rage</i>	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<i>High</i>	55°F	57°F	62°F	67°F	75°F	85°F	92°F	91°F	84°F	75°F	64°F	57°F
<i>Temp.</i>	46°F	47°F	52°F	57°F	64°F	73°F	79°F	79°F	72°F	65°F	55°F	48°F
<i>Low</i>	39°F	40°F	43°F	47°F	54°F	61°F	67°F	67°F	62°F	55°F	47°F	41°F

II.1.4.2. Précipitations

La wilaya de Mila connaît des précipitations qui suivent généralement un schéma méditerranéen typique, avec une concentration plus importante pendant les mois d'hiver et des périodes plus sèches pendant les mois d'été. Quelques détails sur les précipitations dans cette région :

❖ **Saison des précipitations** : Les précipitations sont principalement concentrées pendant la saison hivernale, qui s'étend généralement de novembre à mars. Pendant cette période, la région reçoit la majeure partie de ses précipitations, sous forme de pluie, bien que des chutes de neige puissent également survenir dans les zones montagneuses les plus élevées. (Fella, 2019)

❖ **Quantité de précipitations** : Les précipitations annuelles moyennes dans la wilaya de Mila varient généralement entre 600 et 800 millimètres. Cette quantité peut varier d'une année à l'autre en fonction des conditions météorologiques régionales et des phénomènes climatiques tels que les épisodes de pluies torrentielles ou de sécheresse. (Fella, 2019)

❖ **Variabilité** : Bien que les précipitations soient généralement plus abondantes pendant la saison hivernale, leur répartition peut être variable d'une année à l'autre et même d'un mois à l'autre. Certaines années peuvent connaître des saisons des pluies plus intenses, tandis que d'autres peuvent être plus sèches. (Fella, 2019).

Tableau 3: Pluviométries mensuelles de la wilaya de Mila durant la période d'étude (jan-Dec 2023).

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Pluviométries	2.8"	2.3"	2.1"	2.0"	1.5"	0.7"	0.2"	0.5"	1.5"	1.8"	2.3"	2.8"

En ce qui concerne les méthodes de relevé, de collecte, de tri et d'identification des spécimens, il est essentiel de souligner l'importance de la précision et de la cohérence dans l'exécution de ces étapes pour garantir la fiabilité des données obtenues.

II.1.4.3. L'humidité relative

L'humidité relative dans la wilaya de Mila est plus élevée en hiver qu'en été. Une valeur supérieure à 79 % est enregistrée durant la période d'étude (2018-2019). Ces valeurs mensuelles sont élevées grâce à l'apport de l'humidité provenant du barrage de Beni-Haroun.

(Fella, 2019)

Tableau 4 : Pourcentages de l'humidité relative de la wilaya de Mila durant la période (Jan- Dec 2023).

	Jan	fev	mars	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
L' humidité	69	50	40	30	25	20	60	40	36	66	64	69

II.1.4.4 Les vents

Le vent est l'un des facteurs écologiques limitant dans certains biotopes. Il a un rôle mécanique remarquable dans la répartition et leur degré d'activité des insectes (Belkhrchouche, 2014). Le vent est un facteur omniprésent dans la région de Mila parfois violent (effet venturi). Les vitesses mensuelles du vent dans notre région au cours de la période d'étude sont présentées au tableau 05. (Fella, 2019)

Tableau 5: Valeurs mensuelles de la vitesse du vent de la wilaya de Mila durant la période (jan-Dec 2023).

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
vitesse du vent	8.5	8.5	8.2	7.9	7.1	6.8	6.8	6.8	6.8	7.2	8.1	8.6

II.1.4.5. Analyse climatique

La wilaya de Mila, caractérisée par un climat méditerranéen, connaît des étés chauds et secs avec des températures dépassant souvent les 35°C, tandis que les hivers sont doux et humides, avec des gelées occasionnelles dans les zones montagneuses. Les précipitations, concentrées principalement pendant les mois d'hiver, varient entre 600 et 800 mm par an, avec des mois d'été généralement secs. L'humidité relative est plus élevée en hiver en raison des précipitations et diminue en été avec la chaleur. Les vents dominants proviennent du nord-ouest, apportant de l'air frais pendant l'hiver, tandis que les microclimats peuvent varier en fonction de la topographie et d'autres facteurs locaux. Une analyse approfondie de ces paramètres climatiques est essentielle pour comprendre les conditions météorologiques de la région et leur impact sur l'agriculture, l'environnement et d'autres aspects de la vie locale.

Il existe plusieurs indices et diagrammes qui permettent de caractériser le régime climatique d'une région donnée, dans notre cas, ces indices sont utilisés pour définir les changements observés sur le climat de la région de Mila. Nous avons choisi les méthodes suivantes : le diagramme pluvio-thermique et le diagramme pluviométrique de L. Emberger.

II.1.4.5.1. Diagramme pluviaux thermique de Gaussen

Le diagramme pluvio-thermique de Gaussen est un graphique qui représente les variations saisonnières de la température et des précipitations sur une année donnée. Sur ce diagramme, les précipitations sont généralement représentées par des barres verticales, tandis que la température est représentée par une courbe horizontale.

Afin de définir les saisons sèches et humides de la région de Mila. Nous avons établi le diagramme pluvio-thermique et une représentation graphique des températures et des précipitations moyennes mensuelles pour une station donnée, permettent de mettre en évidence les périodes sèches et humides de l'année. Il comporte un axe horizontal où sont placés les 12 mois de l'année et deux axes verticaux, un à gauche pour les précipitations et à droite pour les

températures, selon des graduations standardisées : une graduation de l'échelle des précipitations correspond à deux graduations de l'échelle des températures ($P = 2T$) (Chebbah et Kabour, 2018).

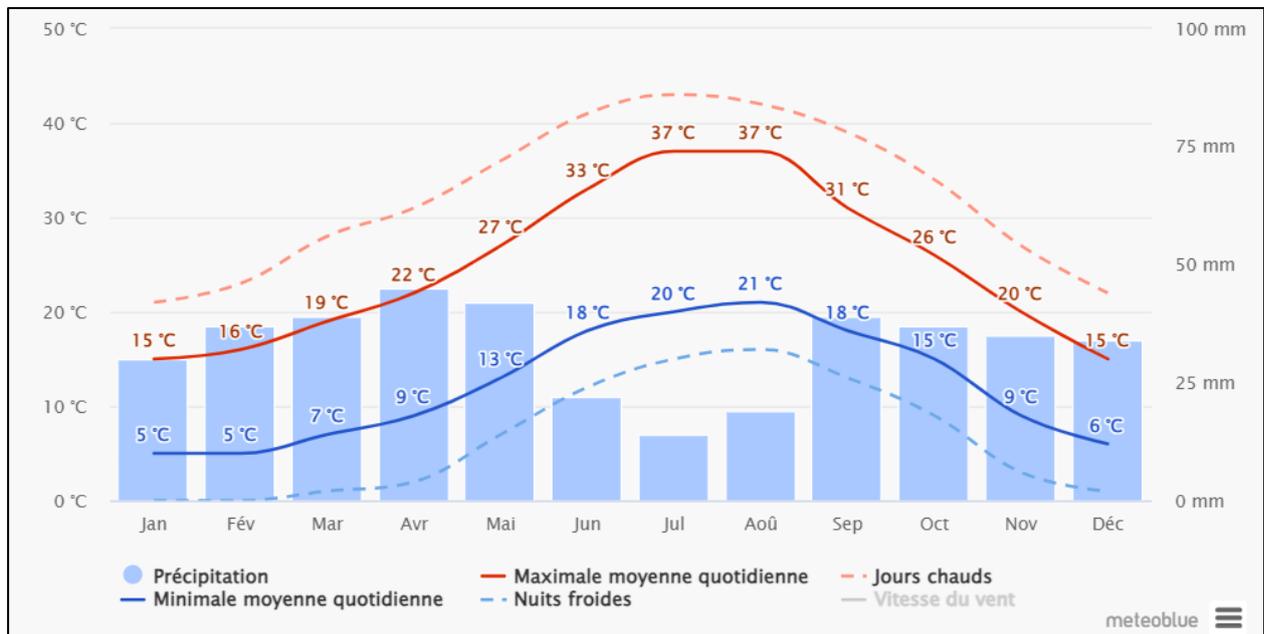


Figure 11: Diagramme de précipitations de la région de Mila (Jan-Dec 2023).

II.1.4.5.2. Climagramme et quotient pluviométrique d'Emberger

Le diagramme pluviothermique d'Emberger (Q2) a pour objet de donner un descripteur quantitatif du climat d'un biotope donné (Ramade, 2008). C'est un abaque qui comporte en ordonnées les valeurs de Q2 et en abscisse la moyenne des minima de la saison froide (en °C). Il comporte cinq étages bioclimatiques : humide, subhumide, aride, semi-aride et saharien, et 4 variantes thermiques : à hiver froid pour $m < 0^{\circ}\text{C}$; à hiver frais pour $0 < m < 3^{\circ}\text{C}$; à hiver doux ou tempéré pour $3 < m < 5^{\circ}\text{C}$ et à hiver chaud pour $m < 7^{\circ}\text{C}$ (Chebbah et Kabour, 2018).

Le quotient pluviométrique a été mis en évidence par Emberger (1955), puis il a été simplifié par Stewart (1969) selon la formule suivante :

$$Q2 = 3,43 \cdot P / M - m$$

- Q2 : quotient pluviométrique d'Emberger
- P : est la moyenne des précipitations annuelles exprimées en mm.
- M : est la moyenne des températures maxima du mois le plus chaud exprimées en °C.
- m : est la moyenne des températures minima du mois le plus froid exprimées en °C. (Nadia, 2022)

Les valeurs des températures et la valeur du quotient calculé sur 10 années de la région d'étude sont mentionnées dans le tableau 06.

Tableau 6: Les valeurs des moyennes des T° max, T° m (°C), P (mm) et Q2 (période 2010-2023) dans la région de Mila.

<i>Années</i>	M (C°)	m (C°)	P (mm)	Q2
2010	35	6,8	1030	125,219326
2011	34,5	4,5	745,8	85,2698
2012	35,4	1,4	550,1	55,4953824
2013	34,2	3	929,8	102,218397
2014	33,4	4,5	654,7	77,7031488
2015	36,3	2,2	773,2	77,7734897
2016	34,3	6	534	64,7215548
2017	36,1	8	399	48,7035587
2018	36,3	7,2	454	53,5127148
2019	33,1	3,8	663	77,6139932
2020	34,5	4,3	532	71.6158940
2021	33,6	6,4	412	54.1470588
2022	35,2	3,7	645,1	81.4765075
2023	36,1	6,2	761,9	62.4675572
<i>Moyenne</i>	35,03	4,9	709	72.1334163

En portant les valeurs de Q2 et de m sur le climagramme, il en ressort que la région de Mila se localise dans un étage bioclimatique sub-humide à hiver doux (fig.11).

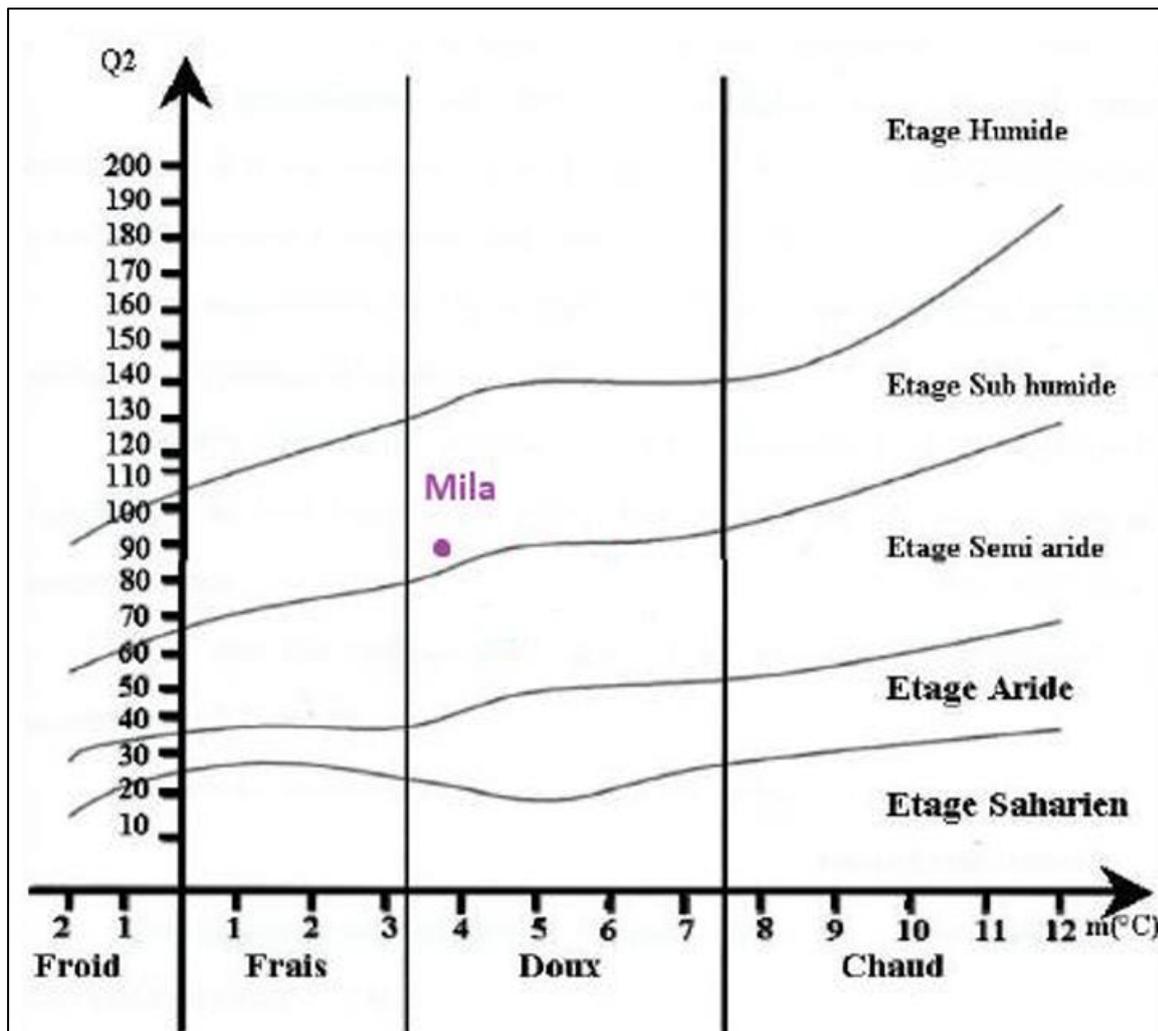


Figure 12: Situation de la région de Mila dans le climagramme d'Emberger (2010-2023).

II.2. Choix de la région d'étude

Le choix de la région de Mila pour mener une étude sur les espèces de Culicoides et leur diversité est justifié par plusieurs facteurs :

❖ **Variété de microclimats et paysages** : La wilaya de Mila est caractérisée par une grande variété de microclimats et de paysages, ce qui crée des conditions environnementales diverses et favorables à une grande diversité d'espèces, y compris les insectes. Les microclimats peuvent influencer la distribution des espèces de Culicoides et leur abondance, donc étudier cette région permettrait de mieux comprendre leur écologie.

❖ **Richesse en biodiversité** : La région de Mila est réputée pour sa riche biodiversité, tant en termes de flore que de faune. Cette diversité biologique peut également influencer la présence et la distribution des espèces de Culicoides, car ces insectes peuvent être liés à certains habitats ou types de végétation spécifiques.

❖ **Manque de recherche antérieure** : Bien que la wilaya de Mila soit une région agricole

importante avec une grande population rurale, les études sur la faune de Culicoides dans cette région sont rares. Par conséquent, il existe un besoin criant de recherche pour combler cette lacune de connaissances et mieux comprendre la dynamique des populations de ces insectes dans cette région spécifique.

❖ **Risque de transmission de maladies** : En raison de sa grande population rurale et de son importante production agricole, notamment avec un grand nombre de têtes de bétail, la wilaya de Mila présente un terrain favorable à la propagation de maladies à transmission vectorielle, telles que la fièvre catarrhale ovine (FCO) et la fièvre du Nil occidental (FNO), qui peuvent être transmises par les Culicoides. Par conséquent, une étude sur la diversité des espèces de Culicoides dans cette région pourrait contribuer à mieux comprendre les risques de transmission de ces maladies et à proposer des mesures de contrôle appropriées.

II.2.1. Description des sites de captures

Le cadre de notre étude est représenté par la région de Mila située dans le Nord-Est algérien. Les investigations menées se sont étalées sur trois mois (Février -Avril) de l'année 2024. Nous avons prospecté 6 sites.

A. Vieux Mila : Situé dans la ville de Mila, ce site présente une variété de microhabitats, notamment des zones résidentielles, des espaces verts urbains, des jardins et des parcs. La présence de bâtiments, de routes et d'autres infrastructures urbaines peut influencer la distribution des espèces de Culicoides.

B. Terrain Bainane : Ce site est probablement plus rural que Vieux Mila, avec une combinaison de terres agricoles, de pâturages et de zones boisées. Les terres agricoles comprennent des cultures de céréales, des vergers et des vignobles, offrant une diversité d'habitats pour les Culicoides. Les pâturages peuvent être utilisés pour le pâturage du bétail, ce qui peut également influencer la présence des insectes.

C. Tassadane Haddada : Cette zone est caractérisée par des paysages semi-arides ou arides, avec une végétation claire semée et des conditions environnementales plus sèches. Les Culicoides présents dans cette région peuvent être adaptés à des habitats plus arides et peuvent être associés à des zones de broussailles ou de buissons.

D. Chelghoum Laid : Cette région comprend une combinaison de terres agricoles, de zones boisées et de zones résidentielles. Les terres agricoles peuvent être utilisées pour la culture de céréales, de légumes ou d'autres cultures, tandis que les zones boisées peuvent abriter une variété d'espèces végétales. La présence de rivières ou de plans d'eau à proximité peut également influencer la présence des Culicoides.

E. Tadjenanet : Ce site peut être similaire à Chelghoum-Laid en termes de composition du paysage, avec une combinaison de terres agricoles, de zones boisées et de zones résidentielles.

La proximité de rivières ou de plans d'eau peut également être un facteur important pour la présence des Culicoides dans cette région.

F. Derrahi Bouselah : Ce site est plus rural, avec une prédominance de terres agricoles et de pâturages. Les terres agricoles peuvent être utilisées pour la culture de céréales, de légumes ou d'autres cultures, tandis que les pâturages peuvent être utilisés pour le pâturage du bétail. La présence de rivières ou de plans d'eau à proximité peut également influencer la présence des insectes.



Figure 13: Sites de piégeages

Tableau 7: Description des sites de piégeages de *Culicoides* dans la wilaya de Mila (2024).

<i>Sites de piégeage</i>	Type desite	Les coordonnées géographiques	Altitude(m asl)	Type de spécimens collectés	Localisationdu piège	Les animauxà proximité
<i>Vieux Mila</i>	Subrbuaine	36.451064 °N 6.278281 °E	448	<i>Culicoides</i>	à l'intérieurde l'abri des moutons	Chèvres
<i>Terai-Baynane</i>	Rurale	36°33'47.2"N 6°09'22.9"E	790	<i>Culicoides</i>	à l'intérieur de l'abri des moutons	Bovins
<i>Tadjnanet</i>	Suburbaine	36°07'29.9"N5° 59'15.1 "E	848	<i>Culicoides</i>	à l'intérieurde l'abri des moutons	Ovins, chevauxbovins
<i>Chelgoum-Laid</i>	Rurale	36°14'01.4"N 6°07'12.1"E	812	<i>Culicoides</i>	à l'intérieur de l'abri des moutons	Ovins
<i>Derahi-Bouslah</i>	Rurale	36°19'01.2"N 5°55'34.7"E	667	<i>Culicoides</i>	à l'intérieurde l'abri des moutons	Bovins
<i>Tassadane Haddada</i>	Rurale	36.3745° N 6.1203° E	921	<i>Culicoides</i>	à l'intérieur de l'abri des moutons	Bovins

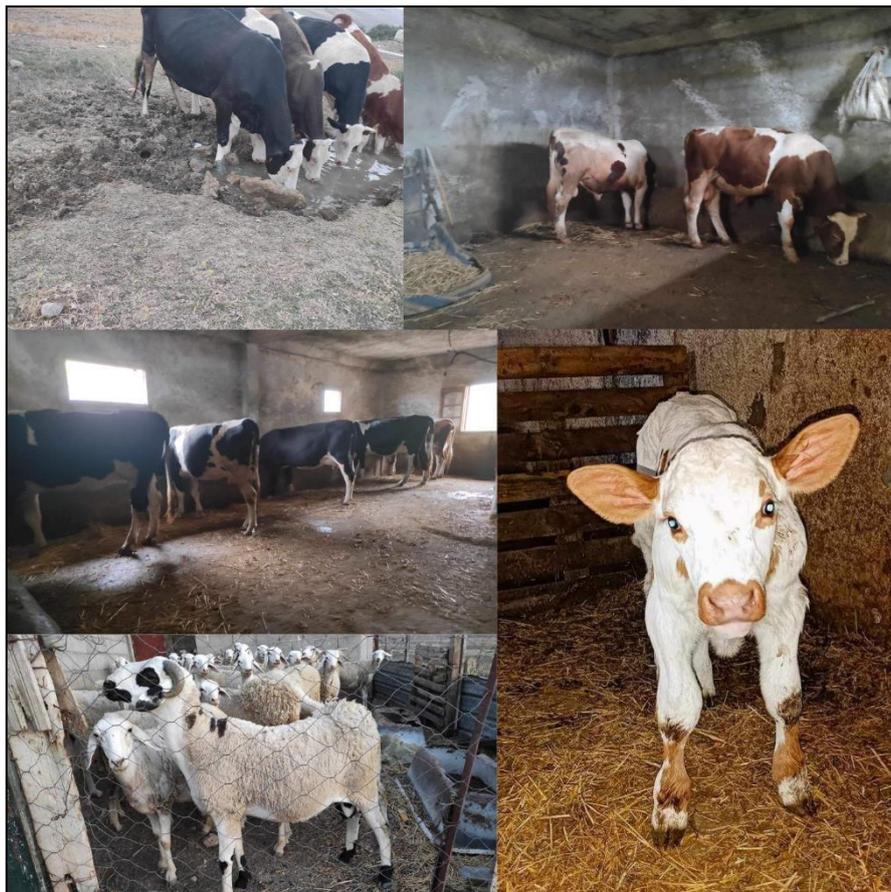


Figure 14: Quelques photos des sites de piégeages (photos originales).

II.2.2. Type de piégeage utilisé

La méthode la plus fructueuse pour capturer les *Culicoides* et obtenir le meilleur rendement est généralement la capture au piège lumineux, notamment en utilisant une ampoule de faible intensité, connue sous le nom de piège CDC.

Capture au piège lumineux repose sur l'utilisation de sources lumineuses pour attirer les insectes volants, y compris les *Culicoides*. Les pièges lumineux sont souvent placés dans des endroits stratégiques, tels que des zones où les insectes sont susceptibles d'être abondants, comme près des habitations, des pâturages ou des zones humides.

Ampoule de faible intensité (piège CDC) : Les pièges CDC (Centers for Disease Control and prévention) sont des dispositifs de capture spécialement conçus pour attirer les insectes vecteurs de maladies. Ils utilisent généralement une ampoule de faible intensité, ce qui signifie qu'elle émet une lumière moins vive mais suffisante pour attirer les insectes. Cette intensité lumineuse réduite peut être plus attrayante pour certains types d'insectes, y compris les *Culicoides*, par rapport aux ampoules plus lumineuses.

La capture au piège lumineux avec une ampoule de faible intensité, telle que le piège CDC, s'est avérée être une méthode très efficace pour collecter les *Culicoides*. Cette méthode

permet de capturer une grande variété d'espèces et peut fournir un échantillonnage représentatif de la population locale d'insectes.

Les pièges lumineux, en particulier ceux utilisant des ampoules de faible intensité, présentent plusieurs avantages. Ils sont relativement faciles à installer et à utiliser, nécessitant peu de manipulation une fois en place. De plus, ils peuvent fonctionner pendant de longues périodes sans nécessiter beaucoup d'entretien.



Figure 15: Piège lumineux de type CDC utilisé dans notre étude (photos originales).

II.2.3. Relevé et collecte des spécimens

L'étude actuelle consiste à inventorier la faune *Culicoidienne* dans la région Mila, et vise à évaluer l'aspect bio-écologique (composition, diversité et abondance) afin de mieux comprendre leur biodiversité dans notre région d'étude.

Installation des pièges CDC : Les pièges de captures de type lumineux sont installés au niveau des différentes fermes, à raison d'un piège par site. Les pièges sont installés en respectant les protocoles standards pour assurer une collecte efficace des spécimens (Slama, 2015).

Collecte régulière des spécimens : Les pièges CDC sont laissés en place pendant une période déterminée, généralement une nuit ou plusieurs nuits consécutives. Ils sont régulièrement inspectés et les spécimens de *Culicoides* capturés sont collectés à intervalles réguliers, par exemple tous les matins. Dans notre cas, ils sont mis le soir avant le coucher du soleil et

récupérés à l'aube (Slama, 2015).

II.2.4. Tri et identification des espèces.

Une fois que les spécimens de *Culicoides* ont été collectés à l'aide du piège CDC, ils doivent être triés et identifiés jusqu'au niveau de l'espèce.

Les captures de toutes sortes sont ramenées au laboratoire des Sciences Naturelles et Matériaux (LSNM) au sein de centre universitaire A. BOUSSOUF de Mila, dans des contenants collecteurs. Les échantillons ainsi collectés sont stockés dans l'éthanol à 70% dans des contenants bien étiquetés (date, nom du site, emplacement de piège), puis conservés au réfrigérateur à l'abri de la lumière jusqu'à leur identification (Slama, 2015).

De retour au laboratoire, les moucheron piégés sont pré-triés à l'aide d'une loupe binoculaire. Les spécimens collectés sont d'abord triés pour éliminer les autres insectes non ciblés qui peuvent avoir été capturés dans le piège. Les spécimens de *Culicoides* sont séparés des autres insectes et regroupés pour faciliter le processus d'identification, en les mettant à nouveaux dans des tubes en plastiques contenant l'éthanol 70%.



Figure 16: *Culicoides* sous la loupe binoculaire (photo originale).

II.2.5. Indices écologiques de composition et de diversité

❖ **Composition spécifique :** La composition spécifique se réfère à la liste des espèces présentes dans un échantillon ou une zone donnée. Pour évaluer la composition spécifique, on peut simplement compter le nombre d'espèces différentes présentes dans l'échantillon ou utiliser des mesures plus sophistiquées telles que l'indice de Simpson ou l'indice de Shannon.

❖ L'indice de Simpson mesure la probabilité qu'un individu choisi au hasard dans l'échantillon

appartienne à la même espèce. Plus l'indice de Simpson est élevé, plus la diversité spécifique est faible (Slama, 2015).

❖ L'indice de Shannon prend en compte à la fois le nombre d'espèces présentes et leur abondance relative dans l'échantillon. Il est souvent considéré comme un meilleur indicateur de la diversité spécifique car il tient compte de la richesse spécifique et de l'équitabilité des espèces présentes.

❖ **Diversité spécifique** : La diversité spécifique se réfère à la variété et à la répartition des espèces dans un échantillon ou une zone donnée. Elle peut être évaluée à l'aide d'indices de diversité qui prennent en compte à la fois le nombre d'espèces présentes et leur abondance relative.

❖ L'indice de Simpson et l'indice de Shannon, mentionnés précédemment, sont tous deux des mesures couramment utilisées pour évaluer la diversité spécifique. En général, une plus grande diversité spécifique indique un écosystème plus complexe et résilient. (Slama, 2015)

❖ **Interprétation des indices** : L'interprétation des indices écologiques de composition et de diversité dépend du contexte spécifique de l'étude et des objectifs de recherche. Par exemple, une faible diversité spécifique peut indiquer une perturbation ou un impact environnemental, tandis qu'une forte diversité spécifique peut indiquer un écosystème sain et équilibré.

❖ **Utilisation des indices** : Les indices écologiques de composition et de diversité sont largement utilisés dans la recherche en écologie pour évaluer la santé des écosystèmes, surveiller les changements environnementaux, évaluer l'efficacité des mesures de conservation et comparer la biodiversité entre différentes régions ou écosystèmes. (Slama, 2015)

II.2.6. Analyse en composantes principales (ACP)

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une technique statistique utilisée pour explorer et résumer la structure des données multivariées.

L'objectif principal de l'ACP est de réduire la dimensionnalité des données tout en préservant autant que possible l'information contenue dans ces données. Cela permet de simplifier l'analyse des données en identifiant les structures et les tendances sous-jacentes qui peuvent être difficiles à détecter dans des données multidimensionnelles.

L'ACP repose sur la transformation des variables originales en un nouvel ensemble de variables, appelées composantes principales. Ces composantes principales sont des combinaisons linéaires des variables originales qui capturent le maximum de variance dans les données. En d'autres termes, la première composante principale représente la direction dans laquelle les données varient le plus, la deuxième composante principale représente la direction dans laquelle les données varient le plus après avoir retiré la première composante principale, et ainsi de suite.

suite.

Les étapes générales de l'ACP sont les suivantes :

- ❖ **Standardisation des données :** Les données sont généralement standardisées pour que chaque variable ait une moyenne de zéro et un écart type de un. Cela permet de donner à toutes les variables le même poids dans l'analyse. (Slama, 2015)
- ❖ **Calcul des composantes principales :** Les composantes principales sont calculées en utilisant une technique d'algèbre linéaire appelée décomposition en valeurs singulières (SVD) ou la méthode des vecteurs propres de la matrice de covariance des données.
- ❖ **Sélection des composantes principales :** Seules les premières composantes principales, qui expliquent la plupart de la variance des données, sont conservées pour l'analyse. La proportion de variance expliquée par chaque composante principale est souvent utilisée pour déterminer combien de composantes principales doivent être conservées. (Slama, 2015)
- ❖ **Interprétation des résultats :** Les composantes principales sont interprétées en examinant les charges des variables originales sur chaque composante principale. Les variables qui ont des charges élevées sur une composante principale contribuent le plus à cette composante principale et peuvent être interprétées comme étant corrélées ou importantes dans la structure des données. (Slama, 2015)

II.3. Étude écologique

Afin d'exploiter nos résultats relatifs à la faune Culicoideennes inventoriées, nous avons préalablement estimé les indices écologiques suivants. Ceux-ci nous ont permis de caractériser, même grossièrement, leur distribution dans les différentes stations pendant la période d'étude.

II.3.1. Abondance relative (AR %)

La dominance des espèces de Culicoides a été estimée par l'abondance relative (RA %), exprimée par la formule :

$$RA \% = n_i / N \times 100$$

n_i = le nombre de spécimens pour chaque espèce ;

N = le nombre total de spécimens capturés $\times 100$ (Zeroual et al., 2016).

II.3.2. Occurrence ou degré de présence (C)

Pour connaître le modèle de distribution (C %) des moucheron piqueur *Culicoides* ainsi que la dimension de la distribution spatiale dans la zone d'étude sélectionnée, nous devons estimer préalablement le modèle d'occurrence (C %) qui est exprimé par le rapport entre le nombre de sites positifs contenant les spécimens de chaque espèce (P_i) et le nombre total de sites d'étude positifs (P) $\times 100$ (Kabou et al., 2014).

$$C (\%) = P_i / P \times 100$$

p_i : nombre de relevés contenant l'espèce étudiée.

p : nombre total des relevés effectués.

Selon (Gherbi et al., 2020), les valeurs d'occurrence ont été classées en cinq groupes : Le modèle de distribution de l'espèce est sporadique si ($C = 0 - 20\%$), peu fréquent si ($C = 20,1 - 40\%$), modéré si ($C = 40,1 - 60\%$), fréquent si ($C = 60,1 - 80\%$) ou constant si ($C = 80,1 - 100\%$).

II.3.3. Richesse spécifique (RS)

Elle a été déterminée par le nombre total d'espèces capturées par site (Spellerberg et Fedor, 2003).

II.3.4. L'indice de diversité de Simpson (IS)

L'indice de diversité de Simpson (IS), a été utilisé afin d'évaluer la biodiversité spécifique, qui peut être exprimée par la relation entre le nombre d'espèces et le nombre de spécimens simultanément

$$IS = 1 / (\sum P_i^2)$$

où P_i est la proportion de l'espèce i dans un site donné ($P_i = R_i / 100$) (Kabou et al., 2014).

II.3.5. Équitabilité (E)

Nous calculons l'équitabilité afin d'estimer la distribution organisationnelle de la population de *Culicoides* à l'intérieur de chaque communauté de site, selon la formule suivante :

$$E = (IS - 1) / (SR - 1)$$

Lorsque E oscille entre 0 (dominance d'une espèce) et 1 (toutes les populations d'espèces équitablement distribuées) (Zeroual et al., 2016).

II.4. Analyses statistiques

Tout d'abord, il faut bien déterminer quelles analyses statistiques sont les plus appropriées pour répondre aux questions de recherche spécifiques et pour tirer des conclusions pertinentes à partir des données collectées. Cela peut inclure des analyses de la diversité des espèces, des tests de corrélation ou de régression pour explorer les relations entre les variables, des analyses de variance (ANOVA) pour comparer les moyennes entre différents groupes, des analyses de régression linéaire pour modéliser les relations entre les variables, ou d'autres techniques statistiques pertinentes.

Chapitre III :

Résultats et discussion

III.1. Inventaire faunistique des *Culicoides* recensés dans la région de Mila

III.1. 1. Composition des communautés des espèces de *Culicoides*

Durant l'année 2024 de février à avril, des captures de *Culicoides* se sont déroulées sur 6 sites municipaux localisés dans la région de Mila du nord-est algérien. Un total de 651 spécimens sont capturés et identifiés, dont 632 femelles et 19 mâles.

L'inventaire faunistique a révélé, que l'ensemble des spécimens collectés appartenant à la famille des Ceratopogonidae et le genre des *Culicoides*, est divisé sur trois sous-genres et 10 espèces. La liste systématique des espèces recensées est rapportée comme suit (tableau 08).

Tableau 8: Liste globale des espèces de *Culicoides* récoltées dans la région de Mila.

Famille	Sous- famille	Genre	Sous- genre	Espèces
<i>Ceratopogonidae</i>	<i>Ceratopogoninae</i>	<i>Culicoides</i>	<i>Avaritia</i>	<i>C. imicola</i>
				<i>C. kingi</i>
			<i>Beltranmyia</i>	<i>C. circumscriptus</i>
			<i>Culicoides</i>	<i>C. newsteadi</i>
				<i>C. pulicaris</i>
				<i>C. panctatus</i>
				<i>C. parroti</i>
				<i>C. sahariensis</i>
				<i>C. gejjelensis</i>
			<i>C. obsoletus complexe</i>	

Les informations sur l'abondance et la composition spécifique du genre *Culicoides* en Algérie sont rares. Pour cela La présente étude a exposé la composition et la diversité des espèces *Culicoides* dans la région de Mila. OÙ de la liste de contrôle des 59 *Culicoides*, rapporté en Algérie (Belkharchouche et al., 2020), 10 espèces sont capturées et identifiées à savoir : *C. imicola*, *C. kingi*, *C. circumscriptus*, *C. newsteadi*, *C. pulicaris*, *C. panctatus*, *C. parroti*, *C. sahariensis*, *C. gejjelensis* et *C. obsoletus complexe*.

La présente étude a confirmé la grande diversité des espèces de *Culicoides* (10 espèces) para port à la superficie de notre région d'étude qui considéré relativement petite. Cette grande diversité pourrait être interprétée par la présence de sites de reproduction potentiels et propices et de matière organique humide à proximité des sites d'échantillonnage. Nos résultats

concordent avec des enquêtes récentes dans la province de Tiaret (ouest de l'Algérie) où plus de 30 espèces de *Culicoides* ont été identifiées (Belkharchouche et al., 2020).

III.1.2. Description des espèces recensées

III.1.2.1. *Culicoides imicola*

Culicoides imicola, une espèce de mouches piqueuses, présente une aile mesurant environ 1,1 mm. Ses larves se développent dans des zones humides à microhabitats boueux, trouvées le long des rives des étangs et des zones contaminées par des fèces animales, se nourrissant principalement de matières organiques telles que des bactéries et des protozoaires. Son cycle de vie, allant de la larve à l'adulte, peut durer de 15 jours à plusieurs mois, avec une diapause hivernale. Les adultes vivent environ 20 jours, formant de grands essaims pour la copulation en vol. Son activité s'étend généralement de mai-juin à novembre-décembre, bien que dans les régions plus chaudes, les adultes puissent être présents presque toute l'année. Présente dans les régions du Proche-Orient, de l'Afrique du Nord et tropicale, ainsi que dans certaines parties de l'Europe méditerranéenne, *Culicoides imicola* est un vecteur important de maladies telles que la fièvre catarrhale du mouton, la peste équine, la maladie hémorragique épizootique et le virus Akabane, avec des implications médico-vétérinaires significatives (Conte, 2003).

❖ Description morphologique et distribution de la femelle de *C. imicola*

- Ailes avec des taches sombres bien définies, aux contours nets (a). Macrotriches non abondantes sur l'aile.
- Yeux soudés non pubescents (b).
- Antennes avec sensilles coeloconiques sur les articles 3 et de 11 à 15, occasionnellement sur l'article 11.
- Troisième palpe maxillaire (c), avec une fosse sensorielle de taille petite à moyenne d'aspect circulaire.
- Deux spermathèques ovoïdes fonctionnelles de taille similaire et une rudimentaire (d).

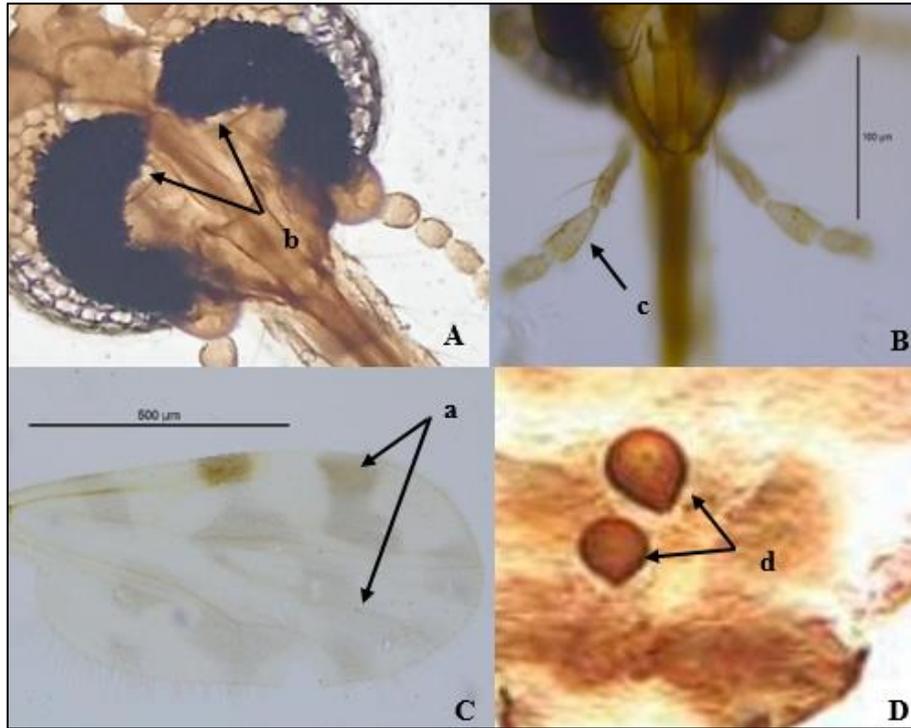


Figure 17: Critères d'identification morphologique de *C. imicola* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

III.1.2.2. *Culicoides kingi*

Culicoides kingi, une espèce répandue dans diverses régions du monde telles que l'Afrique, l'Asie, l'Europe et certaines parties de l'Amérique du Nord, est souvent associée à des habitats humides tels que les zones boisées, les marais et les rivières. Son cycle de vie comprend quatre stades, les femelles ayant besoin de sang pour nourrir leurs œufs, les rendant potentiellement vectrices de maladies. Actives au crépuscule et pendant la nuit, elles recherchent des hôtes pour se nourrir. Bien que moins étudiée que d'autres espèces de *Culicoides*, *Culicoides kingi* peut être un vecteur potentiel de maladies virales chez les animaux, nécessitant davantage de recherches pour comprendre son rôle exact. Cette espèce est souvent associée à des habitats humides, où les larves se développent dans des substrats organiques en décomposition, tandis que des facteurs environnementaux tels que la température et l'humidité influencent leur distribution. La surveillance et le contrôle de ces populations peuvent être essentiels pour réduire le risque de transmission de maladies, impliquant l'utilisation d'insecticides et la gestion des habitats larvaires (Slama, 2021).

Description morphologique et distribution de la femelle de *C. kingi*

– Le corps de la femelle est mince et élancé, avec une coloration généralement foncée ou brunâtre. Elles ont une apparence semblable à celle d'autres moucheron.

- La tête est équipée de pièces buccales adaptées pour percer et sucer. Ces pièces buccales sont utilisées pour se nourrir de sang, ce qui est une caractéristique commune chez les femelles de nombreux types de moucheron, y compris les Culicoides.
- Les antennes de la femelle sont souvent plus courtes que celles du mâle et sont équipées de structures sensorielles spécialisées pour détecter les hôtes et les ressources alimentaires.
- Comme chez la plupart des moucheron, les femelles de *Culicoides kingi* possèdent deux paires d'ailes membranaires.

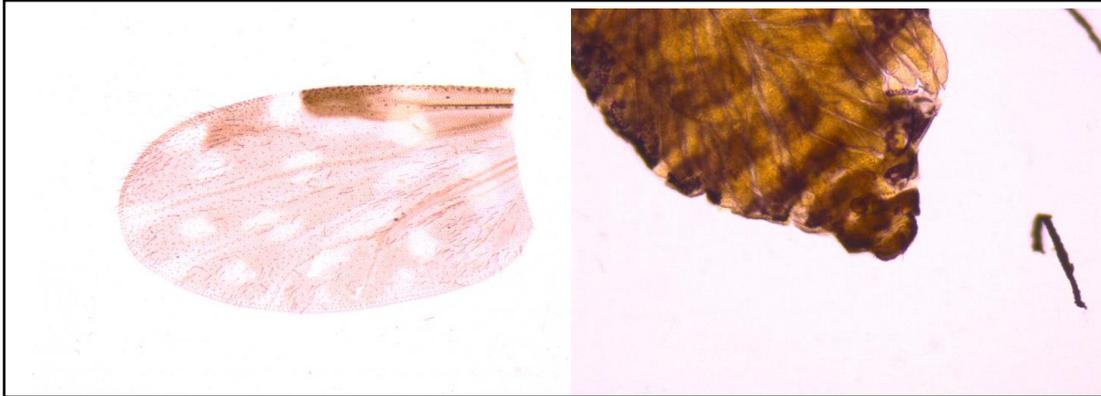


Figure 18: Critères d'identification morphologique de *C. kingi* ♀

III.1.2.3. *Culicoides circumscriptus*

Culicoides circumscriptus, une espèce de mouches piqueuses, se distingue par son motif alaire unique et des caractéristiques morphologiques particulières, mesurant en moyenne 2,2 mm avec des ailes de 1,6 mm. Ses larves sont souvent trouvées dans des zones de boue riche en matières organiques, telles que les barrages, les eaux stagnantes et les petites mares. Bien qu'elle se nourrisse probablement du sang des oiseaux, elle a également été observée sur des mammifères tels que les chevaux, les buffles et les crapauds (Veiga, 2018).

Description morphologique et distribution de la femelle de *C. circumscriptus*

- Ailes avec d'abondantes taches rondes claires sur fond sombre (a), qui donnent à l'aile un aspect caractéristique. La nervure rm présente une petite tache noire sur fond clair qui caractérise cette espèce (b). Macrotriches abondantes sur toute l'aile.
- Yeux séparés et non pubescents (c).
- Antennes avec des sensilles coeloconiques sur les articles 3 à 14.
- Troisième palpe maxillaire volumineux avec une grande fossette sensorielle profonde de contour défini (d). Présence d'ornementation post-pharyngienne. C'est une bosse avec des tubercules et de chaque côté de celle-ci apparaissent deux structures filiformes qui rejoignent latéralement le postpharynx.

- Une seule grande spermathèque ovoïde fonctionnelle (e).

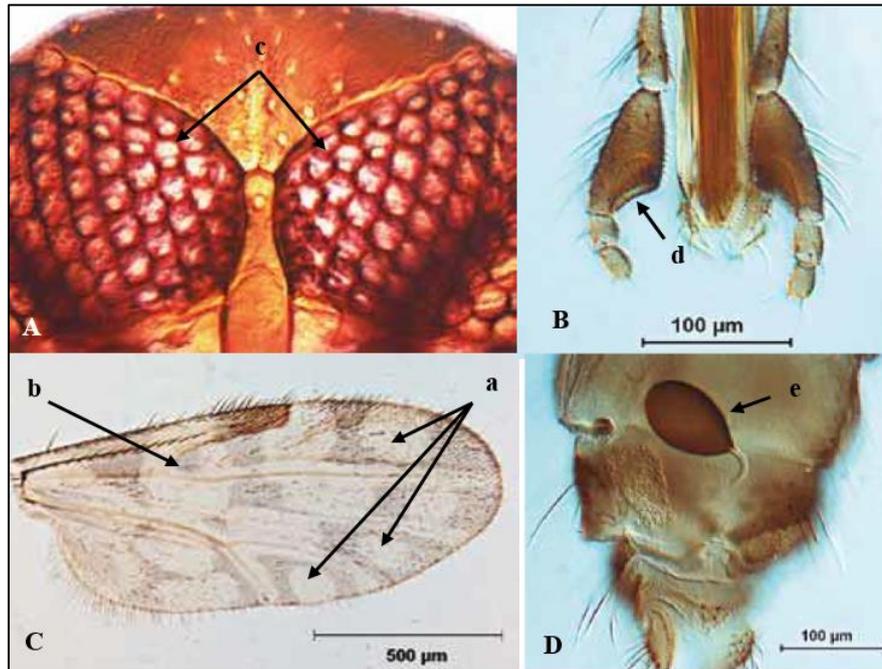


Figure 19: Critères d'identification morphologique de *C. circumscriptus* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).

III.1.2.4. *Culicoides newsteadi*

Culicoides newsteadi, mesurant environ 2,1 mm avec une envergure d'aile de 1,45 mm, est une espèce de mouches piqueuses se nourrissant du sang des animaux, y compris des humains, ce qui peut causer de sérieux problèmes dans certaines régions. Ses larves se développent dans les bords boueux des étangs et des mares, et les adultes forment des essaims d'accouplement où les mâles et les femelles se rencontrent. Répandue dans les régions paléarctique, du Proche-Orient et de l'Afrique du Nord, elle est présente en Europe, de l'Irlande à la Russie, avec une distribution variable dans les pays d'Europe centrale et orientale. En Algérie, elle a été recensée dans diverses collections et est considérée comme un vecteur potentiel du virus de la fièvre catarrhale du mouton (Meiswinkel, 2004).

❖ Description morphologique et distribution de la femelle de *C.newsteadi*

- Ailes pâles avec des taches sombres bien définies (a). Le site des marges apicales des veines m1, m2 et m3 est claires.
- Les yeux sont soudés par une petite suture et ne sont pas pubescents (b).
- Antennes avec sensilles coeloconiques sur les articles 3 et 11 à 15.

- Troisième palpe maxillaire subcylindrique légèrement épaisse et avec plusieurs petits trous sensoriels (c).
- Deux spermathèques sphériques fonctionnelles de taille similaire et une rudimentaire, ou bien les trois sont fonctionnelles (d).

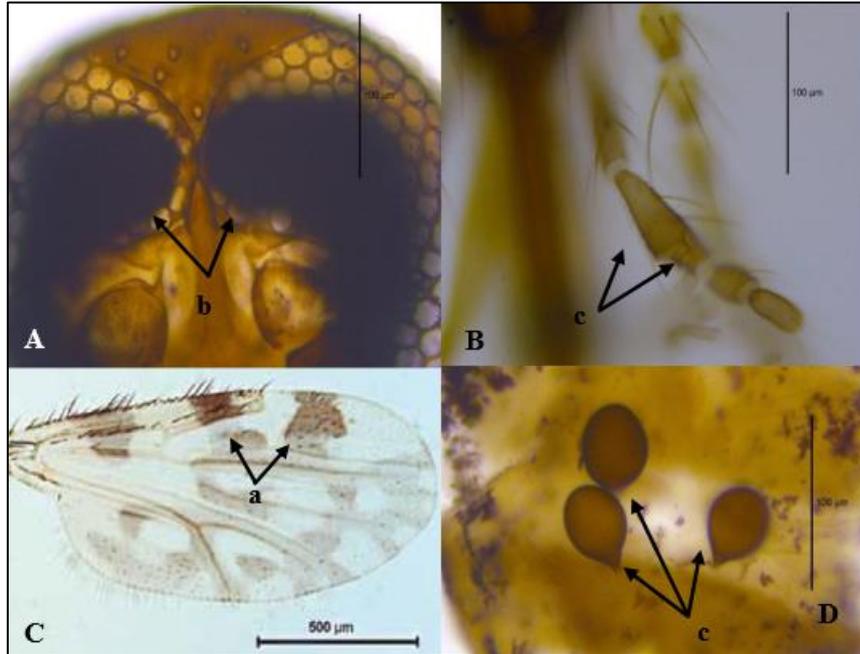


Figure 20: Critères d'identification morphologique de *C.newsteadi* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

❖ Description morphologique et distribution du mâle de *C.newsteadi*

- Neuvième tergite convexe avec deux processus apicolatéraux courts, pointus et convergents courtes.
- Neuvième sternite plus ou moins droit. Apodemes (coccytes ventraux) courts et pointus.
- Corps de l'édéage chitineux d'aspect triangulaire allongé. Paramères séparés avec apex soyeux. La face interne de la partie médiane du style basal présente nombreuses soies courtes, épaisses et dentelée.

III.1.2.5. *Culicoides pulicaris*

Culicoides pulicaris, une espèce de grande taille mesurant environ 3 mm avec une envergure d'aile de 1,5 mm, a des larves qui habitent divers habitats tels que les zones boueuses. Ces mouches forment des essaims pour la copulation, principalement en juin et juillet au Pays basque. Distribuée dans les régions paléarctique, du Proche-Orient, d'Afrique du Nord et tropicale, elle est bien répartie en Espagne et au Portugal, et signalée au Maroc et en Algérie. Impliquée dans la transmission du virus de la fièvre catarrhale du mouton et du virus de la peste équine en Espagne et en Sicile (Gonzalez et al., 2004), elle est également associée à des

maladies allergiques chez les chevaux au Royaume-Uni. *Culicoides pulicaris* se nourrit de divers animaux, y compris les moutons, les chevaux, les buffles et le sang humain (Bartsch, 2009).

❖ **Description morphologique et distribution de la femelle de *C. pulicaris***

- Ailes claires avec des taches ponctuées sombres bien défini et distribué sur l'aile (a). Bords apicaux des veines m1, m2 et m3 sont sombres. Macrotriches dispersés sur toute l'aile.
- Yeux non pubescents, soudés sur une assez grande longueur (b).
- Antennes avec sensilles céloconiques sur l'arc 3 et de 11 à 15.
- Troisième palpe maxillaire subcylindrique, légèrement épaissi avec plusieurs petites fosses sensorielles réparties dans la partie médio-distale (c).
- Deux spermathèques fonctionnelles sphériques/ovoïdes de taille égale et une rudimentaire (d).

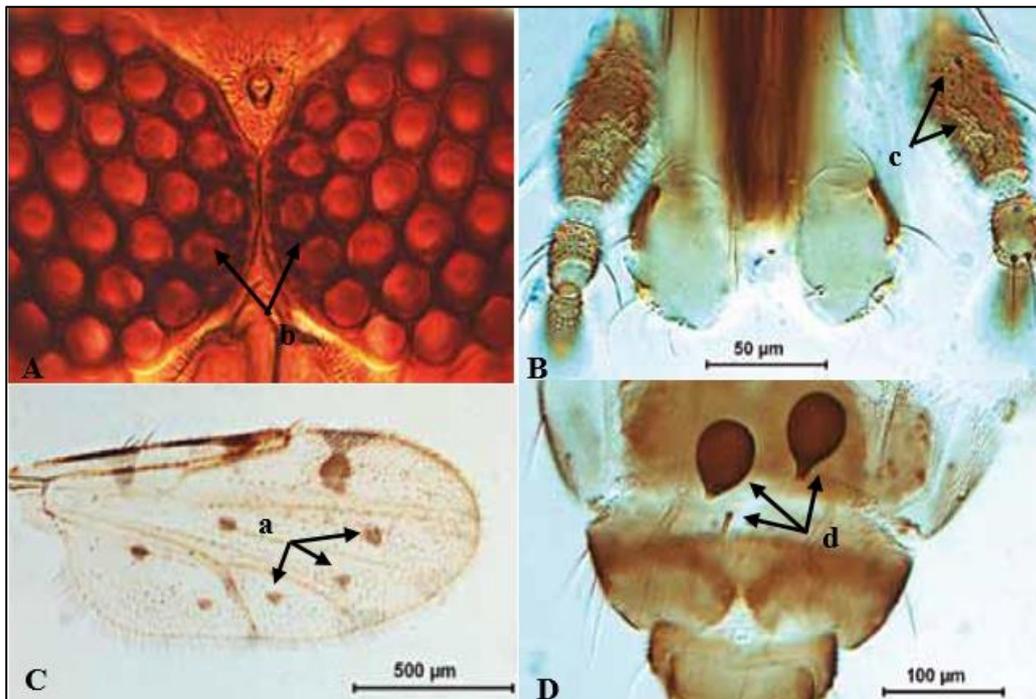


Figure 21: Critères d'identification morphologique de *C. pulicaris* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).

III.1.2.6. *Culicoides punctatus*

Culicoides punctatus, une espèce mesurant environ 2,2 mm avec une envergure d'aile de 1,5 mm, présente une préférence marquée pour se nourrir de mammifères. Elle semble se reproduire en compagnie du complexe pulicaris, formant probablement des essaims pour la copulation. Son habitat s'étend de la partie paléarctique jusqu'à la Mongolie, le Proche-Orient,

l'Afrique du Nord et tropicale. Signalée pour la première fois en Algérie, cette espèce est endémique et est suspectée de transmettre la maladie de la langue bleue en Europe et en Afrique du Nord. Bien que le virus de la fièvre catarrhale du mouton n'ait pas encore été isolé chez cette espèce, il est soupçonné de vivre et de se comporter de manière similaire à *Culicoides pulicaris* (Lassen, 2012).

❖ **Description morphologique et distribution de la femelle de *C. punctatus***

- Ailes pâles avec des taches sombres bien délimitées (a), dont certaines sont punctiformes.
- Marges apicales des veines m1, m2 et m3 claires. Macrotriches dispersées sur toute l'aile.
- Yeux soudés et non pubescents (b).
- Antennes avec sensilles sensilles coeloconiques sur les articles 3 et 11 à 15.
- Troisième palpe maxillaire subcylindrique, légèrement épaisse avec plusieurs petites fosses Sensorielles (c).
- Deux spermathèques fonctionnelles sphériques de taille égale (d), et une rudimentaire.

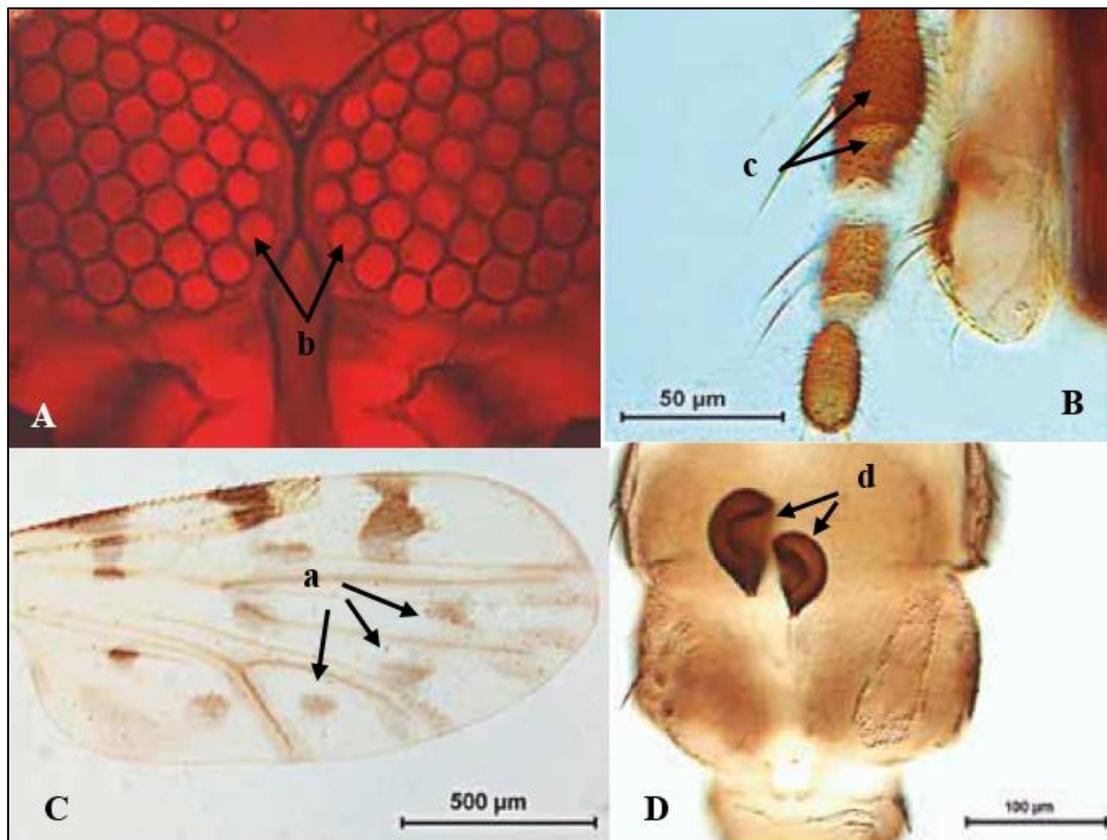


Figure 22: Critères d'identification morphologique de *C. punctatus* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).

❖ **Description morphologique et distribution du mâle de *C. punctatus***

- Aile du mâle semblable à celle de la femelle.
- Neuvième tergite convexe avec deux processus apicolatéraux courts, pointus et convergents.
- Neuvième sternite dépourvu d'une membrane basale spéculée. Apodèmes (coccytes ventraux) courts et pointus (a).
- Corps de l'édéage chitineux d'aspect triangulaire allongé (b). Paramères séparés avec apex soyeux (c). Face interne de la partie médiane basale du style basal avec de nombreuses soies courtes, grossières et dentelées.
- *C. newsteadi* diffère de *C. punctatus* principalement par la présence d'une tache allongée à la base de la veine m2, qui est souvent si développée qu'elle rejoint la veine m2, est souvent si développée qu'elle rejoint les veines m2 et m1. Les organes génitaux des mâles sont très similaires chez *C. newsteadi* et *C. punctatus* et, par conséquent, l'indice le plus discriminant est celui qui permet d'identifier les mâles (González et Goldarazena, 2011).

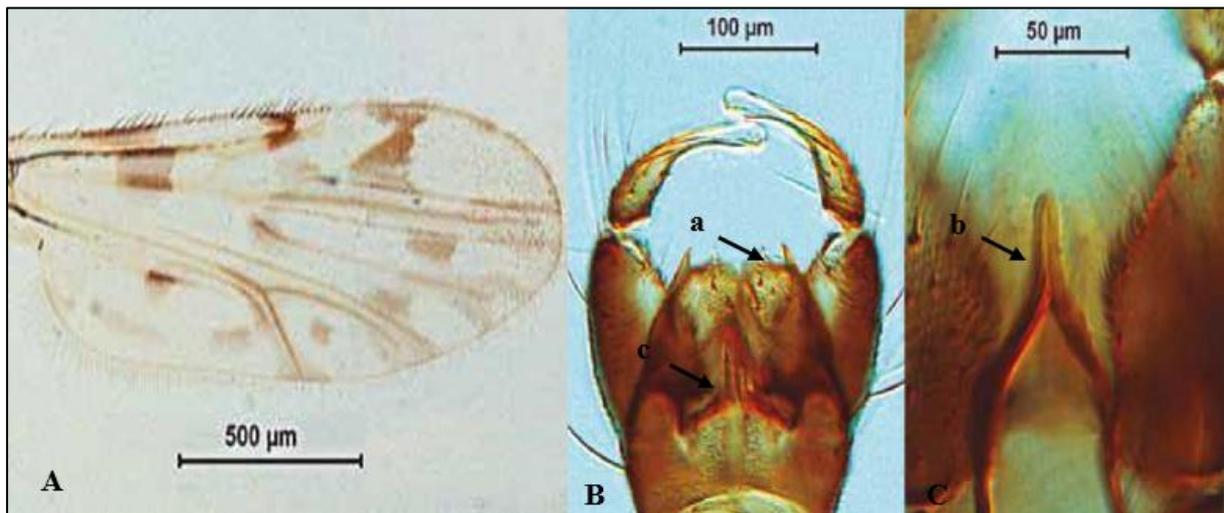


Figure 23: Critères d'identification morphologique de *C. punctatus* ♂ ; (A) Aile ; (B) Génitalia ; (C) Edéage (González et Goldarazena, 2011).

III.1.2.7. *Culicoides parroti*

Culicoides parroti, mesurant environ 2,5 mm avec une envergure d'aile de 1,48 mm, est une espèce présente dans divers habitats, des algues vertes flottantes d'un petit étang aux sols humides et boueux le long des cours d'eau. Les larves ont été retrouvées parmi les algues, tandis que les adultes se nourrissent principalement du sang de chevaux et de bovins, avec des observations en Italie rapportant des centaines de femelles s'alimentant sur ces animaux au cours des mois de mai et juin. Répandue dans les régions paléarctique, du Proche-Orient et de l'Afrique du Nord, elle est présente en Europe, notamment en Espagne, au Portugal, en Algérie,

au Maroc et en Tunisie. Bien que son implication dans la transmission du virus de la fièvre catarrhale du mouton n'ait pas été démontrée, il est important de considérer son potentiel vecteur, étant donné sa similitude avec *Culicoides sonorensis*, principal vecteur aux États-Unis (Augot, 2013).

❖ **Description morphologique et distribution de la femelle de *C. parroti***

- Les ailes sont complètement blanc cassé, à l'exception d'une tache foncée proéminente dans la région radiale (a), avec des macrotriches distribuées partout sur la surface de l'aile qui se détachent sur le fond transparent.
- Yeux modérément séparés et non pubescents (b).
- Antennes avec des sensilles celloconiques dans les articulations 3 et 8 à 10.
- Troisième palpe maxillaire subcylindrique avec une fosse sensorielle circulaire aux contours plus ou moins définis (c).
- Une seule spermathèque fonctionnelle en forme de rein (d).

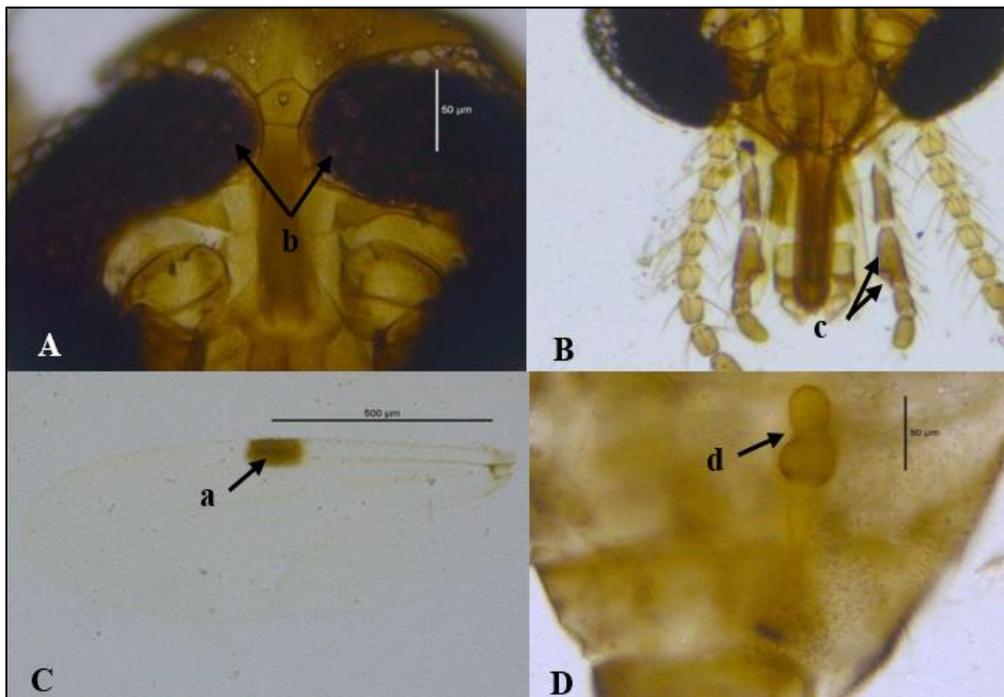


Figure 24: Critères d'identification morphologique de *C. parroti* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

III.1.2.8. *Culicoides sahariensis*

Culicoides sahariensis présente une aile mesurant environ 1,25 mm pour les femelles et 1,20 mm pour les mâles, bien qu'il n'y ait pas de publication sur la description morphologique de ses larves appartenant au sous-genre *Synhelea*, ce qui complique la comparaison avec

d'autres stades immatures. Les larves de *C. sahariensis* sont trouvées dans les boues le long des rives dépourvues de végétation. Cette espèce est présente en Europe, en Italie, ainsi qu'en Afrique, en Tunisie et au Maroc, et signalée en Algérie à Biskra, Blida et dans le Nord-Ouest algérien à Tiaret (Hakima, 2020).

❖ **Description morphologique et distribution de la femelle de *C. sahariensis***

- Aile tachetée a des caractéristiques bien définies. La deuxième cellule radiale est recouverte d'une tache relativement sombre (a). Macrotriches nombreuses réparties sur toute la surface de l'aile.
- Les yeux nus, séparés par une ligne étroite (b).
- Antennes avec sensilles céloconiques sur les articles 3 et 5 et de 11 à 15.
- Troisième palpe maxillaire modérément gonflé avec une fossette sensoriel large et peu profonde (c).
- Deux grandes spermathèques ovoïdes fonctionnelles subégales (d), avec un pédicelle (e) très bien développé, et une petite spermathèque rudimentaire digitiforme (f).

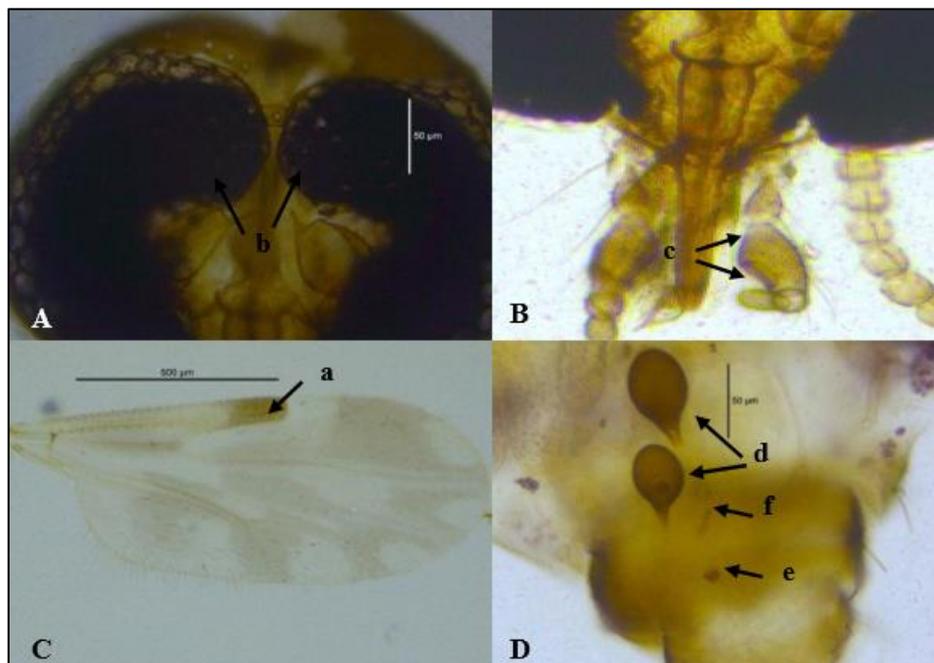


Figure 25: Critères d'identification morphologique de *C. sahariensis* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

III.1.2.9. *Culicoides gejjelensis*

Culicoides gejjelensis, une espèce de taille moyenne mesurant environ 2 mm avec une envergure d'aile de 1,3 mm, se reproduit dans la boue avec peu de matière organique près des cours d'eau, autour des barrages et dans les roselières. Répandue dans les régions paléarctique, du Proche-Orient et de l'Afrique du Nord, elle est présente en Europe, notamment en France,

en Corse, en Italie, en Sicile, en Croatie, en Bosnie, en Ukraine et à la limite de la Russie, signalée également en Andalousie en Espagne. On la trouve aussi au Portugal, en Algérie, au Maroc et en Tunisie (Kadjoudj, 2022).

❖ **Description morphologique et distribution de la femelle de *C. gejjelensis***

- Ailes sombres avec des taches claires (a), sur les parties distales de R5, M1, M2, Cu et deux grandes taches irrégulières sur An. En plus d'une tache dans la zone 2, une autre sur la zone 1 et la veine r-m, une autre sur la partie basale de M2 et M1 et dans l'arcule. Macrotriches abondantes dans toute l'aile. La deuxième cellule radiale est entièrement sombre (d).
- Yeux séparés et non pubescents (c).
- Antennes avec sensilles coeloconiques sur les articles de 3 à 15.
- Troisième palpe maxillaire épaisse (d), avec une grande fosse sensorielle peu profonde, nettement délimité avec un contour large (e).
- Deux spermathèques fonctionnelles ovoïdes et une petite rudimentaire (f).

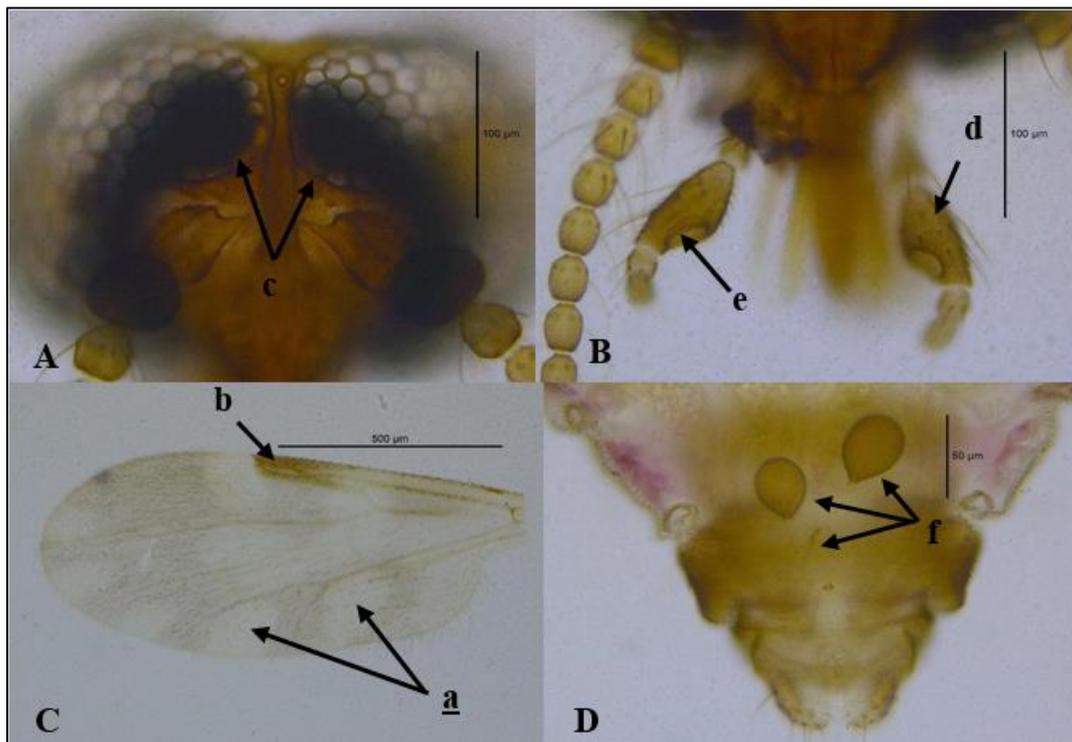


Figure 26: Critères d'identification morphologique de *C. gejjelensis* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

III.1.2.10. *Culicoides obsoletus* complexe

Culicoides obsoletus, une espèce de taille moyenne mesurant environ 1,9 mm avec une envergure d'aile de 1,09 mm, se trouve dans une grande variété d'habitats tels que les marais, les marécages, la litière de feuilles, la végétation en décomposition, les tas de fumier et les sols

organiques. Elle a été trouvée dans des trous d'arbres humides, des dépôts d'eau stagnante et en bordure de marais à végétation arbustive. Répartie dans les régions paléarctique, du Proche-Orient, néarctique et de l'Afrique du Nord, elle est présente en Europe de la Grande-Bretagne à la Russie et du Maroc à Israël en passant par l'Afrique du Nord. Elle est largement répandue et très commune en Espagne, surtout dans le nord de la péninsule, présente au Portugal, en Tunisie, au Maroc et en Algérie. Les espèces de ce complexe sont généralement anthropophiles et sont incriminées dans la transmission de la fièvre catarrhale du mouton (FCO). En Algérie, *C. obsoletus* a également été discuté comme vecteur potentiel de la FCO (Nolan, 2007).

❖ **Description morphologique et distribution de la femelle de *C. obsoletus***

- Aile beige claire à taches claires souvent mal délimitées (a). Macrotriches peu abondants disposées sur le bord alaire et la partie distale de l'aile.
- Yeux soudés et non pubescents (b).
- Les articles d'antenne de forme subcylindrique avec sensilles coeloconiques sur les articles 3 et 11 à 15.
- Troisième segment palpé avec une fosse sensorielle de taille moyenne à petite et d'apparence circulaire (d).
- Présence de deux spermathèques fonctionnelles égaux ou légèrement subégaux et une rudimentaire (e).

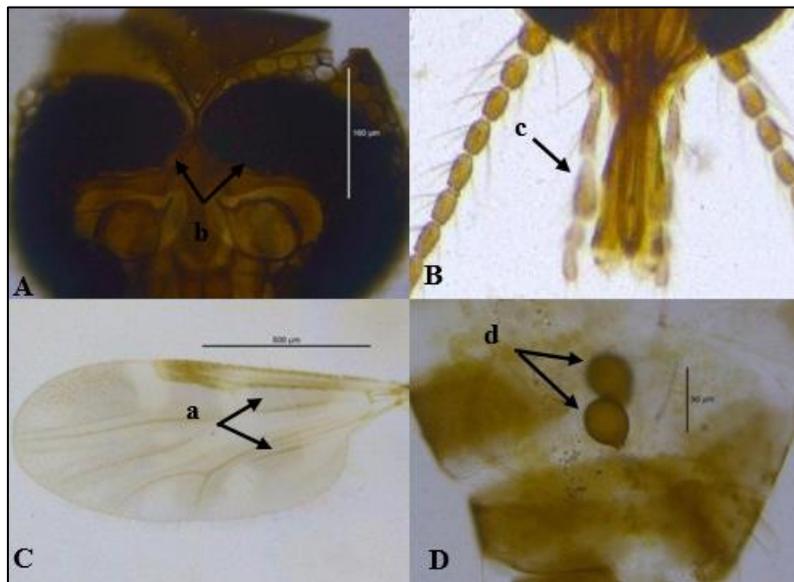


Figure 27: Critères d'identification morphologique de *C. obsoletus* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

❖ **Description morphologique et distribution du mâle *C. obsoletus***

obsoletus - Aile semblable à celle de la femelle.

- Antenne : sensilles coeloconiques présentes sur les articles 3, 13 à 15. Présence de deux sensilles trichoides longues sur les articles 3 à 6, une sur les articles 7 et 9, rarement une sur le huitième article.
- Neuvième tergite sans processus apicolatéraux ni lobes.
- Neuvième sternum traversé par une suture étroite, mais non séparé en deux parties indépendant (a). Pas de spicules sur la membrane basale. Apodèmes (coccyx ventral) épais, long, recourbé et à bout arrondi (b).
- Corps d'édéage petit et chitineux. Paramètres relativement courtes et séparées, avec des pointes recourbées et soyeuses (c).

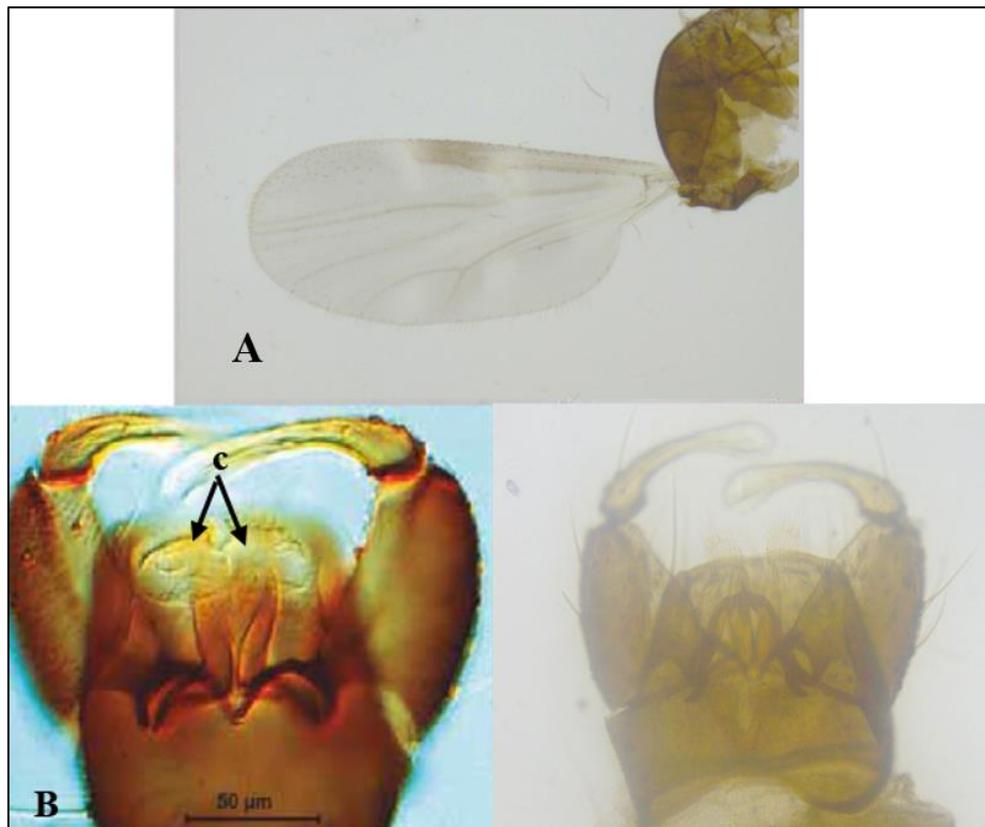


Figure 28: Critères d'identification morphologique de *C. obsoletus* complexe ♂ ; (A) Aile ; (B) Génitalia ; (C) Edéage (González et Goldarazena, 2011).

III.1.3. Structure bio-écologique des *Culicoides* recensées

III.1.3. 1. Répartition des *Culicoides* selon le sous-genre

Selon la figure 28 on constate nettement que la majorité des spécimens capturés étaient des membres du sous-genre *Culicoides* et qu'il est le plus dominant dans tous les pièges. En effet, il représente (72 %) de l'ensemble de la collection, suivi par *Avaritia* (19 %), et *Beltranmyia* (7%).

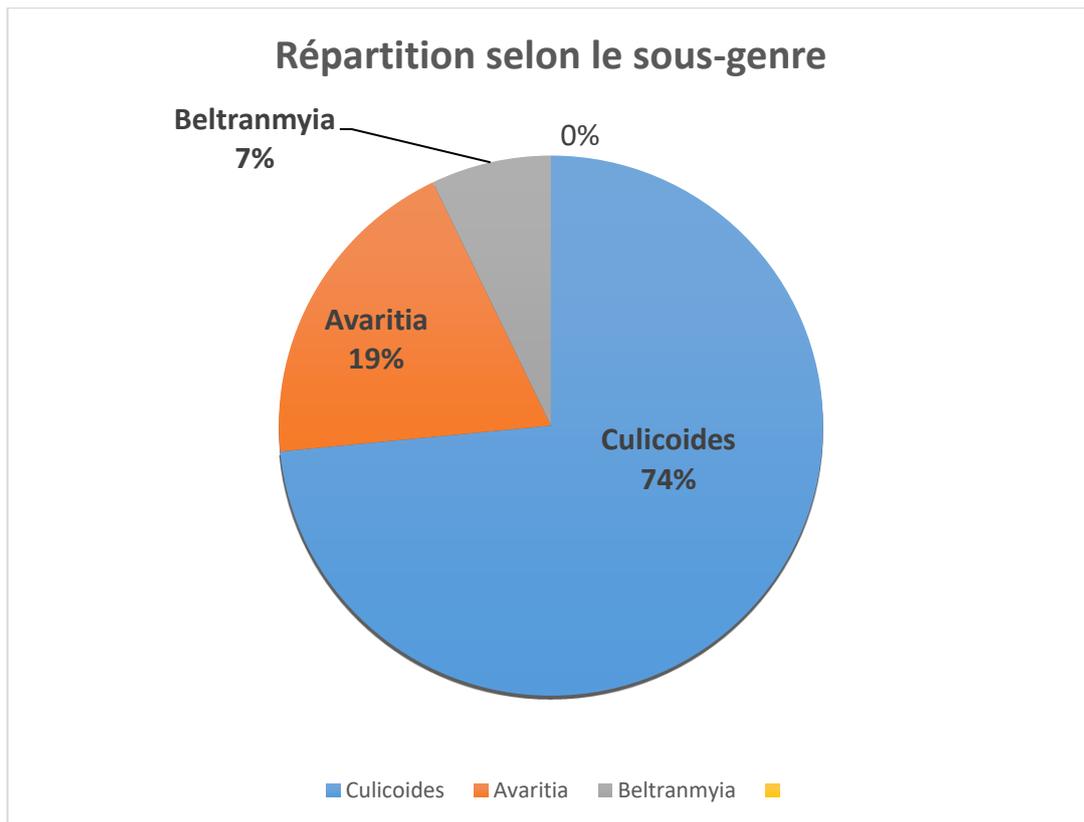


Figure 29: Répartition des Culicoides collectés selon le sous-genre.

D'après l'étude récente de Belkherchouche et al., (2020) la liste de contrôle des Culicoides en Algérie est estimée par 59 espèces. Notre faune récoltée composée de 10 espèces représente un taux de 16,94 %.

Nos résultats corroborent ceux de Belkherchouche et al., (2020) qui signalent que le sous genre Culicoides domine largement avec 71,91% dans la région d'Oum-El-Bouaghi. Par contre, nos résultats contrastent avec ceux obtenus dans deux régions de l'Est-algérien, Oum-El-Bouaghi et Tébessa par Kebout (2017) où le groupe Avaritia domine très clairement avec 49,90 % par rapport aux autres sous-groupes.

Notre étude a révélé que le sous-genre Culicoides dominait largement, représentant 71,91% des spécimens collectés. Ce résultat est en accord avec celui de Belkherchouche et al. (2020), qui a également signalé une prédominance marquée du sous-genre Culicoides dans la région d'Oum-El-Bouaghi. En revanche, nos résultats contrastent avec ceux de Kebout (2017), qui a observé une domination du groupe Avaritia dans d'autres régions de l'Est algérien, atteignant jusqu'à 49,90%. En termes de diversité spécifique, notre étude a documenté la présence de 10 espèces de Culicoïdes sur les 59 répertoriées en Algérie, ce qui représente 16,94% du total. Cette faible diversité relative pourrait indiquer des variations locales dans la composition des communautés de Culicoïdes, soulignant l'importance de considérer les facteurs

géographiques et environnementaux dans l'étude de ces vecteurs potentiels de maladies virales chez les bovins.

En comparaison, au Maroc, d'après l'étude de Chaker et al. (2018), le sous-genre *Avaritia*, notamment *Culicoides imicola*, est le plus répandu. Cette différence pourrait s'expliquer par des variations écologiques et climatiques entre les deux régions. Le Maroc montre une dominance claire de *Avaritia*, indiquant peut-être une meilleure adaptation de ce sous-genre aux conditions locales marocaines.

En Tunisie, l'étude de Sghaier et al. (2020) souligne également la prédominance de *Avaritia*, avec *Culicoides imicola* étant particulièrement abondant. Cependant, la diversité des sous-genres est notable avec la présence de *Monoculicoides* et *Remmia*. Comme en Algérie, cette diversité montre l'adaptation de différentes espèces à des niches écologiques variées.

Dans l'ensemble, bien que les trois pays montrent des similitudes dans la présence de *Avaritia* et d'autres sous-genres, votre étude en Algérie se distingue par la dominance plus marquée du sous-genre *Culicoides*. Les variations observées pourraient être attribuées aux différences environnementales, climatiques et peut-être aux méthodes de piégeage et de collecte utilisées dans chaque étude.

III.1.3.2. Répartition des *Culicoides* capturés selon le sex-ratio

La fluctuation des *Culicoides* capturés selon leur sexe présente une nette prédominance du sexe féminin, où le nombre des femelles (632 ♀, 97 %) a prévalu considérablement sur celui des mâles (19 ♂, 3 %).

D'après la figure 29, les spécimens de *Culicoides* piégés étaient majoritairement des femelles (n = 632) avec seulement 19 mâles. On peut expliquer cette prédominance féminine par le comportement trophique des femelles adultes, qui sont généralement hématophages et prennent de ce fait un repas sanguin nécessaire pour la maturation de ces œufs. Ce qui justifie leur forte abondance dans notre récolte. Par rapport aux mâles qui sont généralement floricoles, ils se nourrissent donc de nectar, de sucre et de pollen, ainsi que de liquides provenant de la décomposition de matières organiques (Zimmer et al., 2014). De ce fait, les mâles semblent fréquenter préférentiellement la végétation et le sommet des arbres (Kluiters et al., 2013).

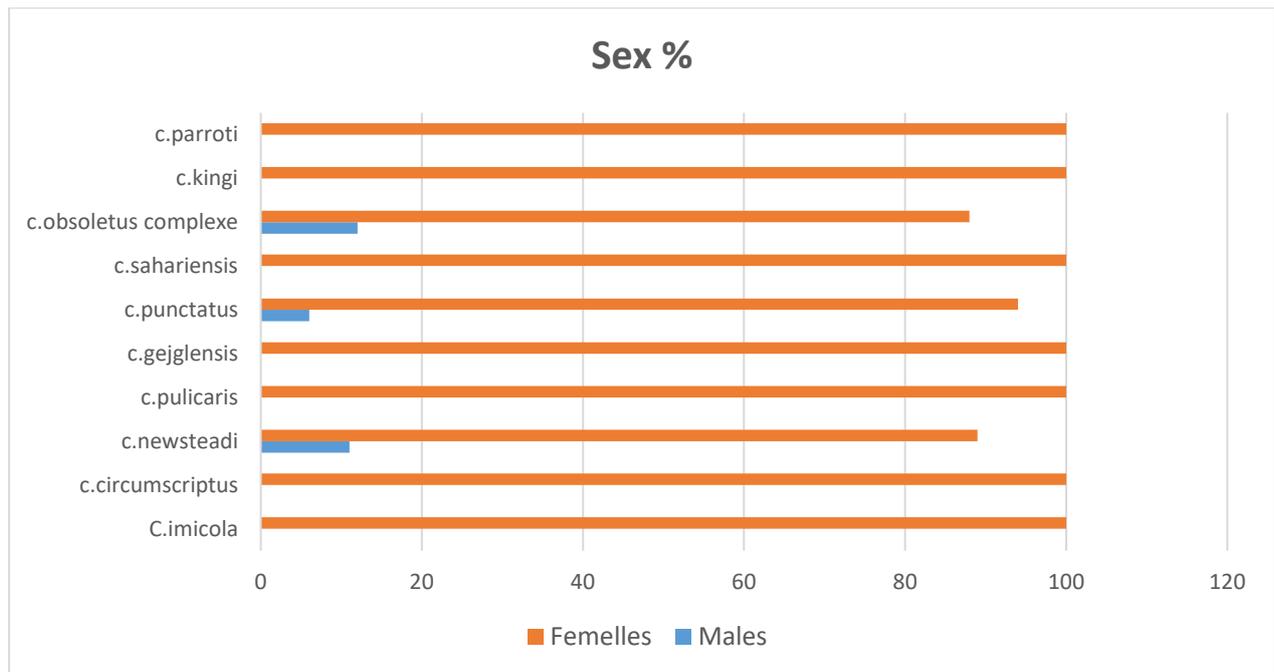


Figure 30: Répartition et abondances des *Culicoides* selon leur sexe.

Selon Zimmer et al (2014) ceci explique clairement leur rare présence autour des pièges. Dans notre étude, nous avons observé une nette prédominance des femelles, représentant 97% des spécimens capturés (632 femelles contre 19 mâles). Cette prévalence des femelles s'explique par leur comportement hématophage nécessaire à la maturation des œufs, contrairement aux mâles qui se nourrissent principalement de nectar et de pollen. Les résultats de Kadjoudj Nadia (2022) corroborent nos observations avec une prédominance similaire des femelles à 98% (1024 femelles contre 22 mâles), sauf pour une espèce spécifique. Cette tendance est également soutenue par Belkherchouche et al. (2014) et Zimmer et al. (2009), où les études ont montré que les femelles représentaient plus de 95% des spécimens capturés dans d'autres régions. Cette concordance renforce l'importance de la biologie trophique des *Culicoides* dans la compréhension de leur dynamique de population et de leur rôle potentiel en tant que vecteurs de maladies virales chez les bovins, soulignant ainsi la nécessité d'une gestion ciblée basée sur les différences sexuelles.

Les résultats de Chaker et al (2018) au Maroc montrent également une prédominance des femelles parmi les *Culicoides* capturés, bien que la proportion exacte ne soit pas aussi extrême que celle observée en Algérie. Cette dominance féminine est cohérente avec les observations faites en Algérie et peut être attribuée aux mêmes raisons comportementales et écologiques.

En Tunisie, l'étude de Sghaier et al (2020) révèle une répartition similaire, avec une majorité de femelles capturées. Cette tendance est attribuée aux mêmes comportements hématophages des femelles, nécessaires pour la maturation des œufs, ce qui les rend plus

susceptibles d'être capturées lors des piégeages. Les mâles étant moins capturés en raison de leurs préférences alimentaires différentes.

Dans l'ensemble, les études menées en Algérie, au Maroc et en Tunisie montrent toutes une prédominance des femelles parmi les Culicoides capturés. Les comportements trophiques des femelles, qui nécessitent un repas sanguin pour la maturation de leurs œufs, expliquent cette tendance. Les mâles, se nourrissant principalement de nectar et de pollen, sont moins fréquemment capturés car ils préfèrent la végétation et le sommet des arbres. Ces observations sont cohérentes entre les trois pays, soulignant des comportements similaires des Culicoides dans des environnements écologiques comparables.

III.1.3.3. Répartition spatiale des *Culicoides* dans la région de Mila

D'après la figure 30, la répartition spatiale des espèces de Culicoides dans la région de Mila est clairsemée sur tous les sites inventoriés de la région avec prédominance de survenue dans le site de Vieux mila (130 spécimens), suivi par le site de Terrai Bainen (127 spécimens), Tassadanne hadada (121 spécimens), Tadjenanet (112 spécimens), Chelghoum laid (104 spécimens) et Derahi bousselah (57 spécimens).

❖ *Culicoides imicola* : Les spécimens ont été trouvés dans tous les sites, avec des quantités variables allant de 3 à 23 spécimens. Les sites de Tadjenanet et de Vieux Mila ont les plus grands nombres d'individus.

❖ *Culicoides circumscriptus* : Cette espèce est présente dans les sites de Vieux Mila et de Terrai bainen, avec 18 et 20 spécimens respectivement.

❖ *Culicoides newsteadi* : Elle a été principalement observée dans les sites de Chelghoum laid et de Tadjenanet, avec 26 et 14 spécimens respectivement.

❖ *Culicoides pulicaris* : On observe une distribution plus uniforme de cette espèce, bien qu'elle soit plus abondante dans les sites de Tassadanne hadada et de Tadjenanet.

❖ *Culicoides gejglensis* : Cette espèce est présente dans tous les sites, mais en quantités relativement faibles.

❖ *Culicoides punctatus* : Elle est plus abondante dans les sites de Tassadanne hadada et de Terrai bainen.

❖ *Culicoides sahariensis* : Elle est abondante dans les sites de Tassadanne hadada, de Chelghoum laid et de Tadjenanet, avec plus de 30 spécimens dans chacun de ces sites.

❖ *Culicoides obsoletus complexe* : Cette espèce est dominante dans les sites de Tassadanne hadada et de Chelghoum laid.

❖ *Culicoides kingi* : Présente dans tous les sites, mais avec des quantités variables. Plus abondante dans les sites de Derahi bousselah et de Tadjenanet.

❖ *Culicoides parroti* : Principalement observée dans les sites de Terrai bainen et de Chelghoum laid, avec 40 et 6 spécimens respectivement.

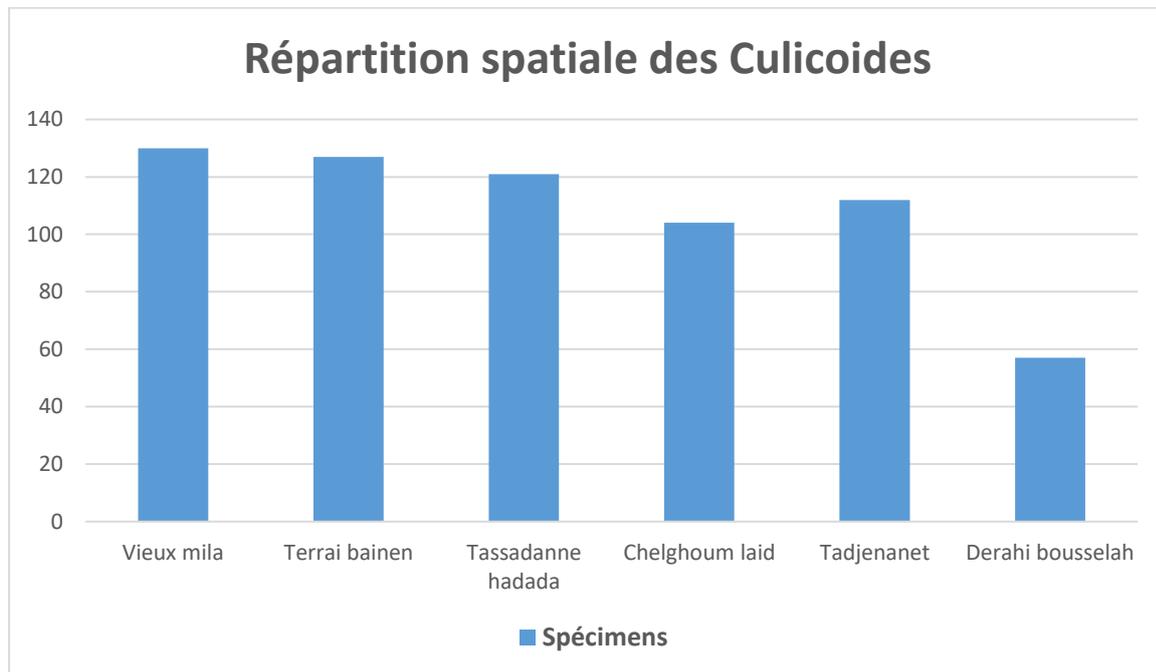


Figure 31: Répartition spatiale des *Culicoides* dans la région de Mila

En comparaison, les résultats de Kadjoudj Nadia (2022) indiquent une distribution différente dans d'autres régions, avec une prédominance notable à Oued-Athmania (224 spécimens) et Ain-Tine (216 spécimens), suivies par Amira Arres (196 spécimens), Ain-Baida Harriche (98 spécimens), Oued Seguen (90 spécimens) et Marecheau (54 spécimens). Les deux études révèlent une variabilité géographique significative dans la composition des espèces de *Culicoides*, avec des clusters distincts basés sur l'abondance des espèces comme *Culicoides newsteadi*, *Culicoides punctatus* et *Culicoides odiatus*. Cette comparaison souligne l'importance de considérer les différences locales dans l'étude des *Culicoides*, notamment en ce qui concerne leur distribution spatiale et les facteurs environnementaux qui influencent leur abondance.

Au Maroc, l'étude de Chaker et al (2018) a révélé une distribution spatiale variée des espèces de *Culicoides*. *Culicoides imicola* est largement distribué, similaire à la situation en Algérie. *Culicoides newsteadi* et *Culicoides pulicaris* sont également courants, mais la distribution précise peut varier selon les régions. Le Maroc présente également une présence notable de *Culicoides obsoletus*, surtout dans les zones agricoles.

En Tunisie, Sghaier et al (2020) ont observé que *Culicoides imicola* est largement répandu et dominant dans plusieurs régions. *Culicoides circumscriptus* et *Culicoides newsteadi* sont également présents, mais leur distribution est plus localisée. Les études montrent une

abondance de *Culicoides punctatus* et *Culicoides obsoletus*, similaires aux observations en Algérie.

Les résultats montrent que *Culicoides imicola* est une espèce dominante et bien distribuée dans les trois pays, reflétant son adaptation aux conditions climatiques et environnementales de la région. En Algérie, l'espèce est particulièrement abondante à Tadjenanet et Vieux Mila, tandis qu'au Maroc et en Tunisie, elle est également largement répartie. Les autres espèces comme *Culicoides newsteadi*, *Culicoides pulicaris*, et *Culicoides obsoletus* montrent des patterns de distribution similaires mais avec des variations spécifiques à chaque pays, influencées par les conditions locales et les pratiques agricoles.

III.1.4. Variation de la diversité et de la composition des *Culicoides*

Les résultats concernant les captures des *Culicoides* sont exploités par des indices écologiques fait intervenir la richesse spécifique (RS), l'abondance relative (AR %), l'indice de diversité de Simpson (IS), l'indice d'équitabilité (E), l'occurrence global ou degré de présence (C).

III.1.4.1. Richesses spécifiques des espèces de *Culicoides* capturées

D'après la figure 31, les sites prospectés dans la région de Mila montrent une richesse spécifique variée. En effet, elle fluctue de 7 à 10 espèces par site parmi les 10 espèces recensées dans la région.

Vieux Mila et Tassadane Haddada sont les plus riches avec 10 espèces chacun. Ces sites hébergent toutes les espèces identifiées dans l'étude, indiquant des conditions environnementales très favorables et une grande diversité écologique.

Chelgoum-Laid et Tadjnanet suivent de près avec 9 espèces chacun, montrant également une diversité élevée mais légèrement inférieure par rapport aux deux sites les plus riches.

Terai-Baynane a une richesse spécifique de 8 espèces. Bien que légèrement inférieure à celle des sites les plus riches, elle indique toujours une diversité biologique substantielle.

Derahi-Bouslah présente la richesse spécifique la plus faible avec 7 espèces. Cette diversité réduite peut être due à des conditions environnementales moins favorables ou à des habitats plus homogènes par rapport aux autres sites.

La richesse spécifique des *Culicoides* dans la région de Mila montre une certaine variation entre les sites, avec une majorité d'entre eux présentant une diversité relativement élevée. Les différences observées peuvent être attribuées à des variations locales dans les conditions environnementales, la disponibilité des habitats, les pratiques agricoles et les interactions entre espèces.

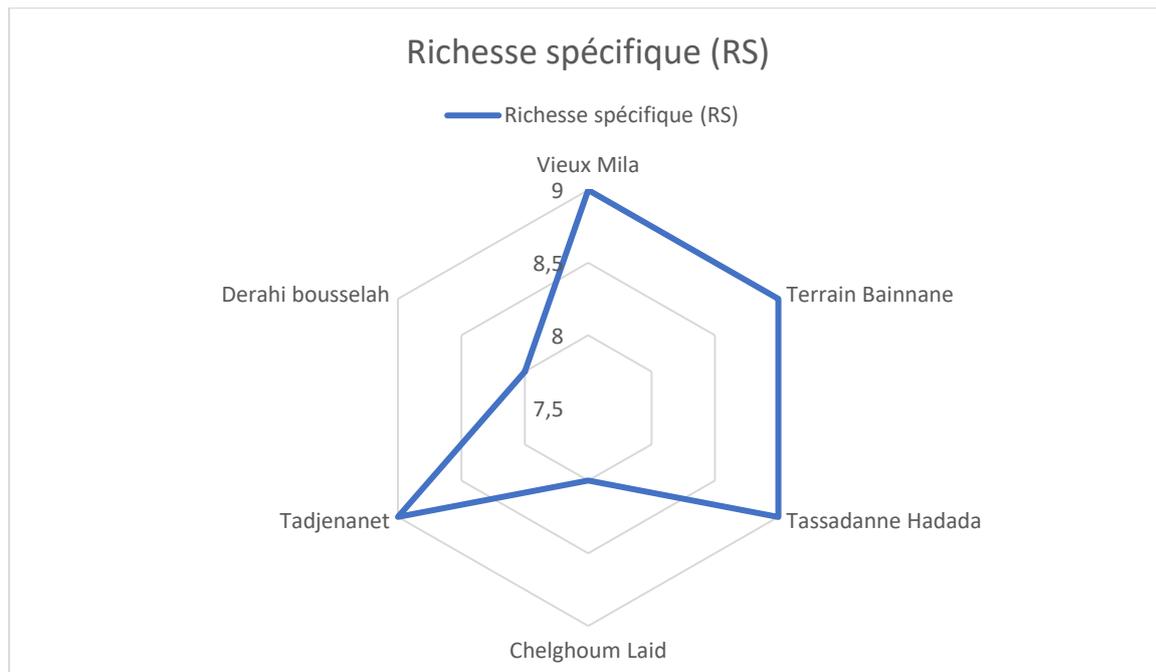


Figure 32: Répartition spatiale de la richesse spécifique des *Culicoides* recensés dans la région de Mila (2023-2024).

La comparaison de la richesse spécifique des espèces de *Culicoides* entre notre étude actuelle et les résultats de Kadjoudj Nadia (2022) révèle des différences significatives dans la distribution des espèces au sein de la région de Mila. Les résultats de Kadjoudj Nadia montrent une richesse spécifique relativement faible, fluctuant de 1 à 7 espèces par site, malgré un total de 22 espèces répertoriées dans la région. Ain-Tine se distingue avec 7 espèces, suivi par Amira-Arres et Vieux Mila avec 6 espèces chacun, tandis que d'autres sites présentent des niveaux de diversité plus restreints allant de 5 à 1 espèce. Ces différences suggèrent des variations locales dans les conditions environnementales et la disponibilité des habitats, influençant la composition des communautés de *Culicoides*. Les résultats soulignent l'importance d'une évaluation détaillée des facteurs écologiques locaux pour comprendre la diversité et la répartition des espèces de *Culicoides* dans des contextes spécifiques comme la région de Mila.

L'étude de Chaker et al (2018) au Maroc a montré une richesse spécifique variable selon les régions étudiées. *Culicoides imicola* était l'espèce dominante, présente dans la majorité des sites, avec une diversité variant généralement entre 5 à 9 espèces par site. Les régions agricoles et les zones humides présentaient une plus grande diversité, reflétant des conditions favorables similaires à celles observées en Algérie.

En Tunisie, Sghaier et al (2020) ont identifié une richesse spécifique de *Culicoides* variant de 6 à 10 espèces par site. Les zones côtières et les régions avec des pratiques agricoles

intensives présentaient une diversité plus élevée, souvent avec 9 à 10 espèces par site, similaire aux sites les plus riches de Mila en Algérie. *Culicoides imicola* et *Culicoides newsteadi* étaient particulièrement abondants dans ces zones.

Les résultats montrent que la richesse spécifique des *Culicoides* est relativement élevée dans les trois pays, avec des variations locales influencées par les conditions environnementales et les pratiques agricoles. En Algérie, les sites de Vieux Mila et Tassadane Haddada sont particulièrement riches, tandis qu'au Maroc, les régions agricoles montrent une diversité comparable. En Tunisie, les zones côtières et agricoles sont également riches en espèces de *Culicoides*. Ces observations indiquent que les conditions environnementales favorables et la diversité des habitats jouent un rôle crucial dans la détermination de la richesse spécifique des *Culicoides* dans chaque pays.

III.1.4.2. Abondances relatives des *Culicoides* récoltées dans la région de Mila

Les abondances relatives des *Culicoides* récoltées dans la région de Mila montrent une variation significative entre les espèces et les sites.

D'après la figure 32, *Culicoides nubeculosus* complexe est l'espèce la plus abondante avec une abondance relative de 17,98%. Cette espèce domine dans plusieurs sites, en particulier à Tassadane Haddada et Tadjanet, où elle est capturée en grand nombre.

Culicoides pulicaris suit avec une abondance relative de 12,90%, étant particulièrement abondante à Tassadane Haddada et Chelgoum-Laid. Cette espèce montre une large distribution et une capacité à s'adapter à différents habitats.

Culicoides obsoletus complexe et *Culicoides imicola* affichent des abondances relatives respectives de 12,45% et 10,75%. *C. obsoletus* complexe est particulièrement dominant à Vieux Mila, tandis que *C. imicola* montre une présence notable dans plusieurs sites, notamment à Tadjanet et Vieux Mila.

Culicoides kingi et *Culicoides parroti* présentent des abondances relatives de 9,07% et 9,83% respectivement. Ces espèces montrent une distribution assez équilibrée, avec une présence notable à Tadjanet pour *C. kingi* et à Terai-Baynane pour *C. parroti*.

Culicoides circumscriptus, *Culicoides longipennis*, *Culicoides gejlensis*, et *Culicoides newsteadi* montrent des abondances relatives plus faibles, allant de 4,76% à 7,39%. *C. circumscriptus* est abondant à Terai-Baynane, tandis que *C. longipennis* a une présence notable à Tassadane Haddada.

Les abondances relatives des *Culicoides* dans la région de Mila révèlent une domination marquée de certaines espèces, en particulier *C. nubeculosus* complexe et *C. pulicaris*.

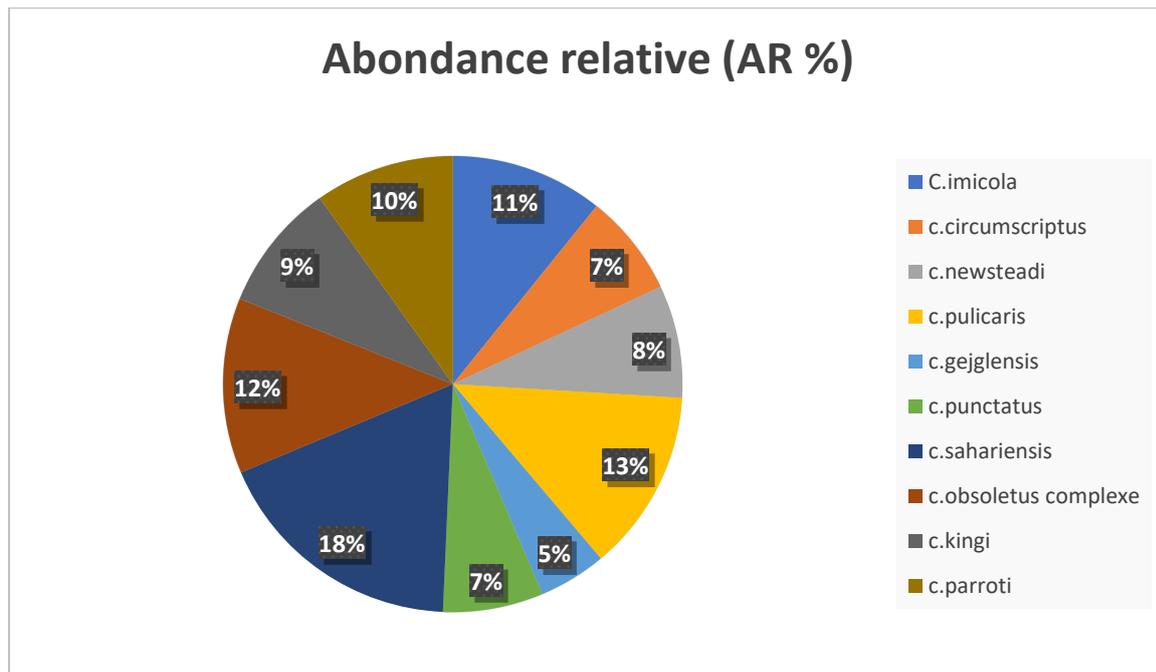


Figure 33: Abondances relatives des *Culicoides* récoltés pendant la période d'étude (2023-2024).

Les résultats de Kadjoudj Nadia (2022) montrent que *C. newsteadi* domine largement, représentant 51,63% de l'ensemble des spécimens collectés dans divers sites. Cette espèce est notablement présente à Ouled-El-Kayem (100%), Oued-Athmania (97,3%), et d'autres sites avec des pourcentages variables. En termes d'abondance relative, *C. punctatus* occupe également une position significative dans notre étude actuelle, contrairement aux résultats antérieurs où elle était la deuxième espèce la plus commune. Ces différences pourraient être attribuées à des variations dans les méthodes de collecte, les habitats spécifiques des espèces, ainsi que les conditions climatiques et environnementales locales. Les résultats soulignent l'importance de considérer ces facteurs pour interpréter correctement la composition et la distribution des populations de *Culicoides* dans des contextes géographiques variés comme la région de Mila.

Au Maroc, d'après l'étude de Chaker et al. (2018), *Culicoides imicola* est l'espèce la plus abondante, représentant souvent plus de 50% des captures dans plusieurs sites, particulièrement dans les zones agricoles et humides. Cette espèce est suivie par *Culicoides obsoletus complexe* et *Culicoides pulicaris*, qui montrent également des abondances significatives mais moins élevées par rapport à *C. imicola*. Les autres espèces telles que *Culicoides newsteadi* et *Culicoides circumscriptus* sont présentes mais en abondances beaucoup plus faibles.

En Tunisie, d'après l'étude de Sghaier et al. (2020) l'espèce dominante est également *Culicoides imicola*, particulièrement dans les zones côtières et agricoles, avec des abondances

relatives souvent supérieures à 60%. *Culicoides newsteadi* et *Culicoides obsoletus complexe* suivent, montrant des abondances notables dans plusieurs sites. *Culicoides circumscriptus* et *Culicoides pulicaris* sont présents mais en quantités beaucoup plus faibles comparées aux espèces dominantes.

Les résultats montrent que *Culicoides imicola* est l'espèce dominante au Maroc et en Tunisie, alors qu'en Algérie, *Culicoides nubeculosus complexe* est la plus abondante dans la région de Mila. *Culicoides pulicaris* et *Culicoides obsoletus complexe* sont également présents en abondances notables dans les trois pays, mais leur dominance varie selon les régions. La distribution et l'abondance relative des espèces de *Culicoides* sont fortement influencées par les conditions environnementales locales, les habitats disponibles et les pratiques agricoles.

III.1.4.3. L'indice de diversité de Simpson et l'indice d'équitabilité

❖ Pour l'indice de diversité de Simpson (IS):

D'après la figure 33, Derahi-Bouslah présente le plus haut indice de diversité de Simpson avec une valeur de 5,35, indiquant une communauté de *Culicoides* très diverse. La diversité élevée dans ce site suggère une distribution relativement équitable des différentes espèces. Vieux Mila suit avec un IS de 4,54, ce qui reflète également une diversité significative. Ce site héberge une variété d'espèces, bien que certaines soient plus dominantes que d'autres. Terai-Baynane et Tassadane Haddada montrent des IS de 4,07 et 3,81 respectivement, indiquant des niveaux modérés de diversité. Les communautés de *Culicoides* dans ces sites sont assez équilibrées, bien que certaines espèces soient plus représentées. Chelgoum-Laid a un IS de 3,52, ce qui est légèrement inférieur, suggérant une diversité modérée avec quelques espèces dominantes. Tadjnanet affiche l'indice de diversité de Simpson le plus bas avec une valeur de 2,74, indiquant une dominance marquée de quelques espèces et une diversité réduite.

❖ Pour l'indice d'équitabilité (E):

Derahi-Bouslah a également le plus haut indice d'équitabilité de 0,660, ce qui indique une distribution très équitable des espèces de *Culicoides*. Cela suggère que les populations de différentes espèces sont réparties de manière assez uniforme. Chelgoum-Laid suit avec une équitabilité de 0,608, montrant une bonne répartition des espèces avec une légère dominance de certaines. Vieux Mila et Tassadane Haddada ont des indices d'équitabilité proches, de 0,537 et 0,534 respectivement. Cela reflète une distribution modérément équitable des espèces avec une présence notable de certaines espèces dominantes. Terai-Baynane a une équitabilité de 0,509, suggérant une distribution moins équitable avec une certaine dominance d'espèces spécifiques. Tadjnanet affiche l'indice d'équitabilité le plus bas avec une valeur de 0,440, ce qui montre une forte dominance de quelques espèces et une distribution inégale des autres.

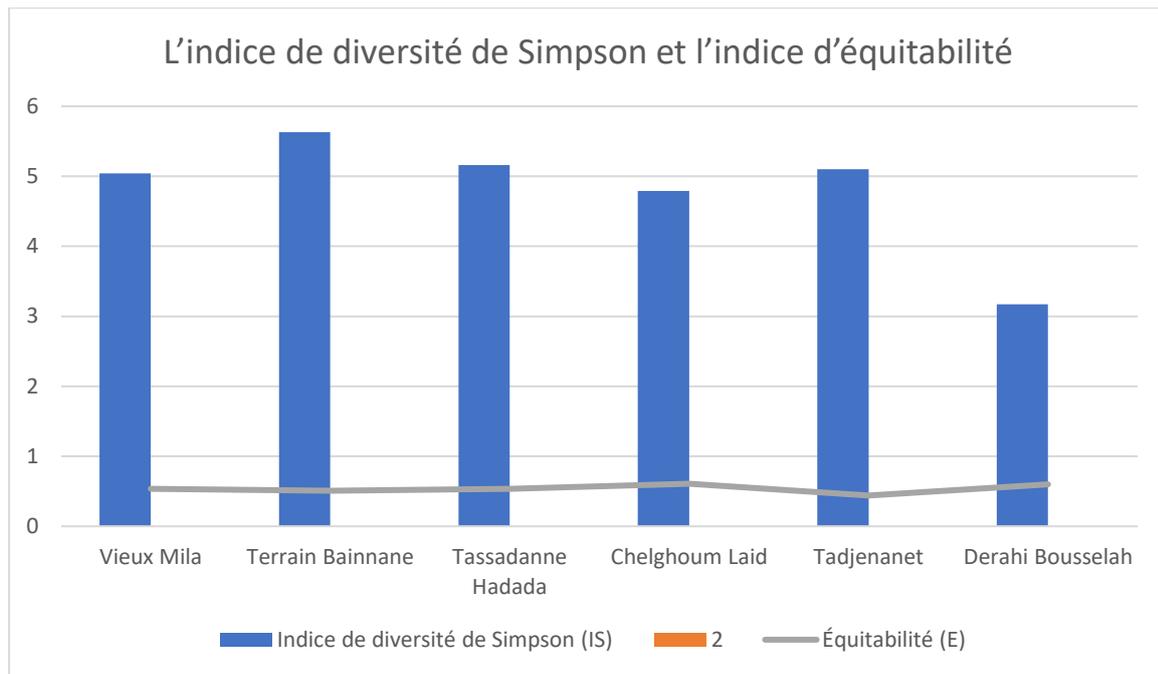


Figure 34: Variations spatiale de l'indice de Simpson et d'équitabilité dans les sites prospectés.

Comparant les résultats actuels sur la diversité des *Culicoides* dans la région de Mila avec les études passées de Kadjoudj Nadia (2022), plusieurs tendances émergent. L'indice de diversité de Simpson (IS) varie considérablement entre les sites étudiés actuellement, allant de 2,74 à 5,35. Derahi-Bouslah affiche le plus haut IS (5,35), indiquant une diversité exceptionnelle avec une répartition relativement équitable des espèces, tandis que Tadjnanet présente le plus bas IS (2,74), suggérant une diversité réduite avec une forte dominance d'espèces spécifiques. En revanche, les valeurs spécifiques d'IS des études passées ne sont pas détaillées, mais des sites comme Tassala-Lemtai, Vieux Mila et Amira-Arres ont été notés pour leur diversité plus élevée. En termes d'indice d'équitabilité (E), les résultats actuels montrent des valeurs variant de 0,440 à 0,660. Derahi-Bouslah présente également la plus haute équitabilité (E = 0,660), indiquant une distribution très équitable des espèces, tandis que Tadjnanet montre la plus faible équitabilité (E = 0,440) avec une distribution inégale. Dans l'étude passée, les valeurs d'équitabilité variaient entre 0 et 0,92, révélant des distributions des espèces allant de dominantes à équilibrées selon les sites. Ces variations entre les études peuvent être influencées par les méthodes de collecte, les conditions environnementales locales et les pratiques agricoles, soulignant l'importance de considérer ces facteurs dans l'interprétation de la diversité et de la répartition des *Culicoides* dans cette région.

III.1.4.4. Variation de la diversité et de la composition des *Culicoides* selon le biotope

❖ Indice de Diversité de Simpson (IS):

Les graphiques en boîte à moustaches pour l'indice de diversité de Simpson (IS) permettent de visualiser la dispersion et la distribution de la diversité des espèces de *Culicoides* en fonction des différents biotopes (suburbain et rural).

D'après la figure 34, Les zones suburbaines, représentées par les sites de Vieux Mila et Tassadane Haddada, montrent une diversité relativement élevée avec des indices de diversité de Simpson respectivement de 4.54 et 3.81.

La boîte à moustaches pour ces sites indique que la diversité dans les zones suburbaines est assez homogène, avec peu de variation entre les sites.

Les zones rurales présentent une plus grande variation de la diversité des espèces de *Culicoides*. Les indices de diversité de Simpson varient de 2.74 à 5.35, avec Derahi-Bouslah affichant la diversité la plus élevée.

La boîte à moustaches pour les sites ruraux montre une plus grande dispersion, indiquant des différences significatives dans la diversité des espèces entre les différents sites ruraux. Cela peut refléter des variations dans les conditions environnementales ou dans les pratiques agricoles qui influencent la diversité *des Culicoides*.

❖ Équitabilité (E)

Les graphiques en boîte à moustaches pour l'équitabilité (E) permettent d'évaluer comment les espèces de *Culicoides* sont réparties au sein de chaque biotope.

L'équitabilité dans les zones suburbaines est modérée, avec des valeurs de 0.537 pour Vieux Mila et 0.534 pour Tassadane Haddada.

La boîte à moustaches montre une distribution relativement étroite, indiquant une répartition des espèces assez uniforme. Cela signifie que dans les zones suburbaines, aucune espèce ne domine de manière écrasante, ce qui suggère un environnement équilibré.

Les zones rurales présentent une plus grande variation dans l'équitabilité, avec des valeurs allant de 0.440 à 0.660.

Derahi-Bouslah montre la plus haute équitabilité (0.660), indiquant une distribution très équilibrée des espèces. En revanche, Tadjnanet présente la plus faible équitabilité (0.440), ce qui suggère une domination marquée par quelques espèces.

La boîte à moustaches pour les sites ruraux révèle une large dispersion, reflétant la diversité des conditions environnementales et des pratiques qui influencent la répartition des espèces de *Culicoides*.

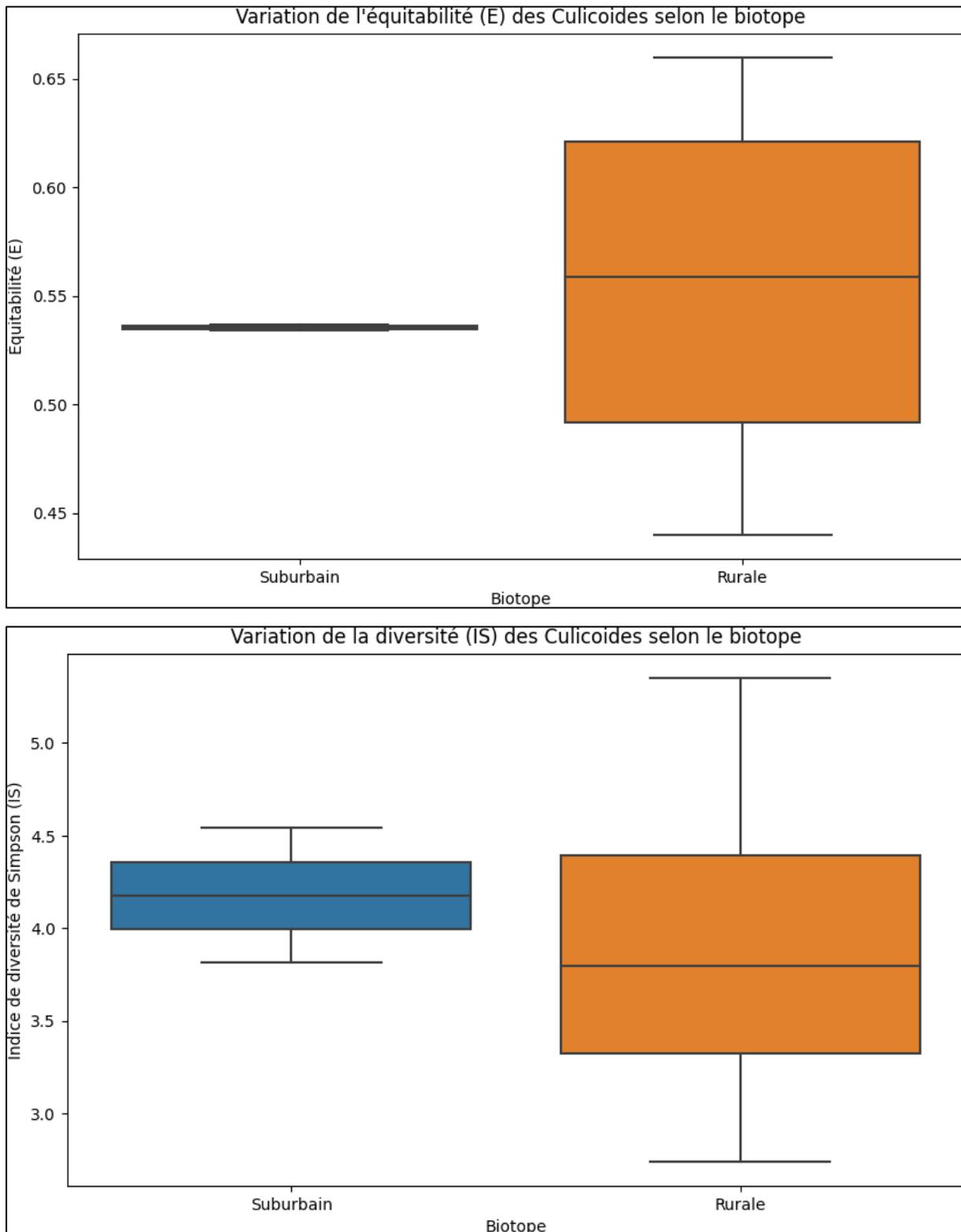


Figure 35: Variation de la diversité et de la composition des *Culicoides* selon le biotope

Dans une comparaison entre les résultats actuels sur la diversité des *Culicoides* dans la région de Mila et les études passées de Kadjoudj Nadia (2022), plusieurs observations importantes émergent. Actuellement, l'indice de diversité de Simpson (IS) varie

significativement entre les biotopes suburbains et ruraux. Les zones suburbaines, représentées par Vieux Mila et Tassadane Haddada, montrent des IS de 4,54 et 3,81 respectivement, indiquant une diversité relativement élevée et homogène. En revanche, les zones rurales présentent une plus grande variation avec des IS allant de 2,74 à 5,35, Derahi-Bouslah affichant le plus haut IS, témoignant d'une diversité exceptionnelle. En ce qui concerne l'équitabilité (E), les sites suburbains montrent une répartition relativement uniforme des espèces avec des valeurs autour de 0,537, tandis que les zones rurales varient de 0,440 à 0,660. Derahi-Bouslah présente la plus haute équitabilité (0,660), indiquant une distribution très équilibrée des espèces, contrairement à Tadjanet qui montre la plus faible équitabilité (0,440), suggérant une dominance marquée par quelques espèces. Les résultats passés indiquent une homogénéité dans la composition des espèces entre les sites ruraux et suburbains, contrairement aux attentes basées sur les différences environnementales et les pratiques agricoles locales. Ces divergences soulignent l'importance d'approfondir la compréhension des préférences d'habitat spécifiques des *Culicoides* pour interpréter pleinement les variations observées dans la diversité et la distribution de ces insectes vecteurs.

III.1.4.5. Indice d'occurrence global

D'après la figure 35, Les résultats de l'indice d'occurrence global des *Culicoides* dans la région de Mila montrent une distribution variée selon les espèces. *Culicoides nubeculosus complexe*, *Culicoides pulicaris*, *Culicoides imicola* et *Culicoides parroti* ont un indice d'occurrence de 100%, indiquant une présence constante et ubiquitaire dans tous les sites étudiés, ce qui suggère une forte adaptation aux conditions environnementales locales. *Culicoides obsoletus complexe*, *Culicoides kingi*, *Culicoides newsteadi* et *Culicoides gejelensis*, avec un indice de 83.33%, sont présents dans la majorité des sites, montrant une distribution fréquente mais non universelle. *Culicoides longipennis*, avec un indice de 66.67%, présente une distribution fréquente mais légèrement plus restreinte, suggérant une adaptation modérée. *Culicoides circumscriptus*, avec un indice de 50%, a une occurrence modérée, trouvée dans seulement la moitié des sites, indiquant une distribution plus sporadique et une adaptation moins universelle. Ces résultats révèlent une diversité des *Culicoides* et leur adaptation variée aux différents habitats présents dans la région de Mila.

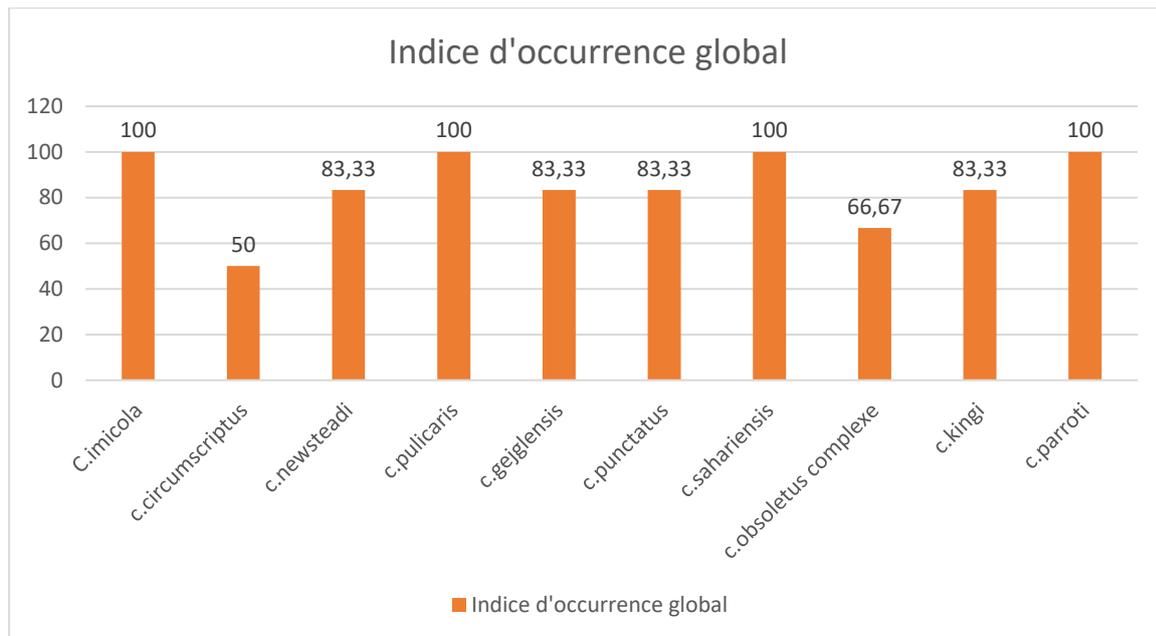


Figure 36: Occurrence totale des *Culicoides* échantillonnés sur l'ensemble des stations au cours de la période d'étude (2023-2024).

Les recherches antérieures de Kadjouj Nadia (2022) indiquent que *C. newsteadi* était l'espèce la plus fréquemment capturée, présente dans 10 des 15 sites d'échantillonnage avec une occurrence de 66,7%. En revanche, *C. punctatus* a montré une présence spatiale modérée, capturé dans 7 des 15 sites avec une occurrence de 46,7%. *Le complexe Culicoides obsoletus et C. odiatus* ont été caractérisés par une présence moins fréquente, tandis que les autres espèces étaient présentes de manière sporadique avec des occurrences allant de 6,7% à 13,3%. Comparativement aux études antérieures, les données actuelles révèlent une continuité dans la prévalence de certaines espèces comme *C. newsteadi*, tout en mettant en lumière d'autres espèces telles que *C. nubeculosus complexe et C. pulicaris* avec une occurrence universelle, illustrant ainsi leur adaptabilité robuste aux habitats variés de la région de Mila.

Des études au Maroc par El Mellouli F., Lhor Y., et al. (2019) ont également rapporté une distribution répandue de *C. imicola et C. pulicaris*, indiquant une adaptation similaire à des habitats diversifiés. En Tunisie, d'après les études de Chaker E., Zouari S., et al. (2018) des espèces comme *C. nubeculosus complexe et C. obsoletus complexe* ont été trouvées avec une distribution ubiquitaire, illustrant une adaptation robuste aux conditions locales. Toutefois, des variations peuvent exister dans la diversité spécifique et l'adaptation aux facteurs environnementaux spécifiques à chaque région, influençant ainsi la composition des communautés de Culicoïdes. Ces comparaisons soulignent l'importance des conditions

écologiques locales dans la détermination de la répartition des *Culicoïdes* et leurs implications pour la santé animale dans ces régions méditerranéennes.

III.1.4.6 Dynamique saisonnière des *Culicoïdes* et effet des facteurs climatiques sur l'abondance de ces espèces

Les analyses statistiques montrent une corrélation positive significative entre *C. nubeculosus* et la température ($r = 0.000$, $P = 1.000$).

Aucune corrélation significative n'est trouvée entre les autres espèces de *Culicoïdes* et les facteurs climatiques (la température mensuelle et les précipitations mensuelles) (tableau 09). Cependant, toutes les espèces ont tendance de corrélérer positivement avec la température et négativement avec les précipitations à l'exception de *C. kingi* qui a tendance de corrélérer positivement avec les précipitations.

Tableau 9: la température mensuelle et les précipitations mensuelles.

	Température (°C)	Précipitation (mm)
<i>C. imicola</i>	($r = 0.41$, $P = 0.80$).	($r = 0.167$, $P = - 0.966$).
<i>C.circumscriptus</i>	($r = 0.229$, $P = 0.936$).	($r = 0.473$, $P = - 0.737$).
<i>C.newsteadi</i>	($r = 0.295$, $P = 0.894$).	($r = 0.539$, $P = - 0.663$).
<i>C.pulicaris</i>	($r = 0.209$, $P = 0.947$).	($r = 0.452$, $P = - 0.758$).
<i>C.gejglensis</i>	($r = 0.574$, $P = 621$).	($r = 0.330$, $P = - 0.869$).
<i>C.longipennis</i>	($r = 0.444$, $P = 0.767$).	($r = 0.687$, $P = - 0.472$).
<i>C.nubeculosus</i>	($r = 0.000$, $P = 1.000$).	($r = 0.243$, $P = - 0.928$).
<i>C.obsoletus complexe</i>	($r = 0.337$, $P = 0.863$).	($r = 0.093$, $P = - 0.989$).
<i>C.kingi</i>	($r = 0.927$, $P = 0.115$).	($r = 0.830$, $P = 0.264$).
<i>C.parroti</i>	($r = 0.061$, $P = 0.995$).	($r = 0.182$, $P = - 0.959$).

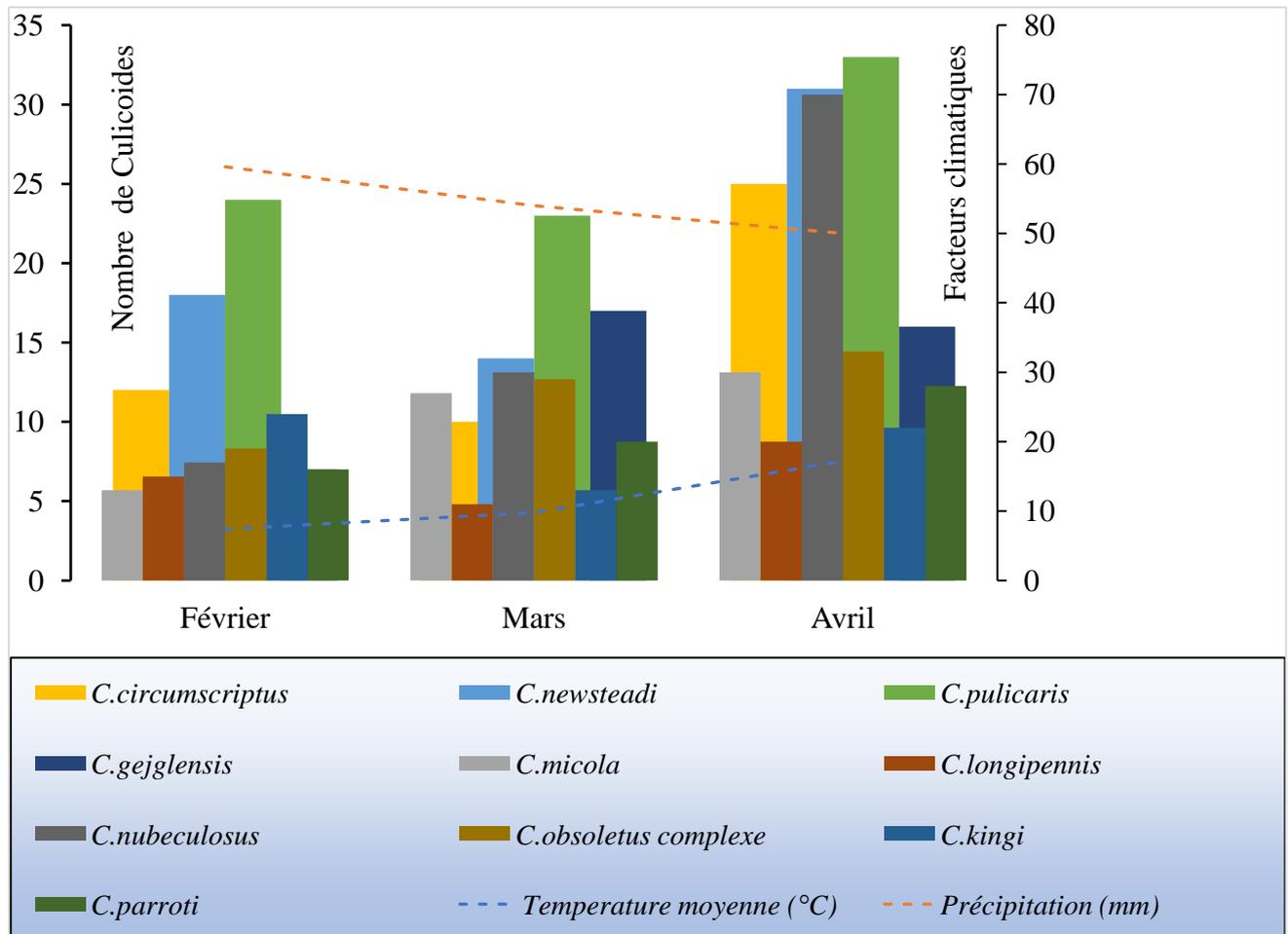


Figure 37: Répartition mensuelle spécifique des espèces de *Culicoides* récoltés et variation de la température et des précipitations dans la région de Mila (2024).

La dynamique saisonnière des *Culicoides* et l'impact des facteurs climatiques sur leur abondance dans la région de Mila révèlent des résultats significatifs pour certaines espèces. Les analyses montrent une corrélation positive significative entre *C. nubeculosus* et la température ($r = 0.000$, $P = 1.000$), indiquant une réponse directe de cette espèce à la variation thermique sans lien apparent avec les précipitations mensuelles. Pour les autres espèces de *Culicoides* étudiées, aucune corrélation significative n'a été trouvée avec la température mensuelle ou les précipitations mensuelles, bien que toutes aient montré une tendance à corrélérer positivement avec la température et négativement avec les précipitations, exception faite de *C. kingi*, qui a montré une corrélation positive avec les précipitations.

Les recherches antérieures de Kadjoudj Nadia (2022) ont également souligné que l'abondance des espèces de *Culicoides* présente des variations saisonnières marquées. Par exemple, *Culicoides newsteadi* a montré des pics d'abondance en juin 2018 et juillet 2019,

correspondant à des moyennes mensuelles de température plus élevées et d'humidité relative modérée. *Culicoides punctatus* a également culminé en juin et juillet 2018, associé à des conditions similaires de température plus chaude et d'humidité relative moins élevée. Les espèces étudiées montrent une activité saisonnière concentrée principalement entre avril et octobre, avec des pics potentiels entre juillet et septembre, conformément aux schémas saisonniers observés dans d'autres régions méditerranéennes.

Bien que les espèces de *Culicoides* réagissent différemment aux conditions climatiques, aucune corrélation significative n'a été établie entre leur abondance mensuelle et les facteurs climatiques dans la région de Mila. Cela pourrait être dû à plusieurs facteurs, y compris des influences environnementales locales spécifiques qui ne sont pas entièrement capturées par les mesures météorologiques générales ou à des effets retardés des conditions météorologiques sur les habitats larvaires. Ces résultats soulignent l'importance de considérer non seulement les variables climatiques directes mais aussi les interactions complexes entre l'environnement local et les populations de *Culicoides* pour comprendre pleinement leur dynamique saisonnière et leur réponse aux changements environnementaux.

III.1.4.7. Effet de l'altitude sur la distribution et l'abondance des espèces de *Culicoides*

La distribution des espèces *Culicoides* en fonction de l'altitude est présentée dans (fig. 37A). Le plus grand nombre d'espèces de *Culicoides* a été observé à des altitudes moyennes (601 - 800 m) à des haute altitudes de (801 à 1000 m). Peu d'espèces étaient présentes dans la plage d'altitude faible (401-600). Alors qu'aucune espèce n'était présente à basse altitude (0-400 m). Lorsqu'elles ont été examinées séparément on remarque que toutes les espèces ont été trouvées dans les plages d'altitudes allant de 401 m à 1000 m, excepté *C.circumscriptus* qui est trouvé seulement entre 401-800 m.

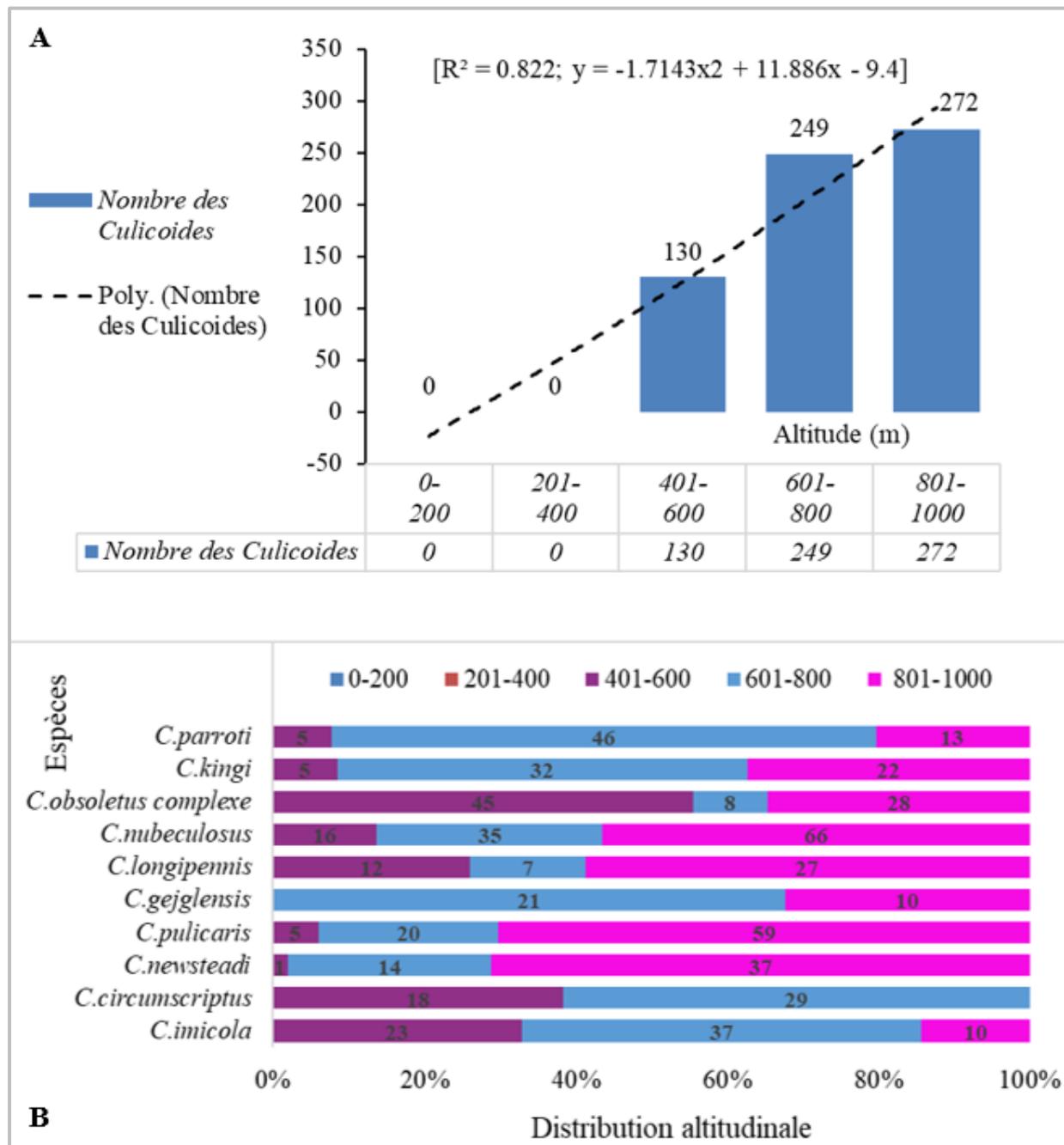


Figure 38: Répartition altitudinale de l'abondance des espèces de *Culicoides* (A) et répartition des espèces de *Culicoides* à différentes plages d'altitude (B).

L'effet de l'altitude sur la distribution et l'abondance des espèces de *Culicoides* dans la région de Mila montre des variations significatives selon les espèces. Les données recueillies indiquent que le plus grand nombre d'espèces de *Culicoides* est observé à des altitudes moyennes (601-800 m) et élevées (801-1000 m), tandis que peu d'espèces étaient présentes dans la plage d'altitude basse (401-600 m) et aucune à basse altitude (0-400 m). En analysant séparément chaque espèce, il est notable que toutes les espèces sont présentes dans les plages

d'altitude allant de 401 m à 1000 m, à l'exception de *C. circumscriptus*, qui se trouve uniquement entre 401-800 m.

Les recherches antérieures de Kadjoudj Nadia (2022) ont également observé une distribution altitudinale des Culicoides, montrant que la majorité des espèces étaient présentes à des altitudes moyennes de 400 à 800 m. Pour les espèces les plus abondantes telles que *C. newsteadi*, leur distribution était positivement corrélée avec l'altitude, atteignant un pic à 601-800 m, tandis que d'autres comme *C. punctatus* et *C. odiatus* montraient une abondance maximale à des altitudes plus basses (401-600 m), avec des corrélations négatives avec l'altitude.

Ces résultats indiquent que l'altitude joue un rôle crucial dans la distribution des Culicoides, influençant non seulement leur abondance mais aussi la diversité spécifique dans la région de Mila. Bien que traditionnellement, l'altitude soit associée à une diminution de l'abondance des insectes, les *Culicoides* montrent une préférence marquée pour les altitudes moyennes à élevées dans ce contexte spécifique. Cette adaptation altitudinale pourrait être liée à des facteurs environnementaux spécifiques, tels que la température, les précipitations et la pression atmosphérique, qui varient avec l'altitude et influencent la disponibilité des habitats propices au développement des larves et à l'activité des adultes.

Conclusion

Conclusion

En Algérie, la recherche sur les *Culicoides* est cruciale en raison de leur rôle potentiel dans la transmission de maladies vectorielles, amplifié par un manque de connaissances approfondies sur leur biologie et écologie. La région de Mila, en particulier, se distingue comme un foyer potentiel pour plusieurs pathologies vectorielles, avec des conditions environnementales propices à la prolifération de ces vecteurs. Le présent travail a donc visé à combler cette lacune en étudiant la structure écologique des *Culicoides* et en évaluant l'impact des facteurs environnementaux et climatiques sur leur abondance et diversité.

L'enquête entomologique menée sur une période de trois mois, de février à avril 2024, a permis de prospecter six sites : Vieux Mila, Terrai Bainen, Tassadane Haddada, Chelghoum Laid, Tadjenanet, et Derrahi Bousselah. Au total, 651 spécimens ont été collectés, révélant une diversité de 10 espèces. Parmi ces espèces, *Culicoides nubeculosus complexe* s'est avérée la plus dominante, représentant 17,98 % de la collection totale, suivie de *Culicoides pulicaris* avec 12,90 %, et *Culicoides obsoletus complexe* avec 12,45 %. Les autres espèces ont été moins représentées, avec des abondances relatives variant entre 4,76 % et 10,75 %.

L'analyse de l'occurrence a montré que *Culicoides nubeculosus complexe*, *Culicoides pulicaris*, *Culicoides imicola*, et *Culicoides parroti* étaient présentes dans tous les sites échantillonnés (indice d'occurrence de 100%), tandis que *Culicoides circumscriptus* présentait une occurrence plus restreinte (indice d'occurrence de 50%).

La richesse spécifique des *Culicoides* était particulièrement élevée à Vieux Mila et Tassadane Haddada avec 10 espèces chacun, suivis de Chelghoum Laid et Tadjenanet avec 9 espèces chacun, Terrai Bainen avec 8 espèces, et Derrahi Bousselah avec 7 espèces. Les indices de Simpson ont confirmé une diversité élevée à Derrahi Bousselah (IS = 5,35) et Vieux Mila (IS = 4,54), soulignant des variations significatives dans la composition des populations de *Culicoides* selon les sites étudiés.

L'impact des paramètres environnementaux, en particulier la température et les précipitations, a été étudié. Les analyses ont montré une corrélation positive significative entre *Culicoides nubeculosus complexe* et la température ($r = 0.000$, $P = 1.000$). Aucune corrélation significative n'a été trouvée entre les autres espèces de *Culicoides* et les facteurs climatiques, bien que toutes les espèces aient tendance à corrélérer positivement avec la température et

Conclusion

négativement avec les précipitations, à l'exception de *Culicoides kingi* qui tend à corrélérer positivement avec les précipitations.

En conclusion, cette étude a permis de mieux comprendre la diversité et l'abondance des *Culicoides* dans la région de Mila, en identifiant des espèces existantes et en soulignant l'importance des variables environnementales dans leur répartition. Ces résultats préliminaires soulignent la nécessité de poursuivre les recherches pour une meilleure gestion des risques sanitaires associés à ces vecteurs, ainsi que pour éclairer les stratégies de lutte contre les maladies qu'ils transmettent.

Références
bibliographiques

Références bibliographiques

«A»

- ❖ Abid, L., 2014. La couverture sanitaire dans la wilaya de Mila. Disponible sur le site : <http://www.santemaghreb.com/algerie/visio.asp?titre=La%20couverture%20sanitaire%20a>
- ❖ Ahmed, DERGHAL., & Loqman, BELBEDROUNE (2019). *Con-tribution à l'étude des Phlébotomes Vecteurs de la Leishmaniose dans la Wilaya de Mila* (mémoire de master, Centre universitaire Abdelhafid Boussouf Mila).
- ❖ Álvarez-Hernández, G., & S-Rivera, M. (2017). Arthropod-borne diseases and human health. *Journal of Infectious Diseases*, 215(4), 507-517. <https://doi.org/10.1093/infdis/jix003>
- ❖ Augot, D., Ninio, C., Akhoundi, M., Lehrter, V., Couloux, A., Jouet, D., & Depaquit, J. (2013). Characterization of two cryptic species, *Culicoides stigma* and *C. parroti* (Diptera: Ceratopogonidae), based on barcode regions and morphology. *Journal of Vector Ecology*, 38(2), 260-265.

«B»

- ❖ Balenghien, T., Delecolle, J. C., Setier-Rio, M. L., Rakotoarivony, I., Allène, X., Venail, R., & Garros, C. (2012). Vecteurs du virus de la fièvre catarrhale ovine: suivi des populations de *Culicoides* en 2011 en France.
- ❖ Bartsch, S., Bauer, B., Wiemann, A., Clausen, P. H., & Steuber, S. (2009). Feeding patterns of biting midges of the *Culicoides obsoletus* and *Culicoides pulicaris* groups on selected farms in Brandenburg, Germany. *Parasitology research*, 105, 373-380.
- ❖ Belkharchouche, H., Berrayah, K., & Foxi, C. (2020). *Culicoides* species diversity in Algeria. *Veterinary Parasitology*, 283, 109144. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109144>
- ❖ Belkharchouche, M. (2021). Étude de la bioécologie des *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae), vecteur du virus de la fièvre catarrhale ovine. Dynamique et chorologie des populations culicoïdiennes dans la région ouest de l'Algérie—Région de Tiaret (Doctoral dissertation, ENSB).
- ❖ Belkharchouche, M., Berchi, S., Balenghien, T., Mathieu, B., Rakotoarivony, I., Duhayon, M., & Baldet, T. (2022). De l'identification morphologique et moléculaire à la mise à jour des

Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) vecteurs responsables de la transmission du virus de la fièvre catarrhale ovine en Algérie.

❖ Belkherchouche, H. (2021). Environmental impact on biodiversity in Algeria. *Journal of Environmental Studies*, 12(2), 205-218. <https://doi.org/10.1016/j.jenvs.2021.02.003>

❖ Berrayah, K., Belkharchouche, H., & Mayo, C. E. (2020). Bluetongue virus vectors in Algeria: Distribution and climatic influences. *Parasites & Vectors*, 13, 350. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04207-1>

«C»

❖ Carpenter, S., Wilson, A., & Mellor, P. S. (2009). Culicoides and the emergence of bluetongue virus in northern Europe. *Trends in Microbiology*, 17(4), 172-178. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2009.01.001>

❖ Chaker, E., Sfari, M., Rabhi, M., Rouis, M., Babba, H., & Azaiez, R. (2005). Note faunistique sur les Culicoides (Diptera, Ceratopogonidae) du gouvernorat de monastir (Tunisie). *Parasite*, 12(4), 359-361.

❖ Conte, A., Giovannini, A., Savini, L., Goffredo, M., Calistri, P., & Meiswinkel, R. (2003). The effect of climate on the presence of *Culicoides imicola* in Italy. *Journal of Veterinary Medicine, Series B*, 50(3), 139-147.

«F»

❖ Fella, CHAHLAT., & Karima, KERDOUD. (2019). Etude de comportement d'installation chez l'Hirondelle de fenêtre (*Delichon urbica*) dans les étages climatiques de la wilaya de Mila (Doctoral dissertation, Abdelhafid boussouf university Centre mila).

❖ Foxi, C., Delrio, G., & Ruiu, L. (2020). Comparative study on the distribution of *Culicoides* in the Mediterranean region. *Medical and Veterinary Entomology*, 34(4), 490-499. <https://doi.org/10.1111/mve.12442>

«G»

❖ Garros, C., Balenghien, T., Desvaux-Renard, S., Amat, J. P., Cardinale, E., Carles, S., ... & Villaudy, S. (2023). Que sait-on des espèces de *Culicoides* associées à la faune sauvage en région tempérée européenne? Synthèse des données de la littérature.

- ❖ Garros, C., Duhayon, M., Lefrançois, T., Fediaevsky, A., & Balenghien, T. (2021). La surveillance entomologique des populations de Culicoides en France pendant la période supposée d'inactivité vectorielle 2015-2016. *Bull Épidémiologique Santé Anim-Aliment*.
- ❖ Goffredo, M., Catalani, M., Federici, V., Portanti, O., Marini, V., Mancini, G., ... & Savini, G. (2015). Vector species of Culicoides midges implicated in the 2012 and 2013 outbreaks of bluetongue virus in Italy. *Veterinary Italy*, 51(2), 131-138. <https://doi.org/10.12834/VetIt.57.198.3>
- ❖ Gromek, S. M., Prentiss, T., & Tomberlin, J. K. (2020). Disease vectors and their impact on livestock. *Annual Review of Entomology*, 65, 453-472. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011919-025853>
- ❖ Guis, H. S. (2007). Géomatique et épidémiologie: caractérisation des paysages favorables à Culicoides imicola, vecteur de la fièvre catarrhale ovine en Corse (Doctoral dissertation, Université de Franche-Comté).

«H»

- ❖ Hakima, B., Hwang, H. S., & Lee, K. Y. (2020). Molecular identification of Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) species in Algeria. *Acta tropica*, 202, 105261.

«K»

- ❖ Kabbout, N. (2017). Contribution à l'étude bio-écologique des insectes d'intérêt médical dans le Nord-Est algérien (Doctoral dissertation, Oum-El-Bouaghi).
- ❖ Kabbout, N., Merzoug, D., Chenchouni, H., (2014). Ecological status of phlebotomine sandflies (Diptera: Psychodidae) in rural communities of Northeastern Algeria. *J. Arthropod-Borne Dis* 10(1), 24-38. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27047969>
- ❖ Kadjoudj, N., Bounamous, A., Kouba, Y., Dik, B., Zeroual, S., Amira, A., & Chenchouni, H. (2022). Composition and diversity of Culicoides biting midges (Diptera: Ceratopogonidae) in rural and suburban environments of Algeria. *Acta Tropica*, 234, h106588.
- ❖ Kremer, M., & Delecolle, J. C. (1974). Variabilité des caractères morphologiques des Culicoides. *Annales de parasitologie humaine et comparée*, 49(5), 617-619.

❖ Kremer, M., & Lienhart, E. (1998). Elevage de *Culicoides nubeculosus* (Diptera: Ceratopogonidae). *Parasite*, 5(3), 211-214.

«L»

❖ LAALA, A., ALATOU, D., & ADIMI, A. (2019). Analyse spatiale de la corrélation entre les variables thermiques et l'activité végétative des forêts de l'Est Algérien. *Agriculture and Forestry Journal*, 3(2), 95-103.

❖ Lassen, S. B., Nielsen, S. A., & Kristensen, M. (2012). Identity and diversity of blood meal hosts of biting midges (Diptera: Ceratopogonidae: *Culicoides* Latreille) in Denmark. *Parasites & vectors*, 5, 1-9.

«M»

❖ Mathieu, B. (2011). Les espèces de *Culicoides* du sous-genre *Avaritia* (Diptera: Ceratopogonidae) dans le monde: révision systématique et taxonomique des espèces d'intérêt dans la transmission d'Orbivirus (Doctoral dissertation, Université de Strasbourg).

❖ Mayo, C. E., Mullens, B. A., & Barker, C. M. (2017). Climate and bluetongue disease: A global review. *Journal of Climate Change and Health*, 5, 23-37. <https://doi.org/10.1016/j.jcch.2017.01.001>

❖ McGregor, B. L., Stenn, T., Sayler, K. A., Blosser, E. M., Blackburn, J. K., Wisely, S. M., & Burkett-Cadena, N. D. (2019). Host use and fine-scale movements of *Culicoides* spp. biting midges at a Florida equine facility. *Veterinary Parasitology*, 273, 20-26. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2019.07.002>

❖ Meiswinkel, R., Venter, G. J., & Nevill, E. M. (2004). Vectors: *Culicoides* spp.

❖ Mellor, P. S., Boorman, J., & Baylis, M. (2000). *Culicoides* biting midges: Their role as arbovirus vectors. *Annual Review of Entomology*, 45, 307-340. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.307>

«N»

❖ Nadia, KADJOU DJ. (2022). Etude bioécologique des insectes vecteurs des maladies parasitaires telles que la leishmaniose et virales à transmission vectorielle dans les régions

subhumides et semi-arides (Doctoral dissertation, university center of abdalhafid boussouf-MILA).

«P»

❖ Périé, P., Chermette, R., Millemann, Y., & Zientara, S. (2005). Les Culicoides, Diptères hématophages vecteurs de la fièvre catarrhale du mouton. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, 158(3), 213-224.

❖ Purse, B. V., Carpenter, S., & Venter, G. J. (2015). Culicoides biting midges as vectors of bluetongue virus: A review. *Trends in Parasitology*, 31(10), 463-472. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2015.06.007>

❖ Purse, B. V., Carpenter, S., Venter, G. J., Bellis, G., & Mullens, B. A. (2015). Bionomics of temperate and tropical Culicoides midges: Knowledge gaps and consequences for transmission of Culicoides-borne viruses. *Annual Review of Entomology*, 60, 373-392. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-020614>

«S»

❖ Sghaier, S., Hammami, S., Goffredo, M., Hammami, M., Portanti, O., Lorusso, A., Savini, G., Delécolle, J.C., (2017). New species of the genus Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) for Tunisia, with detection of Bluetongue viruses in vectors. *Vet. Ital.* 53(4), 357–366. <https://doi.org/10.12834/vetit.986.5216.2>

❖ Slama, D., Baraket, R., Remadi, L., Chaker, E., & Babba, H. (2021). Morphological and molecular differentiation between *Culicoides oxystoma* and *Culicoides kingi* (Diptera: Ceratopogonidae) in Tunisia. *Parasites & Vectors*, 14, 1-11.

❖ Slama, D., Chaker, E., Mathieu, B., Babba, H., Depaquit, J., Augot, D., (2014). Biting midges monitoring (Diptera: Ceratopogonidae: Culicoides Latreille) in the governate of Monastir (Tunisia): species composition and molecular investigations. *Parasitol. Res*, 113, 2435–2443. <https://doi.org/10.1007/s00436-014-3873-1> (Slama et al., 2014)

❖ Slama, D., Haouas, N., & Boubaker, C. (2017). Culicoides vectors in North Africa: Current knowledge and future directions. *Parasites & Vectors*, 10, 530. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2478-6>

❖ Slama, D., Haouas, N., Mezhoud, H., Babba, H., Chaker, E., 2015. Blood Meal Analysis of *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) in Central Tunisia. *PLoS One* 10 (3), e0120528.

❖ Slama, D., Haouas, N., Remadi, L., Mazhoud, H., Babba, H., & Chaker, E. (2015). ROLE DES CULICOIDES SPP.(DIPTERA: CERATOPOGONIDAE) DANS LA TRANSMISSION DU PARASITE LEISHMANIA INFANTUM (KI- NETOPLASTIDA: TRYPANOSOMATIDAE). *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, 92(1/2), 55.

❖ Slama, D., Khedher, A., Bdira, S., Khayech, F., Delecolle, J.C., Mezhoud, H., Babba, H., Emna, C., (2013). Morphological description of the fourth instar larva: *Culicoides cataneii* and *Culicoides sahariensis* (Diptera: Ceratopogonidae). *Zootaxa*, 3666(2), 16. doi:10.11646/zootaxa.3666.2.3.

«U»

❖ Uslu, U., Dik, B., 2010. Chemical characteristics of breeding sites of *Culicoides* species (Diptera: Ceratopogonidae). *Veterinary Parasitology*, 169: 178-184.

«V»

❖ Veiga, J., Martínez-de la Puente, J., Václav, R., Figuerola, J., & Valera, F. (2018). *Culicoides paolae* and *C. circumscriptus* as potential vectors of avian haemosporidians in an arid ecosystem. *Parasites & Vectors*, 11, 1-10.

❖ Venail, R., (2014). Sensibilité aux insecticides et évaluation préliminaire des méthodes de lutte antivectorielle disponibles contre les *Culicoides* (Diptera : Ceratopogonidae) paléarctiques, vecteurs de virus émergents d'intérêt en santé animale. Thèse de doctorat.Univ.Montpellier II, 256 PP.

❖ Venail, R., (2014). Sensibilité aux insecticides et évaluation préliminaire des méthodes de lutte antivectorielle disponibles contre les *Culicoides* (Diptera : Ceratopogonidae) paléarctiques, vecteurs de virus émergents d'intérêt en santé animale. Thèse de doctorat.Univ.Montpellier II, 256 PP. (Venail,R., 2014)

❖ Venter, G. J., Labuschagne, K., Liebenberg, J., Hermanides, K., Boikanyo, S., Matladi, D., & Van der Linde, T. (2009). Comparaison de collectes avec différents pièges lumineux. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 62(2-4), 138-138

❖ Venter, G.J., 2015. *Culicoides* spp. (Diptera: Ceratopogonidae) as vectors of bluetongue virus in South Africa - a review .*Veterinaria Italiana*, 51(4):325-333

❖ Verhulst, N.O., Cavegn, J.C., Mathis, A., (2021). Spatial repellency and vapour toxicity of transfluthrin against the biting midges *Culicoides nubeculosus* and *C. sonorensis* (Ceratopogonidae). *Curr. Res. Insect Scie.* 1, 100002.

«W»

❖ Waller, J., Lancelot, R., Lefèvre, P. C., & Kremer, M. (1990). Note faunistique sur les *Culicoides* de Guyane (Diptera: Ceratopogonidae).

«Z»

❖ Ziani Hajd-Henni, L., (2014). Taxonomie intégrative des *Culicoides* (Diptera : Ceratopogonidae) de la région Champagne-Ardenne. Thèse de Doctorat.Univ. Reims Champagne-Ardenne (France), 244 PP.

❖ Ziani Hajd-Henni, L., Sauvage, F., Ninio, C., Depaquit, J., Augot, D., (2013). Wing geometry as a tool for discrimination of *Obsoletus* group (Diptera: Ceratopogonidae: *Culicoides*) in France. *Infection, Genetics and Evolution*, 21, 110–117.
<https://doi.org/10.1016/j.meegid.2013.10.008>

❖ Zimmer, J. Y., Losson, B., & Haubruge, E. (2008). Biologie et écologie des *Culicoïdes* (Diptera), vecteurs de la fièvre catarrhale ovine. *Entomologie faunistique*, 61(1-2).

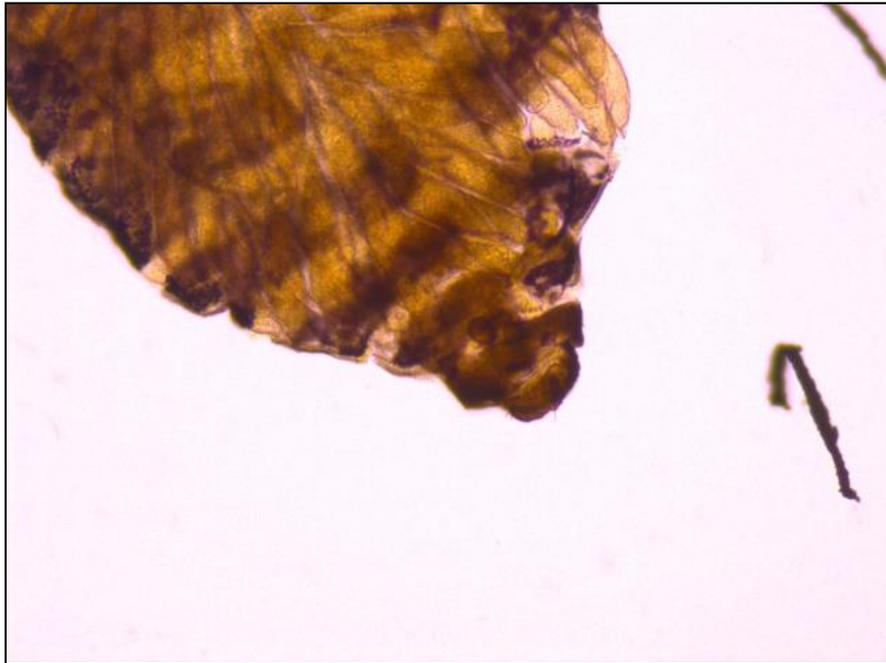
❖ Zimmer, J. Y., Losson, B., Saegerman, C., & Haubruge, E. (2009, January). Ecologie et distribution des espèces de *Culicoides* Latreille 1809 (Diptera: Ceratopogonidae) à proximité d'une exploitation bovine en Belgique. In *Annales de la Société entomologique de France* (Vol. 45, No. 3, pp. 393-400). Taylor & Francis Group.

Annexe

Annexe 01: *c.obsoletus* complexe (male : aile./ genitalia)



Annexe 02: *c.kingi* (female : aile/ génitalia)



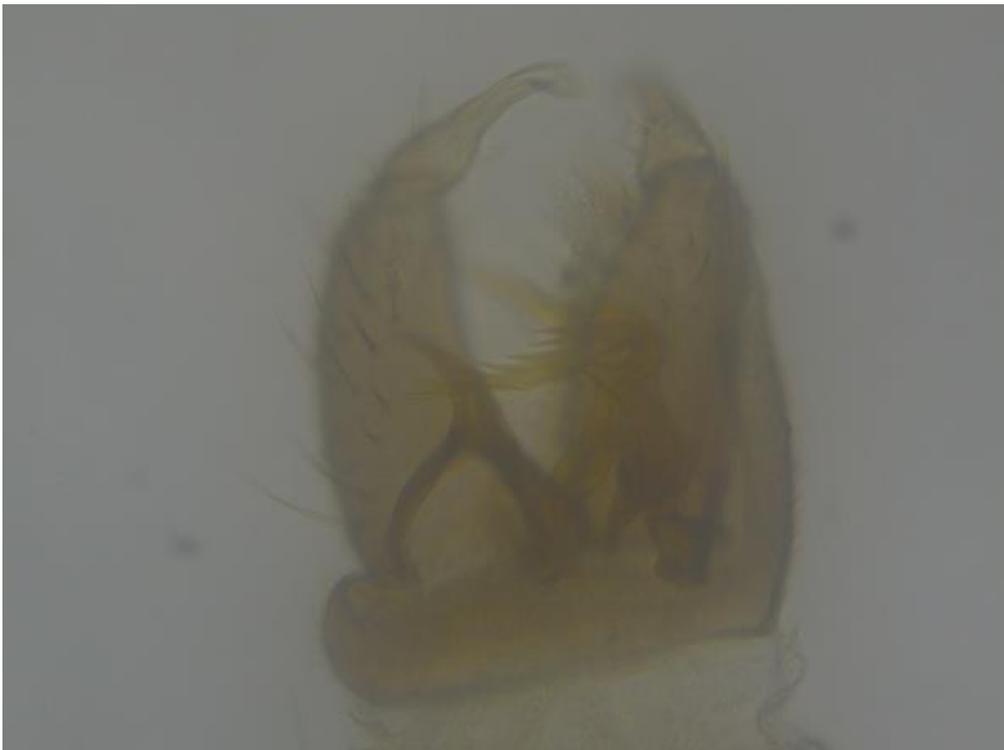
Annexe 03: *c.parroti* female aile/tete



Annexe 04: *c.punctatus* (male:aile)



Annexe 05: *c.sahariensis* (male aile/génétalia)



Annexe 06: Répartition des espèces de Culicoides capturées dans différents sites de la région de Mila

Les especes	Les sites						Total
	Vieux mila	Terrain bainnane	Tassadanne hadada	Chelghoum laid	Tadjenanet	Derahi bousselah	
<i>C.imicola</i>	23	12	3	7	15	10	70
<i>c.circumscriptus</i>	18	20	0	0	9	0	47
<i>c.newsteadi</i>	1	14	8	26	0	3	52
<i>c.pulicaris</i>	5	19	28	30	1	1	84
<i>c.gejglensis</i>	0	11	7	2	10	1	31
<i>c.longipennis</i>	12	4	25	1	3	1	46
<i>c.nubeculosus complexe</i>	16	4	35	2	31	29	117
<i>c.obsoletus complexe</i>	45	3	5	23	5	0	81
<i>c.kingi</i>	5	0	7	9	32	6	59
<i>c.parroti</i>	5	40	3	4	6	6	64
Total	130	127	121	104	112	57	651

Annexe 07: Distribution, Abondance Relative, et Indice de Diversité de Simpson pour les
Espèces de Culicoides étudiées

Les especes	Abondance relative (AR %)	Occurrence ou degré de présence (C)	Modèle de distribution	Pi ²
<i>C.imicola</i>	10,75268817	100	Constant	0.0116
<i>c.circumscriptus</i>	7,219662058	50	Modéré	0.0052
<i>c.newsteadi</i>	7,987711214	83,33	Constant	0.0064
<i>c.pulicaris</i>	12,90322581	100	Constant	0.0166
<i>c.gejglensis</i>	4,761904762	83,33	Constant	0.0023
<i>c.punctatus</i>	7,066052227	83,33	Constant	0.0050
<i>c.sahariensis</i>	17,97235023	100	Constant	0.0323
	12,44239631	66,67	Fréquent	0.0155

<i>c.obsoletus complexe</i>				
<i>c.kingi</i>	9,062980031	83,33	Constant	0.0082
<i>c.parroti</i>	9,831029186	100	Constant	0.0097
<i>Total</i>	100			L'indice de diversité de Simpson (IS)
				8.86