

Université de Mila

جامعة ميلة

Faculté des sciences de la nature et de la vie



www.univ-mila.dz

كلية علوم الطبيعة والحياة

Thèse

Présentée pour l'obtention du Diplôme de Doctorat 3 ème Cycle – LMD

Filière : Science biologique

Spécialité : Biochimie appliquée

Contribution à l'étude bioécologique et caractérisation morphométriques des Insectes vecteurs des maladies d'intérêt médicales et vétérinaire dans la région nord-est Algérienne.

Présentée par

FEGHROUR Assia

Membres du Jury

BOUBENDIR Abdelhafid	Professeur	Président	Université de Mila
BOUNAMOUS Azzedine	Professeur	Rapporteur	Université de Mila
YAHIA Abdelouahab	Professeur	Examineur	Université de Mila
BELATTAR Hakima	M.C.A	Examineur	Université de Mila
BENKENANA Naima	Professeur	Examineur	Univ. Frère Mentouri Constantine 1
AGUIB Sihem	M.C.A	Examineur	Univ. Frère Mentouri Constantine 1

Année Universitaire: 2025/2026

Remerciements

*Je rends grâce à **Dieu Tout-Puissant**, pour le soutien, la patience, la force et la persévérance qu'Il m'a accordés tout au long de mon parcours académique et scientifique.*

*J'adresse mes sincères remerciements à mon promoteur, le professeur **Bounamous Azzedine**, pour son encadrement rigoureux, ses orientations scientifiques, sa disponibilité et ses conseils précieux qui ont grandement contribué à la réalisation de cette thèse.*

*Je remercie respectueusement le professeur **Boubendir Abdelhafid** pour avoir accepté d'assurer la présidence du jury et pour l'intérêt porté à l'évaluation de ce travail.*

*J'exprime mes remerciements au professeur **Yahia Abdelouahab**, pour la lecture attentive de ce manuscrit et pour ses remarques scientifiques pertinentes.*

*Je remercie le docteur **Belattar Hakima**, pour ses observations constructives et l'attention accordée à ce travail.*

*Je remercie le professeur **Benkinena Naima**, pour ses commentaires judicieux et ses suggestions enrichissantes.*

*Je remercie le docteur **Aguib Sihem**, pour son évaluation approfondie et ses remarques pertinentes.*

*Je tiens à remercier le professeur **Dik Bilal** pour sa contribution essentielle à l'identification des échantillons, ayant permis d'assurer la fiabilité des résultats obtenus.*

*J'exprime ma reconnaissance à le professeur **Chanchouni Haroune** pour son aide précieuse dans la réalisation et l'interprétation des analyses statistiques.*

*Je remercie également le docteur **Tabet Slimane** pour son appui et sa contribution aux analyses statistiques.*

*Je tiens à remercier le professeur **Benserradj Ouafa** pour sa contribution essentielle à l'identification morphologique des souches fongiques.*

*Mes sincères remerciements vont aussi à **Monsieur Yasser Belhamel** pour son assistance et son expertise en analyses statistiques.*

Enfin, je remercie toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail et qui n'ont pas été citées, qu'elles trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Dédicaces

Je dédie ce travail, avant tout, à mes chers parents, pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices, leur soutien moral et leurs prières constantes. Leur patience, leur confiance et leurs encouragements ont été ma plus grande source de force tout au long de mon parcours.

À la mémoire de ma grande mère,

À mes chères sœurs,

À mes beaux-frères,

À mes neveux et mes nièces,

À Cola,

Enfin, je dédie ce travail à toutes les personnes qui m'ont soutenue de près ou de loin, par leurs paroles, leurs gestes et leur bienveillance.

Feghrour Assia

Contribution à l'étude bioécologique et caractérisation morphométriques des Insectes vecteurs des maladies d'intérêt médicales et vétérinaire dans la région nord-est Algérienne.

Résumé :

Les maladies vectorielles et les infections transmises par les moucheron du genre *Culicoides* et *Phlebotomus*, représentent un problème croissant en Afrique du Nord, et particulièrement en Algérie. Cette thèse se concentre sur deux groupes d'insectes d'intérêt médico-vétérinaire : les *Culicoides*, vecteurs de la fièvre catarrhale ovine, et les phlébotomes, vecteurs des leishmanioses. Dans ce contexte, l'objectif principal de l'étude est de caractériser l'abondance, la richesse et la diversité des espèces de *Culicoides* et de phlébotomes dans le Nord-Est algérien, tout en précisant leur bio-écologie. Par ailleurs, une étude morphométrique a été menée afin de déterminer les critères morphologiques permettant d'identifier et de différencier les espèces des phlébotomes, et une étude microbiologique a été réalisée pour caractériser la microflore associée aux phlébotomes.

Au total, 917 spécimens de *Culicoides* ont été collectés, dont 850 femelles et 67 mâles, répartis en 23 espèces appartenant à neuf sous-genres distincts. Parmi celles-ci, *C. brunnicans* Edwards, 1939 a été signalée pour la première fois en Algérie et même dans la région Maghreb. *C. imicola* s'est révélée être l'espèce la plus abondante, représentant 25 % de l'ensemble de la collecte, suivie par le complexe *C. obsoletus* Meigen, 1818 (20 %), *C. punctatus* Meigen 1804 et *C. newsteadi* Austen, 1921 (14 %), ainsi que *C. odiatus* Austen, 1921 (11 %). Les autres espèces représentaient chacune 2 % ou moins des spécimens récoltés.

Au total, 2 520 spécimens de phlébotomes ont été capturés et identifiés, comprenant 1 751 femelles et 769 mâles, appartenant aux deux genres *Phlebotomus* (96 %, représenté par cinq espèces) et *Sergentomyia* (4 %, représenté par une seule espèce). *P. perniciosus* Newstead, 1911 s'est révélée être l'espèce la plus abondante, représentant 71,62 % des spécimens, suivie de *P. longicuspis* Nitzulescu, 1911 (9,48 %) et de *P. papatasi* Scopoli, 1786 (8,45 %). Les autres espèces, à savoir *P. chadlii* Rioux, Juminer et Gibily 1966, *S. minuta* Adler et Theodor, 1927 et *P. perfiliewi* Parrot, 1930, représentaient respectivement 3,61 %, 3,53 % et 3,29 % de l'ensemble des captures.

Aucune relation statistiquement significative n'a été observée entre l'abondance mensuelle des espèces de *Culicoides* et de phlébotomes et les variables climatiques analysées, telles que la température moyenne, les précipitations et l'humidité relative. En revanche, l'altitude s'est révélée être le facteur environnemental le plus influent, conditionnant à la fois l'abondance et la répartition de ces insectes. Les densités les plus élevées ont été enregistrées dans les zones situées à des altitudes intermédiaires, comprises entre 400 et 800 mètres.

Des différences significatives ont été observées dans plusieurs critères morphométriques, permettant de distinguer clairement *P. perniciosus* de *P. longicuspis*, ainsi que de séparer les différentes espèces et genres de phlébotomes.

Une grande diversité de bactéries et de champignons est associée aux phlébotomes, qui pouvant représenter un risque supplémentaire pour la santé humaine et animale en raison de leur rôle de vecteurs de *Leishmania*. Ces résultats constituent une base solide pour l'élaboration de stratégies efficaces de surveillance et de contrôle des maladies vectorielles, tout en offrant des perspectives pour approfondir la compréhension de la biologie, de l'écologie et de la vectorialité des *Culicoides* et des phlébotomes, ainsi que pour étudier leurs interactions avec les agents pathogènes et la microbiote associée.

Mots-clés : *Culicoides*, phlébotomes, bio-écologie, étude morphométrique, étude microbiologique, Algérie.

Contribution to the bio-ecological study and morphometric characterization of insect vectors of medical and veterinary importance in the northeastern region of Algeria.

Abstract:

Vector-borne diseases and infections transmitted by midges of the genera *Culicoides* and *Phlebotomus* represent a growing problem in North Africa, particularly in Algeria. This thesis focuses on two groups of insects of medical and veterinary importance: *Culicoides*, vectors of bluetongue disease, and phlebotomine sandflies, vectors of leishmaniasis. In this context, the main objective of the study was to characterize the abundance, richness, and diversity of *Culicoides* and phlebotomine species in northeastern Algeria, while describing their bio-ecology. In addition, a morphometric study was conducted to determine morphological criteria for identifying and differentiating phlebotomine species, and a microbiological study was carried out to characterize the microflora associated with sandflies.

A total of 917 *Culicoides* specimens were collected, including 850 females and 67 males, distributed across 23 species belonging to nine distinct subgenera. Among these, *C. brunnicans* Edwards, 1939 was reported for the first time in Algeria and in the Maghreb region. *C. imicola* was the most abundant species, representing 25% of the collection, followed by the *C. obsoletus* complex Meigen, 1818 (20%), *C. punctatus* Meigen 1804 and *C. newsteadi* Austen, 1921 (14%), and *C. odiatus* Austen, 1921 (11%). Other species each accounted for 2% or less of the specimens.

A total of 2,520 phlebotomine specimens were captured and identified, including 1,751 females and 769 males, belonging to the two genera *Phlebotomus* (96%, represented by five species) and *Sergentomyia* (4%, represented by a single species). *P. perniciosus* Newstead, 1911 was the most abundant species, representing 71.62% of the specimens, followed by *P. longicuspis* Nitzulescu, 1911 (9.48%) and *P. papatasi* Scopoli, 1786 (8.45%). The remaining species, namely *P. chadlii* Rioux, Juminer et Gibily 1966, *S. minuta* Adler et Theodor, 1927, and *P. perfiliewi* Parrot, 1930, represented 3.61%, 3.53%, and 3.29% of the total captures, respectively.

No statistically significant relationship was observed between the monthly abundance of *Culicoides* and phlebotomine species and the climatic variables analyzed, such as average temperature, precipitation, and relative humidity. In contrast, altitude was the most influential environmental factor affecting both the abundance and distribution of these insects, with the highest densities recorded at intermediate altitudes between 400 and 800 meters.

Significant differences were observed in several morphometric criteria, allowing a clear distinction between *P. perniciosus* and *P. longicuspis*, as well as separation of different phlebotomine species and genera.

A great diversity of bacteria and fungi was associated with phlebotomines, potentially posing an additional risk to human and animal health due to their role as vectors of *Leishmania*. These results provide a solid basis for developing effective surveillance and control strategies for vector-borne diseases and offer perspectives for further understanding the biology, ecology, and vectorial capacity of *Culicoides* and phlebotomines, as well as their interactions with pathogens and associated microbiota.

Keywords: *Culicoides*, phlebotomines, bio-ecology, morphometric study, microbiological study, Algeria.

المساهمة في الدراسة البيوايكولوجية والتميز المورفومتري للحشرات الناقلة للأمراض ذات الأهمية الطبية والبيطرية في منطقة شمال شرق الجزائر

المخلص :

تمثل الأمراض المنقولة بواسطة الحشرات والعدوى التي تنقلها الذبائيات من جنس *براغيش/العض* وذبباب الرمل مشكلة متزايدة في شمال إفريقيا، وخصوصاً في الجزائر. تركز هذه الرسالة على مجموعتين من الحشرات ذات الأهمية الطبية والبيطرية *براغيش/العض*، ناقلات مرض الحمى القلاعية، وذبباب الرمل ناقل داء الليشمانيات. في هذا السياق، كان الهدف الرئيسي للدراسة هو توصيف الوفرة، والتنوع، وغنى الأنواع لدى *براغيش/العض* وذبباب الرمل في شمال شرق الجزائر، مع توضيح خصائصها البيولوجية والبيئية. بالإضافة إلى ذلك، أجريت دراسة مورفومترية لتحديد المعايير الشكلية اللازمة للتعرف على أنواع الذبابة الرملية وتمييزها، ودراسة ميكروبيولوجية لتوصيف الميكروفلورا المرتبطة بهذه الحشرات.

تم جمع 917 عينة من *Culicoides*، منها 850 أنثى و67 ذكرًا، موزعة على 23 نوعًا تنتمي إلى تسعة أجناس فرعية مختلفة. ومن بين هذه الأنواع، تم تسجيل *C. brunnicans* لأول مرة في الجزائر وحتى في منطقة المغرب العربي. وقد كانت *C. imicola* أكثر الأنواع وفرة، حيث شكلت 25% من المجموع، تلتها مجموعة *C. obsoletus* (20%)، و *C. punctatus* و *C. newsteadi* (14%)، و *C. odiatus* (11%) أما الأنواع الأخرى، فشكلت كل منها 2% أو أقل من العينات المجمعة.

أما بالنسبة للذبابة الرملية، فقد تم جمع 2,520 عينة، منها 1,751 أنثى و769 ذكرًا، تنتمي إلى جنسين هما *Phlebotomus* (96%)، ممثل بخمسة أنواع و *Sergentomyia* (4%)، ممثل بنوع واحد فقط. وكانت *P. perniciosus* أكثر الأنواع وفرة، حيث شكلت (71,62 %) من العينات، تلتها *P. longicuspis* (9.48%) و *P. papatasi* (8.45%) أما الأنواع الأخرى، وهي *P. chadlii* و *S. minuta* و *P. perfiliewi*، فقد شكلت 3.61%، 3.53%، و 3.29% على التوالي.

لم تلاحظ أي علاقة دالة إحصائية بين الوفرة الشهرية لأنواع *براغيش/العض* والذبابة الرملية والمتغيرات المناخية مثل متوسط الحرارة، كمية الأمطار، والرطوبة النسبية. بالمقابل، تبين أن الارتفاع كان العامل البيئي الأكثر تأثيرًا على وفرة وتوزيع هذه الحشرات، حيث تم تسجيل أعلى الكثافات عند الارتفاعات المتوسطة بين 400 و800 متر.

لوحظت فروق ذات دلالة إحصائية في عدة معايير مورفومترية، مما أتاح التمييز الواضح بين *P. longicuspis* و *P. perniciosus* وكذلك فصل الأنواع والأجناس المختلفة من الذبابة الرملية.

كما كشفت الدراسة الميكروبيولوجية عن وجود تنوع كبير من البكتيريا والفطريات المرتبطة بالذبابة الرملية، والتي قد تشكل خطرًا إضافيًا على صحة الإنسان والحيوان نظرًا لدورها كناقل للليشمانيا.

توفر هذه النتائج أساسًا قويًا لتطوير استراتيجيات فعالة لمراقبة والسيطرة على الأمراض المنقولة بواسطة الحشرات، وتفتح آفاقًا لفهم أعمق لبيولوجيا، وبيئة، وقدرة نقل الأمراض لدى *براغيش/العض* وذبابة الرمل، بالإضافة إلى دراسة تفاعلاتها مع العوامل الممرضة والميكروفلورا المرتبطة بها.

الكلمات المفتاحية: براغيش/العض، ذباب الرمل، علم البيئة الحيوية، دراسة القياس الشكلي، دراسة علم الأحياء الدقيقة، الجزائر.

Liste des abréviations

A3 : Segment antennaire 3.

A4 : Segment antennaire 4.

A5 : Segment antennaire 5.

AHSV: Virus de l'Africain horse sickness/ virus de la peste équine.

BT : La Blue Tongue.

BTV : Virus de la Blue Tongue.

C: *Culicoides*.

CDC: Centers for Disease Control.

CFU: Colony Forming Units.

DIO : Distance inter-oculaire.

E : Epipharynx.

FCO : La Fièvre Catarrhale Ovine.

fg : Filament génital.

l : Largeur aile.

L : Longueur aile.

L c : Longueur du cou.

l ci : Largeur cibarium.

L ci : Longueur cibarium.

l cl : Largeur clypeus.

L cl : Longueur clypeus.

L co : Longueur du conduit.

L cox : Longueur coxite

L : *Leishmania*.

L pa : Longueur paramère.

l Ph : Largeur pharynx.

L Ph : Longueur pharynx.

l sper : Largeur spermathèque.

L sper : Longueur spermathèque.

L st : Longueur style.

L sur : Longueur surstyle.

LC : Leishmaniose Cutanée.

LV : Leishmaniose Viscérale.

NA : Nombre d'anneaux.

NS : Nombre de soi.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

P : *Phlebotomus*.

p : Valve pennière.

P1 : Palpe 1.

P2 : Palpe 2.

P3 : Palpe 3.

P4 : Palpe 4.

P5 : Palpe 5.

pg : Pavillon génital.

pis : Piston.

po : Pompe génitale.

Q2 : quotient pluviométrique d'Emberger.

S : Sergentomyia.

SIG : Système d'Information Géographique.

SPSS : Statistical Package for the Social Sciences.

WHO : World Health Organization.

α : Alpha.

β : Beta.

γ : Gamma.

δ : Sigma.

π : Pi.

Liste des tableaux

Tableau 01 : Le découpage administratif de la région de Jijel (Chambre de Commerce et d'Industrie de Jijel, n.d.).....	37
Tableau 02 : Températures mensuelles moyennes, maxima et minima de la wilaya de Jijel durant la période d'étude (2023-2024).....	37
Tableau 03 : Pluviométries mensuelles de la wilaya de Jijel durant la période d'étude (2023-2024).....	38
Tableau 04 : Pourcentages de l'humidité relative de la wilaya de Jijel durant la période (2023-2024).....	38
Tableau 05 : Valeurs mensuelles de la vitesse du vent de la wilaya de Jijel durant la période (2023-2024).....	39
Tableau 06 : Températures mensuelles moyennes, maxima et minima de la wilaya de Constantine durant la période d'étude (2023-2024).....	41
Tableau 07 : Pluviométries mensuelles de la wilaya de Constantine I durant la période d'étude (2023-2024).....	41
Tableau 08 : Valeurs mensuelles de la vitesse du vent de la wilaya de Constantine durant la période (2023- 2024).....	42
Tableau 09 : Pourcentages de l'humidité relative de la wilaya de Constantine durant la période (2023-2024).....	42
Tableau 10 : Le découpage administratif de la région de Mila (Kadjoudj, 2022).....	44
Tableau 11 : Températures mensuelles moyennes, maxima et minima de la wilaya de Mila durant la période d'étude (jan-Dec 2024).....	45
Tableau 12 : Pluviométries mensuelles de la wilaya de Mila durant la période d'étude (2023-2024).....	45
Tableau 13: Pourcentages de l'humidité relative de la wilaya de Mila durant la période (Jan- Dec 2024).....	46
Tableau 14 : Valeurs mensuelles de la vitesse du vent de la wilaya de Mila durant la période (2023-2024).....	46
Tableau 15 : Les valeurs des moyennes des T° max, T° m (°C), P (mm) et Q2 (période 2014- 2024) dans la région de Mila.....	50
Tableau 16 : Les valeurs des moyennes des T° max, T° m (°C), P (mm) et Q2 (période 2014- 2024) dans la région de Jijel.....	50
Tableau 17 : Les valeurs des moyennes des T° max, T° m (°C), P (mm) et Q2 (période 2014- 2024) dans la région de Constantine.....	50
Tableau 18 : Description des sites de piégeages de Culicoides et de phlébotomes dans la région d'étude (2023-2024).....	53

Tableau 19 : Liste globale des espèces de Culicoides récoltées dans la région d'étude.....	65
Tableau 20 : Liste des espèces de phlébotomes recensés dans la région d'étude.....	101
Tableau 21 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des mâles <i>Phlebotomus perniciosus</i>	103
Tableau 22 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles <i>Phlebotomus perniciosus</i>	104
Tableau 23: Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des mâles <i>Phlebotomus longicuspis</i>	106
Tableau 24 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles <i>Phlebotomus longicuspis</i>	107
Tableau 25 : Analyse statistiques des mesures morphométriques pour les mâles de <i>P. perniciosus</i> et <i>P. longicuspis</i> , les valeurs de P sont indiquées par test de Mann-Whitney.....	108
Tableau 26: Analyse statistiques des mesures morphométriques pour les femelles de <i>P. perniciosus</i> et <i>P. longicuspis</i> , les valeurs de P sont indiquées par test de Mann-Whitney.....	109
Tableau 27 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des mâles <i>Phlebotomus perfiliewi</i>	111
Tableau 28 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles <i>Phlebotomus perfiliewi</i>	112
Tableau 29 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles <i>Phlebotomus chadlii</i>	114
Tableau 30 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des males <i>Phlebotomus chadlii</i>	115
Tableau 31 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des mâles <i>Phlebotomus papatasi</i>	117
Tableau 32 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles <i>Phlebotomus papatasi</i>	118
Tableau 33: Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des mâles <i>Sergentomyia minuta</i>	120
Tableau 34 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles <i>Sergentomyia minuta</i>	121
Tableau 35 : Valeurs propres et pourcentages de variabilités extraites sur les 2 axes.....	124
Tableau 36: Valeurs propres et pourcentages de variabilités extraites sur les 2 axes.....	126
Tableau 37 : Valeurs propres et pourcentages d'inertie.....	127
Tableau 38 : Répartition spatiale de la richesse spécifique des phlébotomes recensés dans la région d'étude (2023-2024).....	129
Tableau 39 : Taxons bactériens et fongiques isolés de la cuticule et du tube digestif moyen des phlébotomes selon le site, l'espèce, le sexe et le statut alimentaire.....	136
Tableau 40 : Comptage des colonies bactériennes (CFU $\times 10^3$) sur la cuticule et dans le tube digestif moyen des phlébotomes mâles et femelles à différents stades physiologiques, présenté en moyenne $\pm$ écart-type.....	141

Liste des figures

Figure 01 : Aspect général d'un <i>Culicoides</i> femelle ; (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) Scutelle.....	6
Figure 02 : Larve de <i>Culicoides</i> , quatrième stade larvaire.....	7
Figure 03 : Tête de <i>Culicoides</i> , avec des pièces buccales disséquées et élargies, (à gauche) et 3 ^{ème} segment palpale élargi (à droite).....	8
Figure 04: Scheme of the <i>Culicoides</i> wing parts, differentiating i) veins: C, costa; SC, subcostal; R, radial; M, M1, M2, median and branches; Cu, Cu1, Cu2, cubital and branches; A, anal; RM, radial-median crossvein; Arc, arculus; and ii) cells: b, basal; sc, subcostal; r1, first radial; r2, second radial; r5, fifth radial; m, m1, m2, medians; cu, cubital; an, anal.....	9
Figure 05 : <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 représentés par des chiffres romains : (VII-X).....	9
Figure 06 : Cycle de vie des <i>Culicoides</i>	11
Figure 07 : Distribution mondiale des principaux vecteurs <i>Culicoides</i>	13
Figure 08 : Wilayas touchées par le long bleu en Algérie en 2000.....	13
Figure 09: Les hôtes réservoirs.....	16
Figure 10 : Devenir du virus BTV chez l'hôte.....	16
Figure 11 : Bélier atteint de BT. Photos représentatives montrant des signes cliniques caractéristiques, notamment un œdème intermandibulaire (A), une conjonctivite (B), un érythème avec ulcérations de la muqueuse buccale (D) et une coronite (E).....	17
Figure 12 : Aspect général d'un Phlébotome.....	19
Figure 13 : Cycle de développement du phlébotome.....	21
Figure 14 : Anatomie de la tête et des pièces buccales d'un phlébotome.....	22
Figure 15: Couple reproducteur de <i>Phlebotomus duboscqi</i>	24
Figure 16 : Distribution géographique de phlébotomes dans le monde.....	26
Figure 17 : Répartition mondiale de la leishmaniose cutanée (2022).....	28
Figure 18 : Des petites filles souffrent de leishmaniose viscérale infantile ; un bébé présente des lésions dues à la leishmaniose cutanée zoonotique.....	29
Figure 19 : leishmaniose cutanée.....	30
Figure 20: Répartition des leishmanioses, viscérale et cutanée en Algérie.....	31
Figure 21 : taxonomie de la <i>leishmanie</i>	32

Figure 22 : développement de <i>Leishmania</i> dans l'intestin moyen du phlébotome.....	32
Figure 23 : diagramme montrant la morphologie de deux formes de parasites de <i>Leishmania</i> . A- la forme promastigote, B- la forme amastigote.....	33
Figure 24 : Cycle parasitaire de Leishmaniose.....	34
Figure 25 : Situation géographique de la wilaya de Jijel.....	36
Figure 26 : Situation géographique de la wilaya de Constantine.....	40
Figure 27 : Situation géographique de la wilaya de Mila.....	43
Figure 28 : Diagramme de précipitations sur deux ans dans la région de Jijel (2023-2024).....	48
Figure 29 : Diagramme de précipitations sur deux ans dans la région de Constantine (2023-2024).....	48
Figure 30 : Diagramme de précipitations sur deux ans dans la région de Mila (2023-2024).....	49
Figure 31 : Position de la région de Mila, Constantine et de Jijel dans le Climagramme d'Emberger (2014-2024).....	51
Figure 32 : Localisation géographique des sites de collecte dans la région d'étude (Arcgis, 2024).....	52
Figure 33 : Quelques photos des sites de piégeages (photos originales).....	55
Figure 34 : Piège lumineux de type CDC (A) et UV (B) utilisé dans notre étude (photos originales).....	56
Figure 35 : la dissection et l'identification des <i>Culicoides</i>	57
Figure 36 : la dissection des phlébotomes (photos originales).....	57
Figure 37 : Photos représentant le logiciel utilisé pour l'étude morphométrique (photos originales).....	58
Figure 38 : Distribution Géographique des sites de la collection.....	60
Figure 39 : Schéma du protocole de préparation des spécimens de phlébotomes pour l'analyse microbiologique (fongique et bactérienne). * : les volumes initiaux (15 µl) ont été dilués pour atteindre un volume final de 100 µl pour les analyses microbiologiques.....	62
Figure 40 : Critères d'identification morphologique de <i>C. brunnicans</i> ♀ ; (A) Aile ; (B) Tête ; (C) Spermathèques; (D) Aile (photos originales).....	67
Figure 41 : Critères d'identification morphologique de <i>C. brunnicans</i> ♂ ; (A) Génitalia; (B) Edéage; (C) Aile (photos originales).....	68
Figure 42 : Critères d'identification morphologique de <i>C. maritimus</i> ♀ ; (A) Aile; (B) tête; (C) Spermathèques (photos originales).....	69
Figure 43 : Critères d'identification morphologique de <i>C. sahariensis</i> ♂ ; (A) Génitalia; (B) Aile (photos originales).....	69
Figure 44 : Critères d'identification morphologique de <i>C. kurensis</i> ♀ ; (A) Aile; (B) tête; (C) Spermathèques (photos originales).....	70

Figure 45 : Critères d'identification morphologique de <i>C. subfascipennis</i> ♀ ; (A) Aile; (B) tête (Yeux séparés); (C) Spermathèques.....	71
Figure 46 : Critères d'identification morphologique de <i>C. subfascipennis</i> ♂ ; (A) Aile; (B) Génitalia.....	71
Figure 47 : Critères d'identification morphologique de <i>C. cataneii</i> ♀ ; (A) Aile; (B) tête; (C) Spermathèques (photos originales).....	72
Figure 48 : Critères d'identification morphologique de <i>C. cataneii</i> ♂ ; (A) Génitalia; (B) Aile.....	73
Figure 49 : Critères d'identification morphologique de <i>C. geigelensis</i> ♀ ; (A) Aile; (B) tête; (C) Spermathèques (photos originales).....	73
Figure 50 : Critères d'identification morphologique de <i>C. geigelensis</i> ♂ ; (A) Génitalia.....	74
Figure 51 : Critères d'identification morphologique de <i>C. obsoletus</i> ♀ ; (A) Aile (photo originale) ; (B) tête; (C) Spermathèques.....	74
Figure 52 : Critères d'identification morphologique de <i>C. obsoletus</i> ♂ ; (A) Génitalia; (B) Aile (photos originales).....	75
Figure 53 : Critères d'identification morphologique de <i>C. scoticus</i> ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques.....	76
Figure 54 : Critères d'identification morphologique de <i>C. scoticus</i> ♂ ; (A) Génitalia; (B) Aile (photos originales).....	76
Figure 55 : Critères d'identification morphologique de <i>C. punctatus</i> ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques.....	77
Figure 56 : Critères d'identification morphologique de <i>C. grisenscens</i> ♀ ; (A) Aile ; (B) Spermathèques (photos originales).....	78
Figure 57 : Critères d'identification morphologique de <i>C. circumscriptus</i> ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques.....	79
Figure 58 : Critères d'identification morphologique de <i>C. circumscriptus</i> ♂ ; (A) Génitalia; (B) Aile (photos originales).....	79
Figure 59 : Critères d'identification morphologique de <i>C. parroti</i> ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques (photos originales).....	80
Figure 60 : Critères d'identification morphologique de <i>C. nubeculosus</i> ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques.....	81
Figure 61 : Critères d'identification morphologique de <i>C. nubeculosus</i> ♂ ; (A) Génitalia.....	81
Figure 62 : Critères d'identification morphologique de <i>C. odiatus</i> ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques (photos originales).....	82
Figure 63 : Critères d'identification morphologique de <i>C. pulicaris</i> ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques (photos originales).....	83
Figure 64 : Critères d'identification morphologique de <i>C. newsteadi</i> ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques (photos originales).....	84
Figure 65 : Critères d'identification morphologique de <i>C. newsteadi</i> ♂ ; (A) Génitalia (photo originale).....	84

Figure 66 : Critères d'identification morphologique de <i>C. longipennis</i> ♀ ; (A) Aile ; (B) Spermathèques; (C) tête.....	85
Figure 67 : Critères d'identification morphologique de <i>C. saevus</i> ♀ ; (A) tête e ; (B) Spermathèques; (photos originales).....	86
Figure 68 : Critères d'identification morphologique de <i>C. imicola</i> ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques (Photos originales).....	86
Figure 69 : Critères d'identification morphologique de <i>C. kibunensis</i> ♂ ; (A) Génitalia; (B) Aile (photos originales).....	87
Figure 70 : Critères d'identification morphologique de <i>C. langeroni</i> ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques (Photos originales).....	88
Figure 71 : Critères d'identification morphologique de <i>C. paolae</i> ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques (Photos originales).....	89
Figure 72 : Répartition des Culicoides collectés selon le sous-genre.....	90
Figure 73 : Répartition et abondances des Culicoides selon leur sexe.....	91
Figure 74 : Carte thermique avec double regroupement hiérarchique agglomératif montrant les associations entre la distribution des espèces de <i>Culicoides</i> et les sites échantillonnés, avec un regroupement des assemblages d'espèces et des sites selon les similarités des abondances normalisées des espèces.....	92
Figure 75 : Répartition spatiale de la richesse spécifique des Culicoides recensés dans la région d'étude (2023-2024).....	93
Figure 76 : Abondances relatives des Culicoides récoltés pendant la période d'étude (2023-2024).....	93
Figure 77 : Variations spatiale de l'indice de Simpson et d'équitabilité dans les sites prospectés.....	94
Figure 78 : Comparaison des indices de diversité (SR, richesse spécifique ; E, équitabilité ; IS, indice de diversité de Simpson) entre les sites suburbains et ruraux, ainsi qu'entre l'intérieur et l'extérieur des abris pour animaux. Les graphiques combinent des diagrammes en violon avec les points de données individuels superposés et présentent les résultats du test t de Welch comme sous-titres pour chaque comparaison.....	95
Figure 79 : Diagramme d'ordination de l'échelle multidimensionnelle non métrique (NMDS) comparant la composition des espèces de Culicoides entre les refuges pour animaux à l'intérieur et à l'extérieur (A) et entre les sites ruraux et suburbains (B). Le symbole astérisque (*) indique le centroïde de chaque polygone coloré.....	96
Figure 80 : Dynamiques saisonnières des Culicoides et variation de la température, des précipitations et de l'humidité relative au cours des deux saisons (février–octobre) des années 2023 et 2024 dans les provinces de Constantine (graphiques supérieurs), Jijel (graphiques centraux) et Mila (graphiques inférieurs).....	98
Figure 81 : Distribution altitudinale de l'abondance des espèces de Culicoides (graphique supérieur) et abondance relative (%) des espèces de Culicoides capturées à différentes tranches d'altitude (graphique inférieur).....	100
Figure 82 : Critères d'identification du sous-genre Larroussious ; (A) Génitalia mâle (x10), (B) spermathèque femelle (x40), (C) pharynx (x10) (photos originales).....	102

Figure 83 : Critères d'identification de <i>Phlebotomus perniciosus</i> ; (A) valves péniennes forme typique, (B) valves péniennes forme atypique, (C) spermathèque femelle (x40) (photos originales).....	103
Figure 84 : Critères d'identification de <i>Phlebotomus longicuspis</i> ; (A) valves péniennes, (B) spermathèque femelle (x40) (photos originales).....	106
Figure 85 : Critères d'identification de <i>Phlebotomus perfiliewi</i> ; (A) valves péniennes, (B) spermathèque femelle (x40) (photos originales).....	111
Figure 86 : Critères d'identification de <i>Phlebotomus chadlii</i> ; (A) valves péniennes (x40) (photos originales), (B) spermathèque femelle (× 200). (berdjan –brouk et al., 2011).....	113
Figure 87 : Critères d'identification de <i>Phlebotomus papatasi</i> ; (A) valves péniennes (x40), (B) génitalia mâle (x10), (C) spermathèque femelle (x40) (photos originales).....	117
Figure 88 : Critères d'identification de <i>Sergentomyia minuta</i> ; (A) valves péniennes (x40) (B) génitalia male (x10), (C) tête femelle (x10), (D) cibarium (x10), (E) spermathèque femelle (x40) (photos originales).....	120
Figure 89 : Répartition des phlébotomes collectés selon le genre.....	122
Figure 90 : Répartition des phlébotomes capturés selon le sexe.....	123
Figure 91 : Distribution stationnelle des phlébotomes récoltés (2023-2024).....	124
Figure 92 : Carte factorielle axe (F1-F2) des sites de captures des phlébotomes.....	125
Figure 93 : Analyse en composantes principales appliquées sur les espèces.....	126
Figure 94 : Carte factorielle axe (F1xF2) de la répartition des différentes espèces de phlébotomes recensés dans les sites d'étude.....	127
Figure 95 : Répartition spatiale de la richesse spécifique des phlébotomes recensés dans la région de Mila (2023-2024).....	129
Figure 96 : Abondances relatives des phlébotomes récoltés pendant la période d'étude (2023-2024).....	130
Figure 97 : Variations spatiale de l'indice de Simpson et d'équitabilité dans les sites prospectés.....	132
Figure 98 : Répartition mensuelle spécifique des phlébotomes récoltés dans la région de Mila, Jijel, et Constantine (2023-2024).....	133
Figure 99 : Répartition altitudinale de l'abondance des espèces de phlébotomes (A) et répartition des espèces de phlébotomes à différentes plages d'altitude (B).....	135
Figure 100 : Comparaison des isolats bactériens et fongiques entre la cuticule et le tube digestif moyen des phlébotomes.....	138
Figure 101 : Pourcentage de phlébotomes présentant une absence, une seule ou plusieurs souches microbiennes sur la cuticule et dans le tube digestif moyen.....	138
Figure 102 : Présence et origine des différents isolats microbiens.....	139
Figure 103 : Isolats fongiques et bactériens identifiés.....	140

RÉSUMÉS	
LISTE DES ABREVIATIONS	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES FIGURES	
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 01. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	5
1. <i>Culicoides</i>	5
1.1. Généralités.....	5
1.2. Classification.....	5
1.3. Morphologie.....	6
1.3.1. Les stades pré imaginaux.....	6
1.3.2. L'adulte (imago).....	8
1.4. Bio-écologie.....	11
1.4.1. Habitat.....	11
1.4.2. Nutrition et cycle gonotrophique.....	11
1.4.3. Vitesse de vol et dispersion.....	12
1.4. 4. Longévité	12
1.5. Répartition géographique des <i>Culicoides</i>	12
1.6. Importance médicale et vétérinaire de <i>Culicoides</i>	13
1.6.1.Nuisance.....	13
1.6.2. La fièvre catarrhalé ovine (FCO).....	14
1.6.2.1.Distribution géographique de La fièvre catarrhalé ovine.....	15
1.6.2.2. Manifestations cliniques de bleu tongue virus (BTV) en Algérie.....	15
1.6.2.3. Le virus de blue tongue (BT).....	15
1.6.2.4. Le reservoir.....	15
1.6.2.5. Mécanisme de transmission de BTV.....	16
1.6.2.6. Signes cliniques	16

1.7. Impacte des facteurs climatiques sur la biologie des <i>Culicoides</i>	17
2. Phlébotomes.	19
2.1. Généralités.....	19
2.2. Classification.....	19
2.3. Morphologie.....	20
2.3.1. Les stades pré imaginaires	20
2.3.2. L'adulte (imago).....	21
2.4. Bio-écologie.....	23
2.4.1. Habitat.....	24
2.4.2. Nutrition.....	24
2.4.3. Vitesse de vol et dispersion.....	25
2.4.4. Longévité	25
2.4.5. Hibernation des phlébotomes	25
2.5. Distribution géographique des phlébotomes.....	25
2.6. Importance médicale et vétérinaire de phlébotomes.....	27
2.7. La leishmaniose.....	27
2.7.1. Distribution géographique	28
2.7.2. Manifestations cliniques de la leishmaniose en Algérie.....	29
2.7.2. Les leishmanies	31
2.7.2.1. Cycle évolutif des leishmanies.....	33
2.8. Reconnaissance du Compétence vectorielle.....	34
2.9. Impacte des facteurs climatiques sur la biologie des phlébotomes.....	35
2.9.1. Influence sur les larves de phlébotomes.....	35
2.9.2. Influence sur les phlébotomes adultes.....	35
Chapitre 02 : Matériels et méthodes.....	36
2. Présentation de la zone d'étude.....	36
2.1. La région de Jijel	36
2.1.1. Cadre géographique.....	36
2.1.2. Cadre administrative.....	36
2.1.3. Cadre climatique.....	37

2.1.3.1. Température	37
2.1.3.2. Précipitation	38
2.1.3.3. L'humidité relative	38
2.1.3.4. Le vent	39
2.1.4. Cadre géologique.....	39
2.1.5. Cadre végétatif et hydrologique	39
2.2. La région de Constantine.....	39
2.2.1. Cadre géographique.....	39
2.2.2. Cadre administrative.....	40
2.2.3. Cadre climatique.....	40
2.2.3.1. Température.....	40
2.2.3.2. Pluviométrie.....	41
2.2.3.3. Le vent.....	41
2.2.3.4. L'humidité relative.....	42
2.2.4. Cadre géologique.....	42
2.2.5. Cadre végétatif et hydrologique	42
2.2.6. Cadre d'agriculture et d'élevage.....	43
2.3. La région de Mila.....	43
2.3.1. Cadre géographique.....	43
2.3.2. Cadre administratif	43
2.3.3. Cadre climatique.....	44
2.3.3.1. Température.....	44
2.3.3.2. Précipitation	45
2.3.3.3. L'humidité relative.....	45
2.3.3.4. Le vent.....	46
2.3.4. Cadre géologique.....	46
2.3.4.1. Reliefs.....	48
2.3.4.2. Pédologie.....	48
2.3.5. Cadre végétatif et hydrologique	46
2.3.6. Cadre d'agriculture et d'élevage.....	47
3. Analyse climatique.....	47
3.1. Diagramme pluvio-thermiques de Gaussen.....	47
3.2. Climagramme et quotient pluviométrique d'Emberger	49

4. Matériel et méthodes utilisées.....	51
4.1. Choix de la région d'étude.....	51
4.2. Description des sites de captures.....	52
4.3. Techniques d'échantillonnage sur terrain et traitement des échantillons au laboratoire.....	55
4.3.1. Techniques d'échantillonnage sur terrain.....	55
4.3.2. Traitement des échantillons au laboratoire.....	56
4.3.2.1. Transport des spécimens.....	56
4.3.2.2. Tri des Culicoides et des phlébotomes.....	56
4.3.2.3. Identification des Culicoides.....	56
4.3.2.4. Identification des <i>Phlébotomes</i> (CMCP-10).....	57
5. Etude morphométrique.....	58
6. Étude écologique.....	59
6.1. Richesse spécifique (RS)	59
6.2. Abondance relative (AR %)	59
6.3. Indice de Simpson (IS)	59
6.4. Équitabilité (E).....	59
7. Etude microbiologique.....	59
7.1. Zone d'étude.....	60
7.2. Traitement des phlébotomes.....	60
7.3. Identification des champignons.....	61
7.4. Identification des bactéries.....	61
8. Analyses statistiques.....	62
8.1. Pour les Culicoides.....	62
8.2. Pour les phlébotomes.....	63
Chapitre 03: Résultats et discussion.....	65
3.1. Inventaire faunistique des <i>Culicoides</i> recensés dans la région d'étude.....	65
3.1. 1. Composition des communautés des espèces de <i>Culicoides</i>	65
3.1.2. Description des espèces recensées.....	66
3.1.2.1. <i>Culicoides brunnicans</i> Edwards, 1939.....	66
3.1.2.2. <i>Culicoides maritimus</i> Kieffer, 1924.....	68
3.1.2.3. <i>Culicoides sahariensis</i> Kieffer, 1923.....	69

3.1.2.4. <i>Culicoides kurensis</i> Dzhafarov 1960.....	70
3.1.2.5. <i>Culicoides subfascipennis</i> Kieffer, 1919.....	70
3.1.2.6. <i>Culicoides cataneii</i> Clastrier, 1957.....	72
3.1.2.7. <i>Culicoides gejjelensis</i> Dzhafarov, 1964.....	73
3.1.2.8. <i>Culicoides obsoletus</i> (Meigen, 1818).....	74
3.1.2.9. <i>Culicoides scoticus</i> Downes & Kettle, 1952.....	75
3.1.2.10. <i>Culicoides punctatus</i> Meigen, 1804.....	76
3.1.2.11. <i>Culicoides grisescens</i> Edwards, 1939.....	77
3.1.2.12. <i>Culicoides circumscriptus</i> Kieffer, 1918.....	78
3.1.2.13. <i>Culicoides parroti</i> Kieffer, 1922.....	79
3.1.2.14. <i>Culicoides nubeculosus</i> Meigen, 1830.....	80
3.1.2.15. <i>Culicoides odiatus</i> Austen, 1921.....	81
3.1.2.16. <i>Culicoides pulicaris</i> Linné, 1758.....	82
3.1.2.17. <i>Culicoides newsteadi</i> Austen, 1921.....	83
3.1.2.18. <i>Culicoides longipennis</i> Khalaf, 1957.....	84
3.1.2.19. <i>Culicoides saevus</i> Kieffer, 1922.....	85
3.1.2.20. <i>Culicoides imicola</i> Kieffer, 1913.....	86
3.1.2.21. <i>Culicoides kibunensis</i> Tokunaga, 1937.....	87
3.1.2.22. <i>Culicoides langeroni</i> Kieffer, 1921.....	87
3.1.2.23. <i>Culicoides paolae</i> Boorman, Mellor and Scaramozzino, 1996.....	88
3.1.3. Etude écologique.....	89
3.1.3.1. Répartition des <i>Culicoides</i> selon le sous-genre.....	89
3.1.3.2. Répartition des <i>Culicoides</i> capturés selon la sex-ratio.....	90
3.1.3.3. Répartition spatiale des <i>Culicoides</i> dans la région d'étude.....	91
3.1.4. Variation de la diversité et de la composition des <i>Culicoides</i>	92
3.1.4.1. Richesse spécifique des espèces de <i>Culicoides</i> capturées.....	92
3.1.4.2. Abondances relatives des <i>Culicoides</i> récoltées dans la région d'étude.....	93
3.1.4.3. L'indice de diversité de Simpson et l'indice d'équitabilité.....	94
3.1.4.4. Variation de la diversité et de la composition des <i>Culicoides</i> selon le biotope.....	95
3.1.5. Dynamique saisonnière des <i>Culicoides</i> et effet des facteurs climatiques sur l'abondance de ces espèces.....	97
3.1.6. Effet de l'altitude sur la distribution et l'abondance des espèces de <i>Culicoides</i>	99

3.2. Inventaire systématique des phlébotomes recensés dans la région d'étude.....	101
3.2. 1. Composition des communautés des espèces de phlébotomes.....	101
3.2.2. Description des espèces recensées.....	102
3.2.2.1. Sous-genre Larroussious.....	102
3.2.2.1.1. <i>Phlebotomus (Larroussious) perniciosus</i>	102
3.2.2.1.2. <i>Phlebotomus (Larroussious) longicuspis</i>	105
3.2.2.1.3. <i>Phlebotomus (Larroussious) perfiliewi</i>	110
3.2.2.1.4. <i>Phlebotomus (Larroussious) chadlii</i>	113
3.2.2.2. Sous-genre <i>Phlebotomus</i>	115
3.2.2.2.1. <i>Phlebotomus (Phlebotomus) papatasi</i>	116
3.2.2.3. Sous-genre <i>Sergentomyia</i>	119
3.2.2.3.1. <i>Sergentomyia (Sergentomyia) minuta</i>	119
3.2. 3. Structure bioécologique des phlébotomes recensés.....	122
3.2. 3.1. Répartition des phlébotomes en fonction du genre.....	122
3.2.3.2. Répartition des phlébotomes capturés selon la sex-ratio.....	123
3.2.3.3. Répartition spatiale des phlébotomes dans la région d'étude.....	123
3.2.3.3.1. L'analyse en composantes principales appliquées sur les espèces en fonction des sites d'étude.....	124
3.2.3. 3. 2. L'analyse en composantes principales appliquées sur les 10 sites en fonction des espèces (ACP).....	126
3.2.3.3.3. Analyse factorielle des correspondances appliquées sur les espèces inventoriées dans les 10 stations durant la période d'étude (AFC).....	127
3.2.4. Variation de la diversité et de la composition des phlébotomes.....	128
3.2.4.1. Richesse spécifiques des espèces de phlébotomes capturées.....	128
3.2.4.2. Abondances relatives des phlébotomes récoltées dans la région	130
3.2.4.3. L'indice de diversité de Simpson et l'indice d'équitabilité.....	131
3.2.4.4. Dynamique saisonnière des phlébotomes et effet des facteurs climatiques sur l'abondance de ces espèces.....	132
3.2.4.5. Effet de l'altitude sur la distribution et l'abondance des espèces de phlébotomes.....	134
3.2.5. Etude microbiologique.....	136
3.2.5.1. Occurrence et distribution des micro-organismes chez les phlébotomes.....	136
3.2.5.2. Diversité des micro-organismes isolés.....	138

3.2.5.3. Associations microbiennes avec les variables des phlébotomes.....	140
3.2.5.4. Nombre moyen de colonies bactériennes selon le sexe et le stade physiologique.....	141
Conclusion.....	144
Références bibliographique.....	146
Annexes.....	I

Introduction

Introduction

Les insectes hématophages jouent un rôle majeur dans la transmission de nombreuses maladies infectieuses et zoonotiques chez l'homme et l'animal (Álvarez-Hernández et S-Rivera, 2017). Parmi eux, les Culicoides et les phlébotomes du genre *Phlebotomus* sont reconnus comme des vecteurs essentiels de pathogènes d'importance médico-vétérinaire, notamment le virus de la fièvre catarrhale ovine et les parasites du genre *Leishmania* (Benallal et al., 2022). Ces maladies représentent un problème croissant en Afrique du Nord, et particulièrement en Algérie, où leur prévalence et leur aire de répartition ne cessent de s'étendre.

Plus largement, les insectes de l'ordre des *Diptera* constituent les principaux vecteurs biologiques d'agents viraux, parasitaires et bactériens responsables de maladies telles que les leishmanioses, la fièvre catarrhale ovine, diverses arboviroses et le paludisme (Alikhan et al., 2016). Leur capacité hématophage, leur plasticité écologique et leur aptitude à coloniser une grande variété de biotopes en font des acteurs clés dans l'épidémiologie de ces infections émergentes et ré-émergentes.

Dans un contexte marqué par les changements climatiques, l'urbanisation croissante et l'évolution des écosystèmes, l'expansion géographique des populations vectrices devient de plus en plus préoccupante, rendant indispensable l'étude de leur diversité, de leur bio-écologie et de leurs interactions avec les agents pathogènes (Mecheri et al., 2023). Une meilleure compréhension de ces éléments constitue un préalable essentiel pour anticiper les risques sanitaires et développer des stratégies efficaces de surveillance et de contrôle.

Les phlébotomes, petits diptères hématophages appartenant à la famille des *Psychodidae*, occupent une place centrale en santé publique et vétérinaire en raison de leur rôle dans la transmission d'un large éventail de pathogènes (Depaquit et al., 2017). Ils sont surtout connus comme les seuls vecteurs biologiques des parasites du genre *Leishmania*, responsables des leishmanioses cutanées et viscérales chez l'homme et plusieurs mammifères domestiques et sauvages (Ready, 2013). En plus des parasites, certains phlébotomes sont également impliqués dans la transmission de virus, notamment le virus de la fièvre pappataci (*Phlebovirus*) et d'autres phlébovirus émergents, qui provoquent des syndromes fébriles chez l'homme et parfois des infections sévères chez les animaux (Ergunay et al., 2017). Plusieurs études ont également suggéré leur capacité à transporter ou transmettre certaines bactéries opportunistes, ce qui pourrait renforcer leur rôle dans la dynamique de zoonoses (Javadian et al., 2018).

En Algérie, la faune phlébotomienne est relativement diversifiée et abondante, reflétant la variété des biotopes du pays. Les espèces les plus fréquemment signalées appartiennent principalement au genre *Phlebotomus*, parmi lesquelles *P. perniciosus*, *P. perfiliewi*, *P. papatasi*, *P. longicuspis* et *P. chadlii*, toutes reconnues comme vectrices potentielles ou confirmées de leishmanioses humaines et animales (Amira et al., 2022). D'autres espèces du genre *Sergentomyia* sont également présentes, bien que leur rôle vectoriel chez l'homme soit généralement limité. La présence de ces espèces, combinée aux conditions écologiques favorables dans de nombreuses régions d'Algérie, contribue à la persistance et à l'expansion des foyers de leishmaniose dans le pays. Cette situation souligne la nécessité d'études approfondies sur l'écologie, la dynamique saisonnière et la distribution des phlébotomes afin de mieux comprendre les risques sanitaires associés et de renforcer les stratégies de surveillance entomologique.

La leishmaniose est une maladie parasitaire majeure, endémique dans plus de 100 pays, avec 700 000 à 1 million de cas annuels, transmise par des phlébotomes femelles infectées et se manifestant sous des formes cutanées, viscérales ou cutanéomuqueuses. Son expansion mondiale est favorisée par les changements climatiques, l'urbanisation, les migrations et les interactions croissantes entre réservoirs animaux et populations humaines (Ready, 2013).

En Algérie, la leishmaniose demeure un important problème de santé publique, avec une endémicité bien établie pour la leishmaniose cutanée (LC) et la leishmaniose viscérale (LV). La LC zoonotique, due à *Leishmania major*, prédomine dans les régions steppiques et sahariennes, où les rongeurs du genre *Meriones* jouent le rôle de principaux réservoirs (Belazzoug et al., 1991). La LC anthroponotique, causée par *L. tropica*, est surtout signalée dans les zones montagneuses et périurbaines du Nord. Quant à la LV, provoquée par *L. infantum*, elle touche principalement le Nord du pays et affecte à la fois l'homme et le chien, réservoir domestique majeur (kadjoudj, 2022). Chaque année, l'Algérie enregistre plusieurs milliers de cas, principalement de LC, ce qui en fait l'un des pays les plus touchés du bassin méditerranéen (Amira, 2022). Les facteurs influençant la transmission incluent la diversité des phlébotomes, les conditions climatiques, les modifications environnementales et l'expansion des habitats urbains.

Culicoides Latreille, 1809 (Diptera : Ceratopogonidae) représentent les plus petits diptères hématophages au monde, avec plus de 1 400 espèces décrites (Borkent, 2012 ; Isiye et al., 2025). Ces insectes sont présents dans les régions tropicales, subtropicales, tempérées et même la toundra, à l'exception des zones polaires de l'Antarctique et de la Nouvelle-Zélande (Isiye et al., 2025). Les *Culicoides* jouent un rôle majeur en tant que vecteurs de divers protozoaires parasites, bactéries, virus et nématodes d'importance médicale et vétérinaire. Parmi les virus transmis aux animaux, on compte notamment le virus de la maladie hémorragique épizootique (EHDV), le virus Akabane, le virus de la peste équine africaine (AHSV), le virus Schmallenberg touchant la faune domestique et sauvage, ainsi que le virus de la fièvre catarrhale ovine (BTV) (Da Rosa et al., 2017 ; Sakkas et al., 2018 ; Isiye et al., 2025).

Le premier foyer documenté du Blue Tongue Virus (BTV) a été signalé en Afrique du Sud en 1870 (Henning, 1956), avant de se propager à d'autres régions, notamment l'Europe et l'Afrique du Nord, sous l'effet du changement climatique, des modifications de l'utilisation des terres, de la mondialisation des échanges et de l'évolution des pratiques d'élevage (Caporale et Giovannini, 2010). La diversité des sérotypes de BTV introduits en Europe et dans les pays méditerranéens souligne la nécessité de disposer de connaissances taxonomiques actualisées.

En 2000, l'Algérie a enregistré ses premiers cas de la fièvre catarrhale ovine (FCO), totalisant 28 foyers répartis dans sept wilayas (Jijel, Skikda, Annaba, Guelma, Tébessa, Souk-Ahrass et Oum El-Bouaghi) situées dans les régions centre et nord-est du pays (Mellor et Wittmann, 2002 ; Hammami, 2004). La maladie est réapparue en Algérie en 2004 puis en 2014 dans les mêmes régions (Djeral et Delécolle, 2009 ; Kardjadj et al., 2016).

La faune culicoidienne d'Afrique du Nord est majoritairement composée d'espèces d'origine paléarctique, avec une présence limitée d'espèces afrotropicales (Belkharchouche et al., 2020). À ce jour, 54 espèces de *Culicoides* ont été recensées au Maroc (Bourquia et al., 2019) et 35 en Tunisie

(Sghaier et al., 2017). En Algérie, les études restent limitées, mais 61 espèces ont été signalées (Belkharchouche et al., 2020 ; Kadjoudj et al., 2022). Parmi elles, cinq espèces ; *C. punctatus*, *C. imicola*, *C. newsteadi*, *C. obsoletus* et *C. kingi*, qui sont reconnues comme vectrices impliquées dans la transmission du BTV (Berrayah et al., 2020).

Les maladies transmises par les vecteurs dépendent d'interactions écologiques complexes qui conditionnent la répartition et la densité des insectes vecteurs (Kabbout et al., 2014). De manière générale, la prévention efficace de ces maladies repose sur la réduction, le contrôle ou l'élimination des populations de vecteurs dans leur environnement (Lemon et al., 2008 ; Ramilo et al., 2017).

Une identification précise des espèces vectrices est indispensable dans le cadre des maladies à transmission vectorielle. En effet, des espèces morphologiquement similaires peuvent présenter des différences écologiques ou biologiques importantes, pouvant entraîner des rôles distincts dans les cycles de transmission (Fontenille et al., 2017). La morphométrie classique demeure, à ce titre, un outil fiable et performant pour distinguer les espèces de phlébotomes, notamment lorsqu'il s'agit d'espèces très proches génétiquement ou morphologiquement (Dujardin et Le Pont, 2004).

De nombreuses études ont montré que la microflore des phlébotomes adultes provient de sources variées. En effet, les femelles déposent leurs œufs dans le sol, les cavités animales ou les anfractuosités d'arbres, où les larves se nourrissent de matières organiques en décomposition, enrichissant ainsi leur microbiote intestinal en microorganismes environnementaux (Killick-Kendrick, 1999 ; Ready, 2013). L'alimentation des adultes constitue également une source importante de microbes : si les femelles nécessitent un repas de sang pour la production d'œufs, le sucre demeure la principale ressource énergétique chez les deux sexes. Ce régime sucré, provenant notamment du miellat sécrété par les pucerons et cochenilles ou de l'ingestion directe de tissus végétaux, représente une voie d'acquisition supplémentaire de bactéries et de champignons (Cameron et al., 1995; Müller & Schlein, 2004). Ainsi, la composition du microbiote des phlébotomes reflète en grande partie les ressources alimentaires disponibles dans leur environnement (Fraïhi et al., 2017).

Par ailleurs, il est admis que le microbiote intestinal joue un rôle clé dans la résistance à la colonisation, en inhibant le développement de microorganismes exogènes, souvent pathogènes, soit par compétition directe soit par le biais de mécanismes immunitaires (Dillon & Dillon, 2004). Cette fonction protectrice a été observée chez plusieurs insectes, où la flore intestinale limite la transmission de parasites d'importance médicale sans nécessairement bloquer les agents pathogènes propres à l'insecte (Castro et al., 2012 ; Wang et al., 2013). Chez les phlébotomes, l'hypothèse d'un effet inhibiteur de certains microorganismes intestinaux sur le développement de *Leishmania* a été avancée dès les travaux de Schlein et al. (1985) et confirmée par des recherches récentes montrant que bactéries et champignons du tube digestif peuvent interférer avec l'établissement du parasite, directement ou via l'activation de médiateurs immunitaires (Layouni et al., 2023).

Dans ce contexte, notre étude constitue la première investigation menée en Algérie visant à caractériser la microflore associée aux phlébotomes, apportant ainsi des données inédites sur la diversité microbienne de ces vecteurs et ouvrant de nouvelles perspectives quant à leur écologie, leur compétence vectorielle et leurs interactions avec les agents pathogènes.

Le présent manuscrit porte sur :

- La caractérisation des communautés d'espèces de Culicoides et de phlébotomes dans la région Nord-est algérien (Mila, Jijel, et Constantine), couvrant des zones rurales et suburbaines appartenant aux étages climatiques humide, subhumide et semi-aride.
- L'analyse des facteurs influençant l'abondance, la diversité, la distribution et la dynamique de ces deux groupes de mouches hémaphysaires d'intérêt médico-vétérinaire.
- L'étude de la distribution altitudinale des espèces à travers différents sites d'échantillonnage afin d'identifier les variations écologiques liées au gradient d'altitude.
- L'évaluation de l'impact de paramètres climatiques notamment la température, les précipitations et l'humidité relative sur l'abondance saisonnière et la répartition spatiale des populations collectées.

Ce travail de thèse est réparti en trois chapitres :

- Le premier chapitre de ce travail présente une synthèse bibliographique comprenant les connaissances essentielles sur les phlébotomes et les Culicoides, notamment leur morphologie, leur bio-écologie, leur répartition géographique ainsi que leur importance médico-vétérinaire.
- Le deuxième chapitre est dédié à la description de la région d'étude, ainsi qu'à la présentation du matériel et des méthodes employés pour les investigations entomologiques. Il inclut également les méthodes d'analyses statistiques utilisées pour le traitement des résultats.
- Le troisième chapitre est consacré à l'analyse des résultats obtenus et à leur discussion en les comparant aux travaux antérieurs.

Enfin, une conclusion générale assortie de perspectives vient clôturer ce travail, en ouvrant la voie à de nouveaux axes de recherche. En effet, de nombreuses investigations restent nécessaires pour approfondir et enrichir les connaissances dans ce domaine.

Synthèse
bibliographique

Chapitre 01: Synthèse bibliographique

1. Les *Culicoides*.

1.1. Généralités

Les *Culicoides* (Diptera : Ceratopogonidae) sont les mouches hématophages les plus petites et les plus nombreuses à l'échelle mondiale (Laredo-Tiscareno et al. 2024, Garrido-Bautista et al. 2022). Leur distribution est assez étendue, englobant les zones tropicales, subtropicales, la toundra et les régions tempérées, sauf en Antarctique et en Nouvelle-Zélande (Mellor et al., 2000). Les femelles de *Culicoides* sont vectrices de plusieurs virus, bactéries, protozoaires parasites et nématodes d'importance médicale et vétérinaire (Sick et al., 2019 ; Martínez-de la Puente et al., 2021). Néanmoins, la majorité des travaux sur ce groupe s'intéressent sur sa participation dans la propagation de virus (par exemple, le virus de la peste équine (VPE ; famille des Sedoreoviridae), le virus de la fièvre catarrhale ovine (TVB ; famille des Sedoreoviridae), le virus de la fièvre éphémère bovine (VFE ; famille des Rhabdoviridae), le virus de Schmallenberg (famille des Peribunyaviridae) et le virus Akabane (famille des Peribunyaviridae)) au bétail, Cela est dû à leur impact économique sur le secteur industriel. (S. Viridiana, Laredo-Tiscareno et al., 2024). Toutefois, les *Culicoides* sont des vecteurs bien connus d'autres parasites, en particulier les trypanosomes aviaires (Svobodová et al., 2017) ainsi que l'*Haemoproteus*, un parasite aviaire de nature paludéenne (Valkiūnas, 2006), qui confirment aussi leur implication dans la diffusion des parasites à la faune sauvage (Garrido-Bautista et al., 2022).

1.2. Classification.

Auparavant, les fossiles offrent des renseignements sur la vie passée et les liens entre les espèces en se basant sur leurs propriétés morphologiques et leur histoire évolutive antérieure, tout comme des informations concernant les espèces disparues. Sur le plan taxonomique, le genre *Culicoides* appartient à la sous-famille Ceratopogoninae ainsi qu'à la tribu Culicoidini. En comparaison avec les autres genres, celui-ci est le plus varié, comptant 1 347 espèces réparties sur 33 sous-genres et 38 groupes d'espèces (Belkharchouche, 2021).

La systématique du genre repose principalement sur des caractères morphologiques, notamment:

- Les taches sombres et claires sur les ailes ;
- La répartition des organes sensoriels ;
- La longueur des antennes ;
- L'aspect des organes reproducteurs chez les mâles ;
- Le nombre et la forme des spermathèques chez les femelles ;
- L'indice des antennes (Bourcet, 2012).

Règne: Animalia.

Embranchement: Arthropoda.

Classe: Insecta.

Ordre: Diptera.

Famille: Ceratopogonidae (Chaker et al., 2005).

1.3. Morphologie.

Les *Culicoides*, aussi appelés brûlots, sont des insectes de petite taille, allant de 0,5 à 3 mm. Ils possèdent une morphologie typique avec un corps petit, dont les ailes recouvrent le corps au repos. Des antennes filiformes prolongées, globuleuses à leur base, composées de 12 à 16 segments disposés à la manière d'une rosace (kabout, 2017 ; kadjoudj, 2022). Le corps s'articule en trois parties distinctes : la tête, le thorax et l'abdomen ; la tête est aplatie de l'avant vers l'arrière et arrondie, renfermant les organes sensoriels, Le thorax porte les ailes et les pattes, tandis que l'abdomen abrite les fonctions viscérales et reproductrices, sans appendice. (Chaker et al., 2005). Ce sont des diptères qui disposent d'une seule paire d'ailes membraneuses et de nématocères, dotés d'antennes allongées. L'identification des *Culicoides* est simplifiée par les taches noires et blanches sur leurs ailes, composées de pigments contenus dans la membrane alaire. En outre, l'aile renferme une nervure médiane avec pédicule et une nervure transversale (Chaker et al., 2005 ; Dik,2017).

1.3.1. Les stades pré imaginaux

Les *Culicoides* passent par quatre étapes de développement : l'œuf, la larve (quatre stades), la nymphe, et enfin l'apparition de l'adulte. La durée de ce cycle est influencée par les conditions météorologiques, variant d'une semaine dans les régions tropicales à près de 7 mois dans les zones tempérées (Augot et Depaquit, 2010). Selon l'espèce, les stades immatures sont aptes à se développer dans divers environnements, notamment dans les zones humides riches en matière organique, la végétation en décomposition, les bords des cours d'eau ou même dans les cavités des arbres (Belkhechouche ,2021).

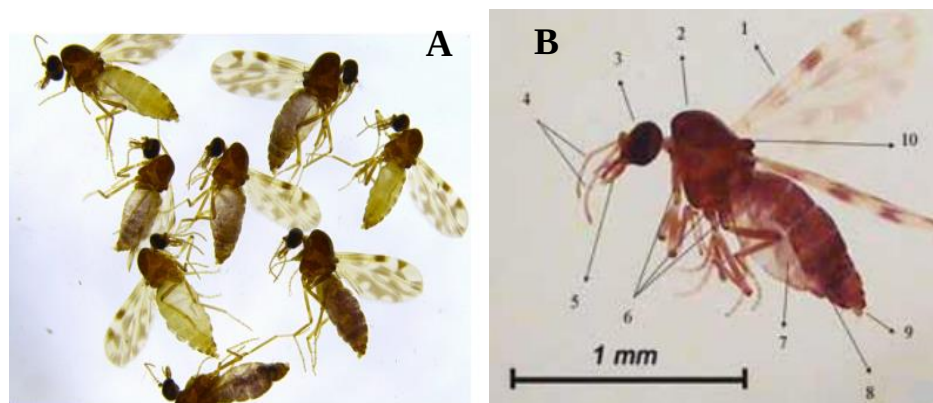


Figure 01: (A) Aspect général d'un *Culicoides* femelle ; (B) les organes d'un *Culicoides* : (1) Aile ; (2) Thorax (Scutum) ; (3) Yeux composés ; (4) Antennes ; (5) Pièces buccales et palpes ; (6) Paires de pattes ; (7) Abdomen ; (8) Position des organes génitaux internes ; (9) Cerques anaux ; (10) Scutez-le. (Mullen et Murphree, 2019).

a. Œuf.

Les œufs possèdent une forme fusiforme, de petite taille et allongée, avec une longueur qui varie de 250 à 500 μm et un diamètre oscillant entre 65 et 80 μm . Lorsqu'ils éclosent, ils sont d'une blancheur très délicate, mais acquièrent graduellement une couleur brunâtre lorsqu'ils sont en contact avec l'air (Mullen et Murphree, 2019). Après un repas sanguin et dans des conditions optimales, les œufs se

développent au bout de quelques jours. Les œufs sont déposés dans des substrats humides, notamment dans des eaux stagnantes telles que : les vases en bordure de rivières ou à proximité des juments, selon les préférences spécifiques à chaque espèce. Les œufs présentent de fines projections qui retiennent un film d'air à leur surface, facilitant ainsi les échanges gazeux et garantissant la respiration lorsqu'ils sont immergés. Lorsque la température est adéquate, les œufs éclosent en quelques jours (Perie et al., 2005 ; Osborne et al., 2023).

b. Larve.

Les larves de *Culicoides* ont une tête sclérifiée, un corps divisé en 11 segments et dépourvues d'appendices, Elles sont apneustiques et dotées d'un encéphale mobile, leur conférant un déplacement de type serpent (Kabout, 2017; Belkherchouche, 2021). La larve traverse quatre étapes distinctes avant d'atteindre l'état de nymphe. Elles mesurent de 0,5 mm lors de leur première phase larvaire et peuvent grandir jusqu'à plusieurs millimètres au quatrième stade, voire jusqu'à 2 cm chez certaines espèces (Kremer, 1965). Les larves présentent une capsule céphalique jaunâtre à brunâtre (Perie et al., 2005).

Les larves de moucheron piqueurs se développent dans des endroits semi-aquatiques où la matière organique est abondante. Tels que les mangroves, les flaques, les marécages, ou encore dans des excréments, des fruits en décomposition et des cavités d'arbres. (Zimmer et al. 2014 ; Bandeira et al., 2021). Le type de substrat et l'eau disponible sont cruciaux pour leur développement (Uslu and dik, 2010 ; Bautista et al., 2023). La période larvaire peut durer de 2 semaines dans les zones tropicales à 7 mois dans les régions tempérées. (Belkherchouche, 2021)



Figure 02 : Larve de *Culicoides*, quatrième stade larvaire (Foxi. et al., 2020).

c. Nymphe.

La phase nymphale se forme au même endroit que le dernier stade larvaire (kadjoudj, 2022). Morphologiquement, les nymphes ont une taille qui varie de 1 à 3 millimètres et présentent une distinction entre le céphalothorax et l'abdomen. La tête et le thorax sont fusionnés, possédant une paire de cornes tubulaires prothoraciques qui servent à la respiration aérienne grâce à plusieurs orifices. Le céphalothorax, plus large que long, présente des tubercules plus ou moins épineux sur sa face antérieure et dorsale. L'abdomen est formé de neuf segments. Des tubercules se forment sur les côtés de chaque segment, leur nombre et leur dimension étant plus marquées sur les cinq premiers segments. Le segment terminal se prolonge par des cornes qui divergent. La présence d'une protubérance triangulaire sur la section ventrale du dernier segment abdominal permet de différencier les mâles des

femelles à venir (kabout, 2017). La phase nymphale est brève, les adultes apparaissant généralement entre 3 et 10 jours (Belkherchouche, 2021). Les nymphes, bien qu'elles soient mobiles, sont peu dynamiques et ne se nourrissent pas, ce qui facilite leur hibernation dans les régions tempérées (kadjoudj, 2022).

1.3.2. L'adulte (imago).

Les adultes, ou imagos, sont de petits moucheron trapus et gibbeux, mesurant de 1 à 4 mm de long (Mullen, 2009). Comme chez l'ensemble des insectes, leur corps est structuré en trois parties principales : la tête, le thorax et l'abdomen (Venail, 2014).

✓ La tête

La tête, arrondie et aplatie dans le sens antéro-postérieur, est en grande partie occupée par des yeux composés à facettes. Les palpes maxillaires comptent Cinq articles, parmi lesquels le troisième qui est souvent plus volumineux, présentent une ou plusieurs fossettes sensorielles munies d'organes claviformes. La trompe est de type piqueur-sueur, adaptée à la piqûre (Kabout, 2017). En moyenne, les femelles possèdent 13 ou 15 articles antennaires. Depuis la tête, on observe le scape, de forme annulaire, puis le pédicelle, nettement élargi, suivis de huit articles courts et de cinq articles plus longs. Pour le mâle, la distribution est différente : 10 articles de courtes sont précédés de 3 articles plus longs (Perie et al., 2005).

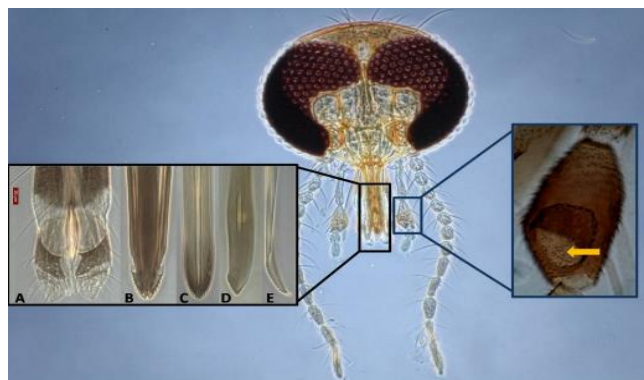


Figure 03 : Tête de *Culicoïdes*, avec des pièces buccales disséquées et élargies, (à gauche) et 3^{ème} segment palpale élargi (à droite) (Foxi et al., 2020).

✓ Le thorax

Le thorax est segmenté et portant une paire d'ailes, une paire de balanciers assurant l'équilibre en vol, ainsi que trois paires de pattes. Pour la plupart des espèces, les ailes présentent des taches. La forme, l'arrangement (ou l'absence) de ces taches sur les ailes donne des indications cruciales pour déterminer l'espèce. Au repos, les ailes sont repliées sur le dos, sans écailles, et présentent généralement des zones plus ou moins sombres (Balenghien et Delécolle, 2009). Les ailes ont une longueur approximative de 1 à 1,5 mm et une largeur d'environ 0,05 à 0,08 mm. Elles sont constituées de nervures qui délimitent des cellules et de phanères. (fig.03). La costa, la subcosta, la radiale, la transverse, l'anale (An), la médiane (M) et la cubitale (Cu) font partie des nervures alaires. Les cellules sont désignées comme suit : cellule basale, cellules radiales (r1, r2, r5), cellules médianes (m1, m2, m4) et cellule cubitale (Cu) (Ritchie et al., 2004). Les pattes présentent une longueur plutôt courte et sont légèrement pubescentes (Balenghien et Delécolle, 2009). Elles se composent de cinq segments : la coxa, le tranchanter, le fémur, le tibia et le tarse (Dusom, 2012). Les pattes ne se différencient pas par des

caractéristiques spécifiques, sauf pour la paire arrière qui possède un peigne tibial distal riche en épines (Perie et al., 2005).

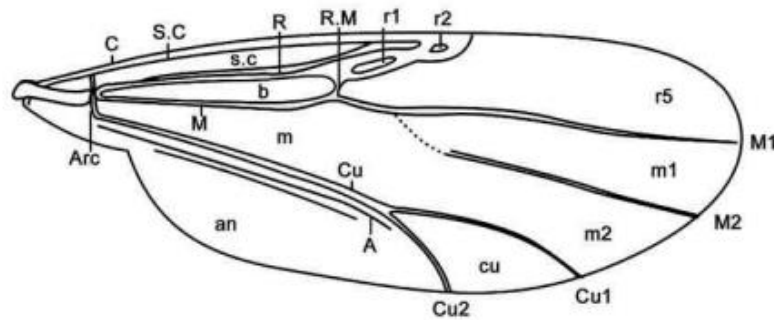


Figure 04: Schéma des différentes parties de l'aile de *Culicoides*, distinguant :

- i) les nervures : C, costa ; SC, sous-costale ; R, radiale ; M, M1, M2, médiane et ses branches ; Cu, Cu1, Cu2, cubitale et ses branches ; A, anale ; RM, nervure transversale radiale-médiane ; Arc, arcus ;
- et ii) les cellules : b, basale ; sc, sous-costale ; r1, première radiale ; r2, deuxième radiale ; r5, cinquième radiale ; m, m1, m2, médianes ; cu, cubitale ; an, anale (Talavera et al., 2011).

✓ L'abdomen

L'abdomen se compose de dix segments, les derniers étant le refuge de l'appareil génital interne de la femelle. Le nombre de spermathèques fonctionnelles varie selon l'espèce de une à trois, en général bien chitinisées. Chez les mâles, les derniers segments abdominaux sont dotés de l'organe reproducteur mâle, connu sous le nom d'hypopygium (Kabout, 2017 ; Kadjoudj, 2022).

✓ Appareil génital

Chez le mâle, l'hypopygium est composé du pénis (également appelé aedeagus), des paramères, des cerques, des extensions du 9ème segment abdominal (incluant le 9e tergite avec la lamelle et le 9e sternite), le coxite, les apodèmes, le style ainsi qu'une membrane basale (Delécolle, 1985). Chez les femelles, on trouve de une à trois spermathèques fonctionnelles, généralement bien chitinisées. Un anneau sclérifié peut se trouver à la jonction des conduits des spermathèques, et présenter différentes formes (Kabout, 2017). Pour certaines espèces, notamment celles du sous-genre *Avaritia*, les cerques sont au nombre de 11 et montrent un renflement recouvert de longs poils. Par ailleurs, l'orifice génital est encadré par des plaques chitineuses (Delécolle, 1985).

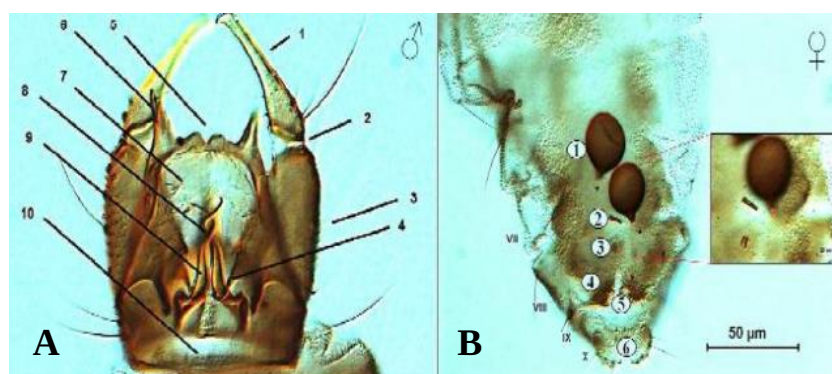


Figure 05 : (A). *Culicoides kibunensis* ♂ ; Organes génitaux : (1) Ditistyle ; (2) Articulation ; (3) Basistyle ; (4) Racine ventrale ; (5) Lobes et excavation caudomédiane ; (6) Processus apicolatéraux ; (7) Cercus ; (8) Édéage (flou) ; (9) Paramères ; (10) Neuvième sternite. (B). *Culicoides pallidicornis* ♀ ; 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, 2013).

- **Cycle de vie**

Les *Culicoides* sont des insectes à métamorphose complète (Hadj-Henni et al., 2014), dont le cycle de vie comprend quatre grandes phases : l'œuf, quatre stades larvaires successifs, la nymphe et l'adulte (imago). Le cycle de développement complet, de l'œuf à l'adulte, prend généralement trois semaines en moyenne. Toutefois, cette période de temps peut fluctuer selon les conditions environnementales, notamment la température. En hiver, dans les zones froides ou tempérées, la phase larvaire peut être significativement prolongée (Augot & Depaquit, 2010 ; Balenghien et al., 2010). La ponte a lieu sur des substrats humides riches en matière organique, généralement d'origine végétale en décomposition (feuilles mortes, souches pourries, cavités d'arbres) ou animale (bouses, crottins). Les œufs éclosent entre 2 et 8 jours après la ponte. Les stades immatures nécessitent la présence d'eau libre ou, à défaut, un niveau d'humidité élevé pour se développer. Une fois le développement larvaire terminé, la nymphe donne naissance à l'adulte, généralement entre 2 et 10 jours après la nymphose.

Certaines espèces de *Culicoides* sont autogènes, c'est-à-dire qu'elles sont capables d'effectuer une première ponte sans avoir préalablement pris de repas sanguin (Mellor et al., 2000). En revanche, la majorité des femelles adultes sont hématophages et nécessitent un repas de sang pour chaque cycle de ponte, qu'elles prennent généralement tous les 3 à 4 jours (Touchon et Warkentin, 2008). La reproduction s'effectue lors d'un vol nuptial qui rassemble un grand nombre de mâles et de femelles. Les spermatophores générés par les mâles sont stockés dans une à trois spermathèques femelles. Après l'accouplement, la femelle se met à la recherche d'un hôte pour se nourrir de sang, ce qui est essentiel pour le développement de ses œufs. Les femelles vont pondre leurs œufs lorsque les conditions de température sont optimales, généralement autour de 28 °C. Ils se rassemblent en tas ou en rangées dans des environnements humides, fournis de matière organique végétale décomposée, tels que les eaux stagnantes, le tronc d'arbres ou le fumier. Ils éclosent entre deux et huit jours après avoir été pondus, donnant naissance à de petites larves blanches. La période d'évolution des larves varie de deux semaines à plusieurs mois en fonction de la saison. Ensuite, la larve subit une métamorphose pour devenir nymphe, une étape pendant laquelle l'insecte arrête de se nourrir. L'adulte se manifestera entre deux et dix jours plus tard (Hadj-Henni et al., 2014).



Figure 06 : Cycle de vie des *Culicoides* (Slama et al., 2017).

1.4. Bio-écologie.

1.4.1. Habitat.

Les *Culicoides* se rencontrent principalement au niveau du sol, près des animaux (Velten et Mullens, 1997), particulièrement près de zones où l'eau est stagnante ou humide. Ils sont particulièrement sensibles à la sécheresse. Les larves occupent principalement la couche superficielle du substrat où elles se développent (Uslu et Dik, 2006). On peut aussi les observer sur la face inférieure des feuilles ou des herbes, particulièrement dans les zones d'ombre (Zimmer et al., 2008). Les nymphes peuvent aussi être trouvées à la surface du milieu (boue ou eau) où s'est effectué leur développement larvaire (Zimmer, 2007). La majorité des espèces de *Culicoides* présentent une activité surtout durant le crépuscule ou la nuit (Carpenter et al., 2013). Les *Culicoides* sont présents dans la plupart des écosystèmes, grâce à la diversité de leurs espèces capables de s'adapter à divers environnements (Kettle, 1984). Les adultes demeurent généralement près de leurs sites de reproduction en raison de leur faible capacité de déplacement. Cependant, le vent peut les transporter sur de vastes étendues (Mellor et al. 2000 ; Bandeira et al., 2021). Le substrat de ponte préféré varie selon l'espèce. Les substrats les plus fréquents incluent la boue riche en fumier avec une interface eau-sol (comme *C. sonorensis* Wirth & Jones), le compost (par exemple, *C. imicola* Kieffer) et les déjections animales (comme *C. brevitarsis* Kieffer) (Osborne et al., 2023).

1.4.2. Nutrition et cycle gonotrophique

En général, les mâles s'adonnent à la floricoles, se nourrissant de nectar, de sucre, de pollen et également de liquides et substances organiques en décomposition. En revanche, les femelles sont hématophages, bien qu'elles puissent aussi se nourrir de suc sucré. Elles requièrent un apport sanguin tous les 3 à 5 jours, ce qui est indispensable pour finaliser leur cycle trophogonique (Holmes et Birley, 1987). S. Viridiana Laredo-Tiscareno et al 2024 Le cycle gonotrophique dure généralement entre une et trois semaines, selon la température ambiante (kabout, 2017). Certaines espèces, comme *C. riethi*,

C. circumscriptus et *C. impunctatus*, produisent un premier lot d'œufs de manière autogène, mais nécessitent un repas de sang pour la production des lots d'œufs suivants (Kabout, 2017). En fonction de l'espèce, elles sont soit mammophiles, soit ornithophiles, et elles choisissent rarement les animaux à sang froid. Les *Culicoïdes* ont une préférence pour les animaux de couleur foncée plutôt que ceux de couleur claire pour se nourrir de sang. Dans une étude réalisée en France, *C. obsoletus*, *C. scoticus* et *C. dewulfi* préfèrent les juments, et seul *C. obsoletus* est retrouvé chez les oiseaux. *C. scoticus*, *C. dewulfi* et *C. obsoletus* ont également été identifiés chez les chèvres, les génisses et les moutons, présentant une préférence marquée pour les génisses plutôt que pour les chèvres ou les moutons (Dik, 2017). La plupart des espèces ont l'habitude de piquer surtout le matin à l'aube et le soir avant la tombée de la nuit (Balenghien et Delécolle, 2009). Les *Culicoïdes* se reproduisent en attrapant les femelles durant leur vol, l'accouplement dure de 2 à 3 minutes (Dik, 2017).

1.4.3. Vitesse de vol et dispersion

Les *Culicoïdes* possèdent une capacité de dispersion active très restreinte (environ 3 km), néanmoins, une dispersion passive est également possible (vent, transport des larves) (Bourcet, 2012). Ce phénomène est souvent cité pour expliquer la colonisation des îles méditerranéennes par *C. imicola*. De manière secondaire, la dispersion pourrait également être facilitée à l'état larvaire, par transport sur des animaux, et en particulier sur des oiseaux migrateurs, qui transportent de la boue contenant des larves accrochées à leurs pattes. (Balenghien et Delécolle, 2009).

Le comportement, la dispersion et la survie de ces moucheron piqueurs dépendent étroitement de plusieurs paramètres météorologiques, en particulier la température, l'humidité, la dynamique des flux d'air ainsi que le cycle lunaire. Les femelles se déplacent de façon dynamique pour chercher un partenaire, une source de nourriture sanguine, un lieu pour déposer leurs œufs ou se poser (Sellers, 1992). La phénologie des *Culicoïdes* varie selon les espèces. Certaines ont une répartition plus étendue tout au long de l'année, tandis que d'autres ne sont présentes que pendant une période relativement courte (Kabout, 2017).

Les *Culicoïdes* ont tendance à voler au crépuscule, et leurs activités alimentaires sont directement liées à leurs activités de vol. On observe une plus grande présence de *Culicoïdes* juste avant le crépuscule. Ils se manifestent intensément pendant deux à trois heures, puis leur présence nocturne diminue considérablement avec le lever du soleil (Dik, 2017).

1.4. 4. Longévité

Les imagos pourraient avoir une durée de vie moyenne de 10 à 20 jours, mais exceptionnellement, ils pourraient vivre jusqu'à 60 ou même 90 jours, surtout dans des conditions de basse température (Balenghien et Delécolle, 2009).

1.5. Répartition géographique des *Culicoïdes*

- Dans le monde

Les *Culicoïdes* présentent une distribution géographique quasi mondiale, à l'exception de certaines régions telles que la Nouvelle-Zélande, la Patagonie, l'Antarctique et quelques îles hawaïennes. Ils sont observés depuis le niveau de la mer jusqu'à des altitudes supérieures à 4 000 m (Mellor *et al.*, 2000).

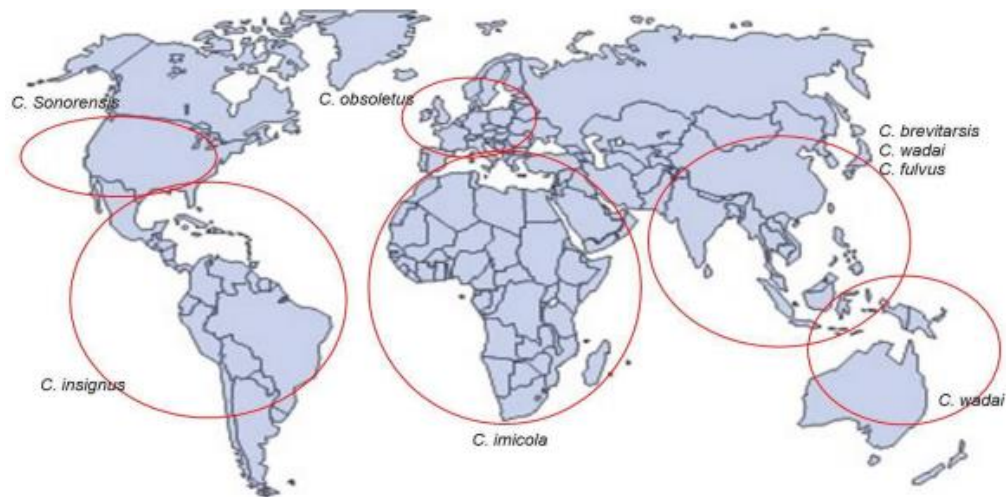


Figure 07 : Distribution mondiale des principaux vecteurs *Culicoides* (Venter,2014).

- En Algérie

En 2003, Un réseau d'entomo-surveillance a été instauré. On estime à 47 le nombre d'espèces identifiées dans les 18 départements étudiés en 2009 (Djerbal et Delécolle, 2009). Par ailleurs, 10 espèces sont mentionnées pour la première fois dans la faune « Culicoidienne » algérienne ; ces espèces incluent : *Culicoides montanus*, *C. punctatus*, *C. fascipennis*, *C. corsicus*, *C. ravus*, *C. clastrieri*, *C. festipennis*, *C.kurensis*, *C. langeroni* et *C. paolae*, on compte actuellement 61 espèces de *Culicoides* dans la faune algérienne (Belkherchouche et al., 2020 ; Kadjouj et al., 2022).

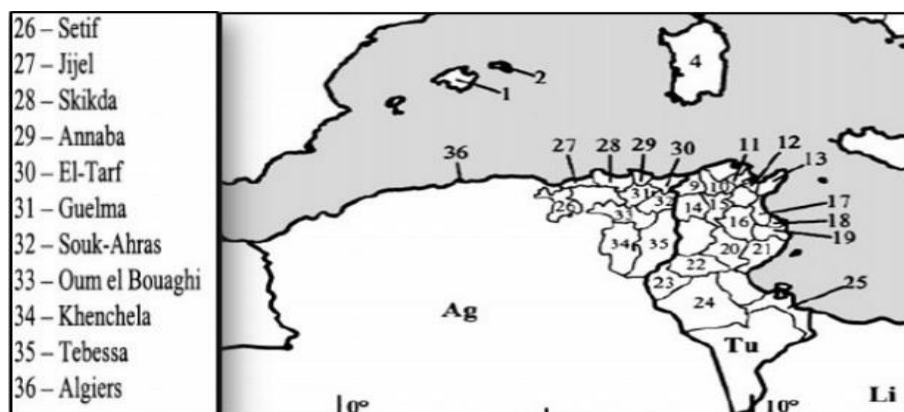


Figure 08 : Wilayas touchées par le long bleu en Algérie en 2000 (Mellor et Wittmann, 2002).

1.6. Importance médicale et vétérinaire de *Culicoides*

1.6.1.Nuisance

Les Cératopogonidés ont le potentiel de créer des nuisances qui pourraient entraver les activités humaines, agricoles ou touristiques (Balenghien et Delécolle, 2009). Seule une infime proportion des espèces de *Culicoides* exerce un impact délétère notable sur l'être humain. Cependant, même parmi celles reconnues pour leur rôle dans la transmission d'arbovirus, de bactéries, de protozoaires et d'helminthes parasites chez l'homme et les animaux, les *Culicoides* demeurent l'un des groupes de vecteurs diptères les moins étudiés (Carpenter et al., 2013).

En santé animale, plusieurs maladies virales d'importance majeure sont transmises par les *Culicoides*, notamment la fièvre catarrhale ovine, la peste équine, la maladie hémorragique des cervidés ainsi que la maladie de Schmallenberg (Venail, 2014 ; Villard *et al.*, 2019). Les trois premières affections sont causées par des virus du genre *Orbivirus*, qui appartiennent à la famille des *Reoviridae*. Ces trois pathologies figurent sur la liste des maladies à signaler obligatoirement à l'Office International des Épizooties, en raison de leur incidence socio-économique qui entraîne des pertes financières et des désagréments dans le commerce mondial (OIE, 2021). La piqûre des femelles hématophages de *Culicoides* est à la fois douloureuse et prurigineuse ; elle entraîne le plus souvent une sensation de brûlure, associée à l'apparition d'une petite nodosité rosée au niveau de la peau (Kremer, 1965). Les *Culicoides* causent une nuisance importante par leurs piqûres, tant chez l'homme que chez les animaux. Ils ne provoquent pas seulement de l'inconfort, leur influence va aussi au-delà en tant que porte-parole, chargés de transmettre des protozoaires, des filaires et surtout, des virus qui touchent autant l'homme que les animaux. *Culicoides paraensis* constitue le principal vecteur du virus Oropouche lors d'épidémies urbaines en Amérique centrale et du Sud. Ce virus est responsable de syndromes fébriles chez l'homme et peut, dans certains cas, évoluer vers une méningite. Par ailleurs, les virus du genre *Orbivirus*, transmis par les *Culicoides*, représentent une menace majeure pour la santé animale, en raison des maladies sévères qu'ils engendrent et de leurs importantes répercussions sanitaires et économiques. Parmi les affections virales les plus redoutables figure la peste équine, dont le taux de mortalité peut atteindre 90 à 95 %. À titre d'exemple, l'épizootie de 1854-1855 en Afrique du Sud actuelle a causé la mort de 70 000 équidés en seulement huit mois, soit environ 40 % de la population équine. Il convient aussi de noter la fièvre catarrhale ovine, qui reste un sujet d'actualité en Europe en raison de son incidence sur l'élevage (Balenghien et Delécolle, 2009).

1.6.2. La fièvre catarrhalé ovine (FCO)

La fièvre catarrhalé ovine (FCO), également appelée maladie de la langue bleue (Zimmer *et al.*, 2014), est une maladie virale vectorielle (Hwang *et al.*, 2019). Elle n'est pas contagieuse (Mellor & Wittmann, 2002 ; Abera *et al.*, 2018 ; De Oliveira Vial *et al.*, 2021), mais elle affecte principalement les ruminants domestiques et sauvages (Savini *et al.*, 2017 ; Cappai *et al.*, 2018 ; Pudar *et al.*, 2018 ; Mignotte *et al.*, 2021), notamment les ovins et les bovins (Mullen & Murphree, 2019). Seules certaines espèces du genre *Culicoides* (Diptera : Ceratopogonidae) assurent la transmission de cette maladie. Le virus responsable de la fièvre catarrhale ovine (FCO), également désigné sous le nom de virus de la fièvre catarrhale du mouton (BTV) (Rojas *et al.*, 2019), est un virus à ARN double brin appartenant au genre *Orbivirus*, au sein de la famille des *Reoviridae* (Venter, 2015 ; Abera *et al.*, 2018 ; Cappai *et al.*, 2018). On a identifié au moins 26 sérotypes distincts du virus de la fièvre catarrhale du mouton, parmi lesquels figurent les sérotypes 25 et 26 récemment repérés en Suisse et au Koweït (Kardjadj *et al.*, 2016). La FCO est une maladie qui doit être signalée obligatoirement. Cette pathologie figure parmi les 93 maladies à notifier à l'Organisation mondiale de la santé animale, du fait de ses effets socio-économiques sévères et de son incidence importante sur le commerce mondial des animaux et leurs produits dérivés (Saegerman *et al.*, 2008 ; Hwang *et al.*, 2019). Cette affection virale, malgré sa virulence, ne se propage pas de l'animal infecté à l'animal sain par contact direct. Elle se propage par la piqûre d'un moucheron, appartenant au genre *Culicoides*, vecteur d'un virus nuisible (Charbonnier *et al.*, 2009). La FCO se diffuse généralement de manière saisonnière, habituellement de fin d'été à fin d'automne, période où les vecteurs atteignent leur densité maximale (Pujols, 2012).

1.6.2.1. Distribution géographique de la fièvre catarrhale ovine

La fièvre catarrhale endémique sévit dans la majorité des régions tropicales et subtropicales comprises entre les latitudes 40° N et 35° S, où sont présents des vecteurs tels que les *Culicoides spp* (Abera et al., 2018). En Afrique, la fièvre catarrhale est connue en Afrique du Sud depuis 1870. Les modifications climatiques ont possiblement influencé l'apparition de nouveaux schémas de répartition, Cela facilite donc la propagation du virus de la fièvre catarrhale du mouton à travers la Méditerranée vers des nations où il ne posait pas de souci auparavant (Hammami et al., 2004). En 1999, des épidémies de BT ont été signalées dans des pays méditerranéens tels que la Bulgarie, la Tunisie et la Turquie. L'année après, des épidémies ont été signalées en Algérie, en Italie, en Espagne, en Grèce et en France, alors que la BT refaisait surface en Tunisie. En 2002, la Tunisie et la Bulgarie ont toutes les deux rapporté de nouveaux cas cliniques (Hammami et al., 2004). Plusieurs maladies transfrontalières menacent les cheptels d'Afrique du Nord (Algérie, Libye, Maroc et Tunisie). Ces menaces résultent du commerce international intégré, des déplacements transfrontaliers de bétail, ainsi que des changements climatiques actuels (Hammami et al., 2004).

1.6.2.2. Manifestations cliniques de bleu langue virus (BTV) en Algérie

Pour la première fois de son histoire, l'Algérie a signalé 28 cas de BT dans sa région nord-est entre juillet et septembre 2000. La maladie a affecté vingt-quatre villages du district de Jijel suite aux premiers cas identifiés. À l'issue de l'épidémie, six zones situées dans les régions orientales et centrales du pays (Skikda, Souk Ahras, Annaba, Guelma, Oum El Bouaghi et Tébessa) avaient subi des impacts (Hammami et al., 2004).

1.6.2.3. Le virus de bleu langue (BT)

Ce virus fait partie du genre Orbivirus, qui est inclus dans la famille des Reoviridae, Cela pourrait causer une épizootie parmi les ruminants, qu'ils soient de nature domestique ou sauvage. À l'heure actuelle, on recense 27 sérotypes à travers le monde. (Abera et al., 2018 ; Voigt et al., 2024). Tous les types de ruminants peuvent contracter la BT ; les manifestations cliniques de cette maladie incluent une température corporelle élevée, des hémorragies, une ulcération de la muqueuse oronasale, une coronite et des symptômes respiratoires qui varient (Cappai et al., 2018).

1.6.2.4. Le réservoir.

Les femelles *Culicoides* se nourrissent d'une variété d'hôtes, y compris les reptiles, les mammifères, les oiseaux, l'homme et même le sang des moustiques engorgé (Braverman et al., 1977). Les ruminants, qu'ils appartiennent à la faune sauvage ou au cheptel domestique, sont généralement identifiés comme les hôtes réservoirs majeurs (Braverman et al., 1971 ; Nevill & Anderson, 1972) ainsi que les équidés (Nevill & Anderson, 1972). Les bovins et caprins, bien qu'ils ne montrent aucun signe clinique d'infection, contribuent à la propagation du virus et représentent une source d'infection pour de nouveaux vecteurs. Malgré cette fonction de réservoir. On considère souvent que la présence de bovins offre une protection aux ovins : En attirant plus de vecteurs, les bovins minimiseraient le risque de propagation de la FCO vers les ovins (Luedke & Anakwenze, 1972). Les bovins peuvent être contaminés par les *Culicoides* sur une durée pouvant atteindre 100 jours, alors que pour les moutons, cette période est restreinte à 60 jours (kabout, 2017).

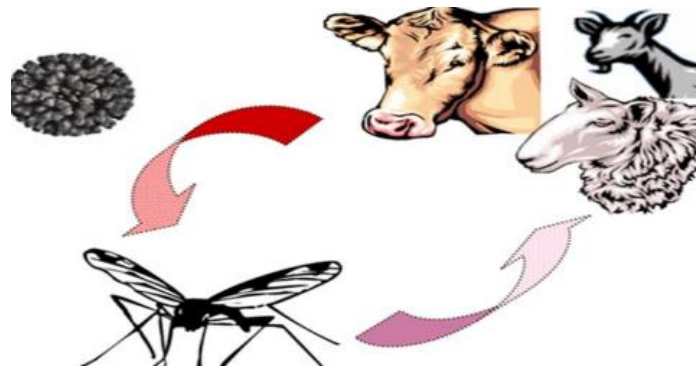


Figure 09: Les hôtes réservoirs (kabout, 2017).

1.6.2.5.Mécanisme de transmission de BTV

Suite à une piqûre du *Culicoides*, celui-ci devient porteur du virus après avoir ingéré le sang d'un hôte vertébré atteint de viremie (Perie et al., 2005). Le virus se multiplie initialement dans le ganglion lymphatique voisin, avant de se propager par voie lymphatique et sanguine à tous les organes et tissus, infectant ainsi les macrophages, les cellules endothéliales des vaisseaux sanguins et les cellules dendritiques (Albina et al., 2007). On désigne cela comme « la période d'incubation extrinsèque » qui représente l'écart entre l'ingestion du virus et le moment où le virus est relâché dans la salive (Mellor et al., 2009).

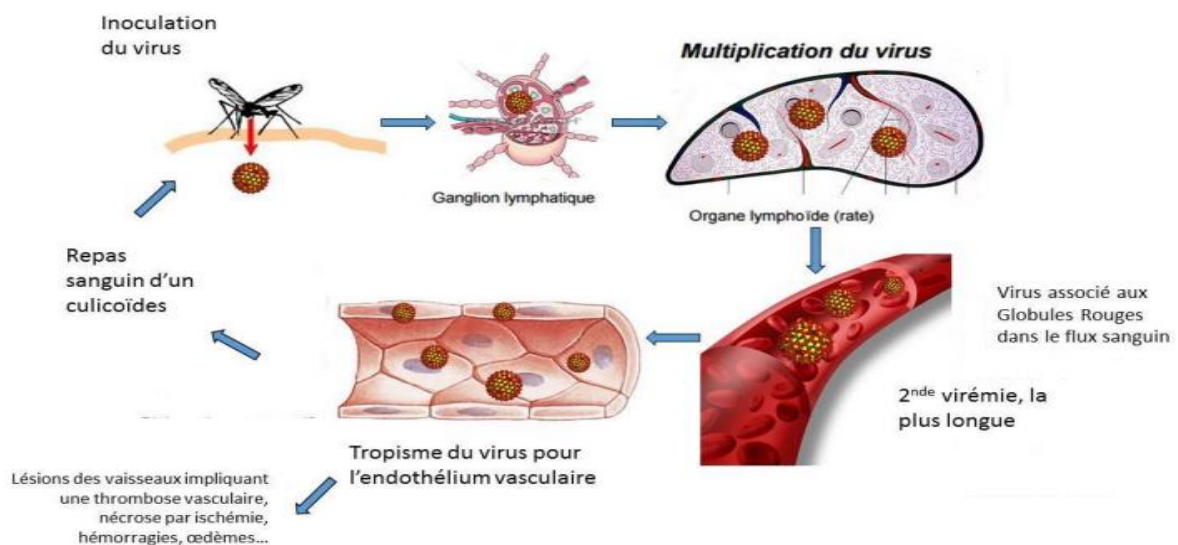


Figure 10 : Devenir du virus BTV chez l'hôte (Pons, 2017).

1.6.2.6.Signes cliniques

La fièvre catarrhale du mouton se caractérise souvent par de la fièvre, un œdème facial, une hyperémie, une congestion et une érosion des muqueuses (Hwang et al., 2019). Elle se traduit par une maladie aiguë, chronique ou infraclinique ; les races de laine fine montrent la plus grande sensibilité. L'intervalle d'incubation de cette maladie peut aller de quatre à huit jours (Sperlova et Zendulkova, 2011), La période d'incubation peut atteindre un maximum de 18 jours. Les animaux infectés présentent une hyperthermie pouvant atteindre 42 °C, accompagnée d'une anorexie et d'un abattement généralement observés pendant quatre à huit jours. Des manifestations congestives, œdémateuses et

hémorragiques se développent également au cours de cette période : des zones étendues de congestion et des saignements ponctuels apparaissent sur la muqueuse buccale, associés à une hypersalivation. Ces lésions peuvent évoluer vers des ulcérations, tandis que la langue se colore en cyanose, d'où l'appellation « bluetongue » (Bréard et al., 2007). Cependant, cela arrive très rarement. Dans certaines situations, une dyspnée, une diarrhée hémorragique importante ou des vomissements susceptibles de provoquer une pneumonie par aspiration peuvent survenir (Sperlova et Zendulkova, 2011).



Figure 11 : Bélier atteint de BT. Photos représentatives montrant des signes cliniques caractéristiques (Foxi et al., 2020).

1.7. Impacte des facteurs climatiques sur la biologie des *Culicoides*.

Le rôle du changement climatique est largement discuté sur la distribution des maladies. Des apparitions récentes de maladies traditionnellement tropicales dans des zones tempérées alimentent les conjectures. Ces apparitions sont principalement liées à la croissance sans précédent des circulations de personnes et de marchandises et à l'élimination des obstacles physiques qui, jusqu'à récemment, freinaient la propagation des agents pathogènes et/ou de leurs vecteurs. Il est à noter que quelques-unes ont prouvé leur aptitude à s'établir de manière pérenne dans des écosystèmes vierges, dont les attributs semblent être bien distants de leurs zones d'endémisme. Il est connu que les facteurs abiotiques comme la température et l'humidité ont un impact sur la dynamique des populations

. Ils ont aussi un impact sur le potentiel vecteur de certaines espèces exogènes ou indigènes (De La Rocque et Rioux, 2008). Nous concentrons nos efforts sur les *Culicoides*, où la répartition des espèces est fortement dépendante des conditions environnementales locales (Braverman, 1994 ; Mellor et al., 2000 ; Borkent et Spinelli, 2007), tels que la température, l'humidité relative, la vitesse du vent et les précipitations, sans oublier les caractéristiques physiques et chimiques du sol où a lieu le développement larvaire (Bandeira et al., 2017). Il est évident que la température influence de manière significative le comportement et la survie de ces petits moucheron. Effectivement, leur activité est

notable dans une plage de température allant de 13°C à 35°C (Zimmer et al., 2008). Il est clair que les températures plus chaudes prolongent la longévité des *Culicoides* adultes, accélèrent leur cycle de développement larvaire (ce qui accroît le nombre de générations réalisées) et, surtout, stimulent le taux de piqûre et de reproduction du virus externe. Cependant, une baisse des températures peut également prolonger cette longévité tout en restreignant l'activité (Pons, 2017). Parfois, les *Culicoides* peuvent parcourir de plus grandes distances grâce au vent et aux courants d'air chaud. Les distances parcourues s'étendent de 1 à 700 kilomètres, avec des vents pouvant atteindre 10 à 40 km/h et des températures variant de 12°C à 35°C (Perie et al., 2005). Un niveau élevé d'humidité est également un facteur crucial, surtout pour les stades larvaires qui sont très vulnérables à la sécheresse (Zimmer et al., 2009). Selon Wittmann et al. (2001), la répartition des *Culicoides* peut être affectée par les précipitations en influençant la disponibilité des sites de reproduction larvaires.

2. Les phlébotomes.

2.1. Généralités.

Les phlébotomes, appartenant à la famille des Psychodidae, sont de petits moucheron piqueurs adultes, dont la longueur corporelle varie généralement entre 2 et 5 mm. De couleur pâle, habituellement jaune paille, avec de gros yeux noirs (Prudhomme, 2015). Ces petits insectes sont des suceurs sanguins (hématophages) et se nourrissent habituellement d'une variété d'hôtes, Cela leur donne la capacité de propager un grand nombre d'agents pathogènes à l'origine de maladies chez les humains et les animaux à travers le globe (Lafri et al., 2016 ; Koche et al., 2017). Environ 800 espèces de phlébotomes sont présentes à l'échelle mondiale, parmi lesquelles près de 40 sont responsables de la propagation des leishmanioses et de l'arbovirose (Gaouaoui et al., 2017) Descendance des phlébotomes est exclusivement terrestre, comme les terriers et les abris d'animaux, les fissures rocheuses (Krüger, 2017).

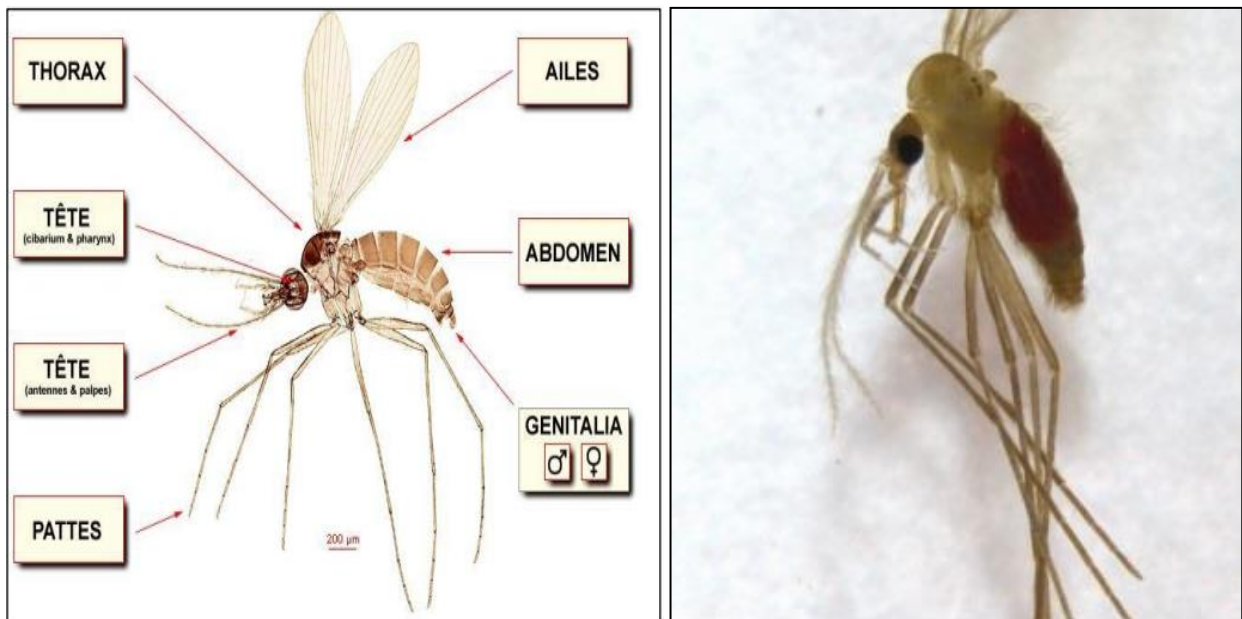


Figure 12 : Aspect général d'un Phlébotome (Niang et al., 2000 ; prudhomme,2015).

2.2. Classification.

D'après Abonnenc (1972), les phlébotomes se classent dans :

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Diptera

Sous-ordre : Nematocera

Famille : Psychodidae

Sous-famille : Phlebotominae

Les phlébotomes regroupent cinq genres : *Phlebotomus* et *Sergentomyia* pour l'Ancien Monde, ainsi que *Lutzomyia*, *Warileya* et *Brumptomyia* pour le Nouveau Monde (Amira, 2022).

Seuls les genres *Phlebotomus* dans l'Ancien Monde et *Lutzomyia* dans le Nouveau Monde revêtent un intérêt médical (Gaouaoui et al., 2017). Dans la région endémique du bassin méditerranéen, les principaux vecteurs de *Leishmania infantum* sont du sous-genre *Larroussius*. Les espèces concernées sont *Phlebotomus perniciosus*, *Phlebotomus ariasi*, *Phlebotomus neglectus*, *Phlebotomus perfiliewi* et *Phlebotomus tobbi* (Amira, 2022).

2.3. Morphologie.

Les phlébotomes sont de petits diptères hémaphages, caractérisés par un corps fin, des pattes longues, une pilosité dense et des ailes lancéolées. Un corps pâle avec une veste épiasse qui lui permet de voler en silence. Lorsque le phlébotome est au repos, ses ailes sont positionnées à un angle de 45°, ce qui lui donne une posture distincte (Depaquit et Léger, 2009 ; Bounamous, 2010). Ces espèces sont souvent nocturnes, elles sont actives - et donc piquantes - au crépuscule et durant la nuit, sauf si le vent dépasse (1 m/s) et que la température soit adéquate (généralement entre 19 et 20 °C) (Depaquit et Léger, 2009). Les phlébotomes sont des insectes holométaboles dont l'anatomie est très caractéristique et dont les caractères taxonomiques sont très nombreux à tous les stades de leur évolution (Kabbout, 2017). Le contact avec une surface humide déclenche la ponte, au cours de laquelle les œufs se développent en larves sur le sol, dans les terriers, les nids, la poussière accumulée dans les fissures de rochers ou de vieux murs, ainsi que dans les tas de débris végétaux (Kadjoudj et al., 2022). Dans des conditions optimales, le cycle de vie des phlébotomes comprend quatre stades larvaires s'étalant sur trois à cinq semaines, suivis d'une phase nymphale qui donne naissance aux adultes en une à deux semaines (Gaouaoui et al., 2017).

2.3.1. Les stades pré imaginaires

a. Œuf.

La femelle se nourrit de sang afin d'acquérir les nutriments nécessaires au développement de ses œufs. Le délai entre l'ingestion d'un repas sanguin et la maturation des œufs varie selon l'espèce, la vitesse de digestion et la température ambiante (Bounamous, 2010). La femelle dépose entre 50 et 200 œufs, qui sont de forme elliptique et mesurent approximativement 0,4 mm de long. Quand ils sont éclos, ces œufs sont d'une blancheur immaculée ; ils prennent rapidement une teinte brune au contact de l'air (Gaouaoui et al., 2017). Ils sont pondus individuellement dans un endroit tranquille, à l'abri du vent, humide et sombre. Ils émergent entre 4 et 15 jours après avoir été pondus. De ce fait, une larve du premier stade est libérée (Abonnenc, 1972).

b. Larve.

Il y a quatre phases larvaires. La larve jeune, d'une longueur de 0,5 mm, est apode, terricole, sédentaire, saprophile et phytophage (Kabbout, 2017) Elle possède des pièces buccales broyeuses sur sa capsule céphalique et un revêtement recouvert de petits tubercules, chacun portant une soie épineuse (Lawyer et al., 2017). Pour favoriser le développement de cette larve terricole, il faut une température relativement stable, un milieu obscur, un environnement nutritif constitué de résidus organiques d'animaux ou de végétaux, une tranquillité totale et un taux d'humidité presque saturé (Abonnenc., 1972). Il convient de noter que certaines espèces hivernent sous forme larvaire, généralement au quatrième stade, quand les températures sont suffisamment froides (Bounamous, 2010).

c. Nymphe.

Elle est plus grande que la larve, avec une longueur de 3 mm. (Bounamous, 2010). Elle comprend un thorax qui porte la tête, trois segments thoraciques et un abdomen composé de neuf segments (Abonnenc, 1972). Durant l'intégralité de cette phase, qui dure de 6 à 15 jours, elle ne se nourrit pas (Baldet, 2004). La nymphe est maintenue en position verticale par son extrémité postérieure et se trouve aux mêmes habitats que la larve (Kabbout, 2017 ; Bounamous, 2010). Ainsi, la nymphe entre dans une phase de vie ralentie afin de subir finalement la mue imaginale qui mène à l'adulte (Bounamous, 2010)

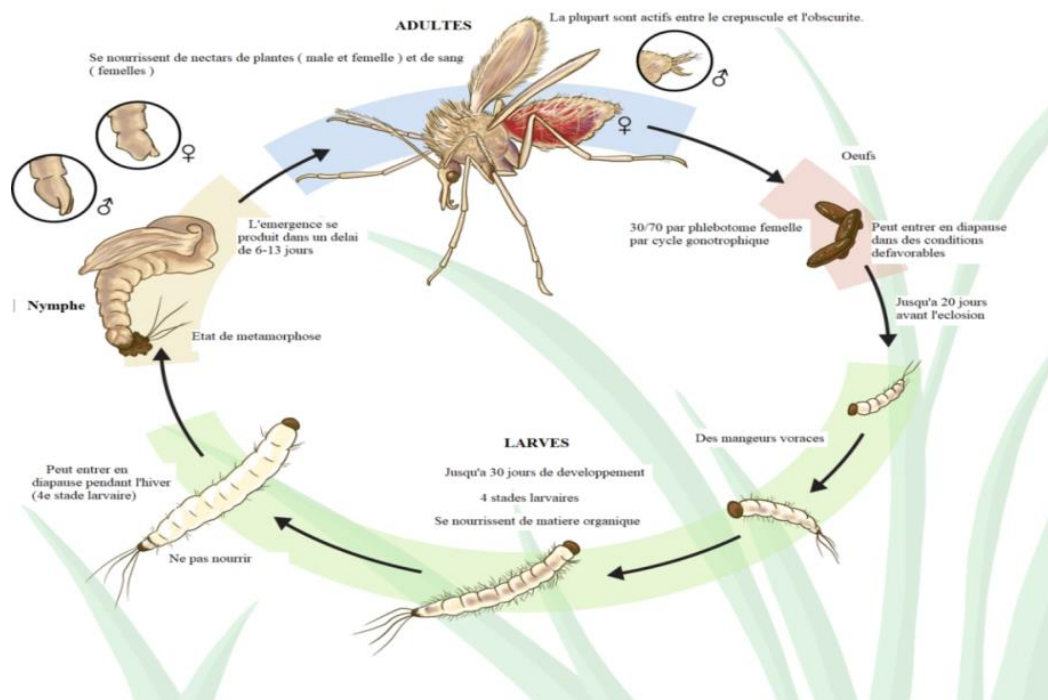


Figure 13 : Cycle de développement du phlébotome (Cecilio et al., 2022).

2.3.2. L'adulte (imago).

Ils possèdent une tête, un thorax et un abdomen ; leur taille varie de 2 à 3 mm. Ils sont recouverts d'un poil gris clair. Leur apparence est celle d'un petit papillon de nuit (Gaouaoui et al., 2017 ; Amira, 2022).

Ils sont pâles, généralement jaunes, parfois grisâtres ou brunâtres, et ont de grands yeux noirs (Kabout, 2017). Leurs ailes, lancéolées, sont en V à 45° sur le dos quand ils sont immobiles (Izri et al., 2006)

✓ La tête

Les phlébotomes ont une tête petite, ovale, presque entièrement constituée d'une capsule chitineuse (épicroâne) (Kabout, 2017). Elle possède des antennes, des organes visuels et des pièces buccaux (Izri et al., 2006).

- Antennes : fines et Longues avec 16 articles, garnies de soies ;
- Les yeux sont grands et composés, de couleur noire ;
- Pièces buccales : Labre, maxilles, mandibules dentés (Amira, 2022).

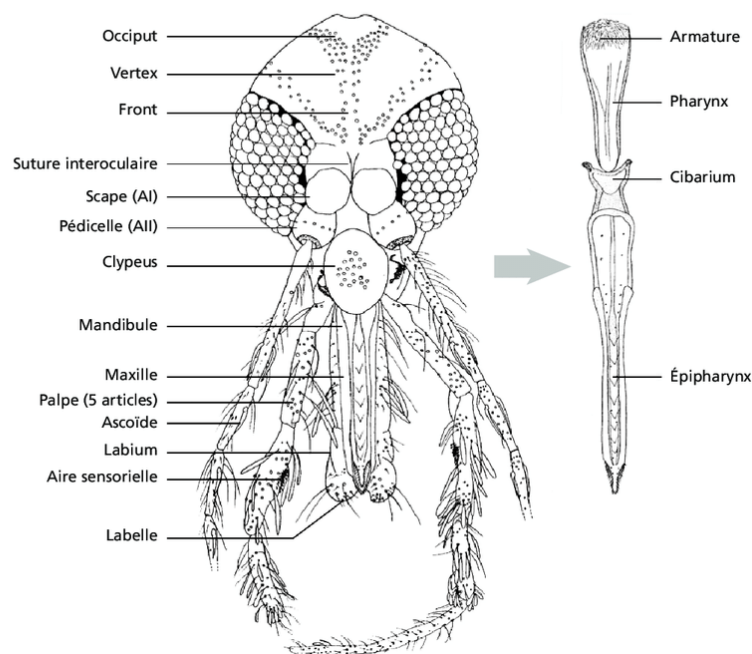


Figure 14 : Anatomie de la tête et des pièces buccales d'un phlébotome (Depaquit et Léger, 2019).

✓ Le thorax

Le corps entier Le thorax est très développé, avec les ailes et les haltères sur le côté dorsal et trois paires de pattes sur le côté ventral (Bounamous, 2010).

- Ailes lancéolées, larges, pointues sur le dos, bossu, avec sept nervures longitudinales et des nervures transverses, qui portent elles-mêmes de fortes soies écailleuses (Abonnenc, 1972 ; Boussa, 2008 kadjoudj et al., 2022)
- Les pattes sont assez longues, articulées, minces et recouvertes de soies (Bounamous, 2010).

✓ **L'abdomen**

Il a un abdomen cylindrique. Le corps est constitué de 10 segments ; le premier est relié au thorax. Les trois derniers sont modifiés pour constituer le génitalia, tandis que les 7 premiers ne sont pas modifiés et portent chacun une paire de stigmates respiratoires (Bounamous, 2010 ; Amira, 2022).

L'armature génitale du mâle, très complexe, comprend trois paires de prolongements : une paire de coxites portant les styles ; deux pièces médianes, les paramères, situées à la base des coxites ; et une paire de prolongements ventraux appelés lobes latéraux. Par ailleurs, deux lames membraneuses, les lamelles sous-médianes, sont soudées à la face interne de ces lobes, formant un espace où se situe l'anus. Les fourreaux ou gaines du pénis, protégeant deux filaments génitaux, sont localisés entre les paramères (Bounamous, 2010 ; Amira, 2022).

L'appareil reproducteur interne de la femelle est constitué de trois organes par paire : deux ovaires, deux glandes annexes et deux spermathèques. Chaque spermathèque est constituée d'une capsule chitineuse ayant une morphologie variable, suivie d'un canal dont la longueur peut varier, qui se termine par une ouverture dans l'atrium génital (Bounamous, 2010 ; Amira, 2022).

2.4. Bio-écologie.

Bien que les phlébotomes soient largement présents à l'échelle mondiale, leur présence, leur abondance, leur période d'activité et leur disparition varient en fonction de la latitude, de l'altitude, de la saison et de l'espèce (Abonnenc, 1972 ; Depaquit et Léger, 2009). Tant que les stades pré-imaginaux nécessitent un milieu sombre, paisible et humide afin de se développer, On retrouve généralement les phlébotomes adultes dans des régions où les conditions climatiques sont constantes et où il n'y a pas de circulation d'air (Garnier, 2013). En général, les phlébotomes adultes résident dans des zones de collines situées entre 100 et 500 mètres d'altitude (Mliki, 2015). Pendant la journée, ils s'installent dans les lieux sombres et protégés, près des hôtes qui fournissent une source de sang dans un environnement naturel. (Munstermann, 2019).. Leur activité nocturne commence dès le crépuscule et se poursuit presque toute la nuit. Selon les espèces, leur portée maximale de déplacement, qui peut varier, est d'environ un kilomètre (Kadjoudj et al., 2022). Les phlébotomes se nourrissent des sucs des plantes, des miellats d'aphididés et des fleurs. Toutefois, les femelles adultes sont les seules hémaphages (Munstermann, 2019). Habituellement, les mouches de sable se multiplient dans des résidus organiques tels que le fumier, les feuilles en décomposition, les excréments, les terriers des rongeurs et les fissures des murs où l'humidité et la température sont accrues (Briffod, 2011). Selon les espèces, l'accouplement a lieu à la tombée de la nuit, avant ou après le premier repas sanguin de sang qui dure entre 30 secondes et 5 minutes (Munstermann, 2019).



Figure 15: Couple reproducteur de *Phlebotomus duboscqi* (Lawyer et al., 2017)

2.4.1. Habitat.

Les phlébotomes, qui sont extrêmement vulnérables à la dessiccation, résident dans des réserves ombragées, à l'abri du vent et humides. Les espèces sauvages font usage de grottes, cavernes, hollows d'arbres, terriers de rongeurs, termitières et fissures dans les vieux murs. Les espèces domestiques habitent des granges, des étables, des caves et des clapiers (Munstermann, 2019). Chez de nombreuses espèces, les femelles sont principalement exophages, se nourrissant à l'extérieur, et exophiles, se reposant hors des étables pendant la maturation des œufs, ce qui rend inefficace l'utilisation d'insecticides par pulvérisation. En revanche, certaines espèces sont endophiles, se reposant à l'intérieur durant cette phase, et peuvent donc être contrôlées par ce type d'intervention (Kabout, 2017).

2.4.2. Nutrition

Dès leur apparition, les phlébotomes ont pour objectif de se nourrir (Killick-Kendrick, 1999). Alors que le mâle se nourrit de sève végétale et de miellat produit par les pucerons, car son pièce buccale est insuffisamment développée pour pénétrer la peau (Kabout, 2017).

La femelle nécessite le sang pour stimuler le développement de ses œufs. Elle se nourrit en piquant aussi bien les humains que les animaux. Les phlébotomes pratiquent une hématophagie de type telmophagie, consistant à lacérer le derme pour former un micro-hématome dont ils aspirent le contenu (Kabout, 2017). Lors du repas sanguin, la salive ainsi que des protéophosphoglycane parasites sont injectés dans l'organisme de l'hôte, facilitant l'installation des leishmanies au niveau cutané du vertébré (Kabout, 2017).

Après avoir consommé du sang, la femelle se repose brièvement sur un support à proximité avant de rejoindre un abri pour digérer son repas. La digestion, qui s'étend sur une période de 3 à 10 jours, favorise la maturation des œufs (Kabout, 2017). Une fois la ponte effectuée, la femelle recherche un nouvel hôte pour un autre repas sanguin, suivi d'une nouvelle ponte, poursuivant ainsi un cycle gonotrophique se répétant tous les 3 à 10 jours (Kabout, 2017).

2.4.3. Vitesse de vol et dispersion

Si la température est adéquate (19-20°C) et par temps calme, les phlébotomes sont actifs à la fois au crépuscule et à la nuit (Kabout, 2017).

Ils ne quittent leur refuge que les jours où il n'y a pas de vent, Ils se déplacent donc en effectuant un vol en saut, une saccade et en touchant le sol (Baldet, 2004). La répartition active des phlébotomes reste très restreinte. Ils sont très proches du lieu de leur naissance. Leur vol est limité (< 1 km), ce qui explique la localisation parfois très précise de l'épidémiologie de la leishmaniose (Kabout, 2017).

2.4. 4. Longévité

La durée de vie moyenne est approximativement de 15 à 21 jours, avec un maximum pouvant atteindre 90 jours. La température (plage optimale de 15 °C à 28 °C), l'humidité (effet positif de 50 % à 80 %) et l'espèce ont une influence sur cette variable (Baldet, 2004). En augmentant la température, le développement est accéléré mais la vitalité diminue, tandis qu'en diminuant, le développement est ralenti et la vitalité affaiblie, *leishmania* a un impact sur la longévité et la fécondité des phlébotomes (Kamhawi, 2006).

2.4.5. Hibernation des phlébotomes

Chez les phlébotomes, tout comme chez la plupart des insectes, l'hibernation est une diminution temporaire de l'activité à la période d'hiver. Dans les pays tropicaux Les phlébotomes ailés se trouvent tout au long de l'année. Le processus d'hibernation se traduit par une pause dans le développement au quatrième stade larvaire (kabout, 2017). Les larves pénètrent dans la terre, à une profondeur adéquate. L'activité métabolique diminue, la larve devient immobile. Les larves ont des réserves de graisse qui fournissent l'énergie nécessaire à la durée du jeune et renforcent sa résistance au froid (Dolmatova, 1971). Ces larves hibernantes assurent la survie de l'espèce (Bounamous, 2010)

2.5. Distribution géographique des phlébotomes

Dans l'Ancien Monde, ces insectes de la sous-famille des Phlebotominae font partie du genre *Phlebotomus*. Par exemple, *P. papatasi*, *P. ariasi* et *P. perniciosus* se trouvent dans le bassin méditerranéen, tandis que *P. argentipes*, *P. salehi* se trouvent en Inde, *P. chinensis* en Chine, *P. duboseqi* et *P. martinii* se trouvent en Afrique.), au genre *Lutzomyia* dans le Nouveau Monde (comme *Lu. wellcomei* au Brésil, *Lu. umbratilis* en Guyane française, *Lu. carrerai* et *Lu. longipalpis* en Amérique du Sud) (kabout,2017).

- Dans le monde

Les phlébotomes sont largement répandus à l'échelle mondiale, se rencontrant généralement entre 50° de latitude nord et 40° de latitude sud (Bounamous, 2010 ; Kadjoudj et al., 2022). Leur présence sur un territoire donné dépend principalement des conditions climatiques, notamment de la température et de la pluviométrie (Dedet, 2001). Ils n'ont pas été recensés dans les pays scandinaves, sont très abondants dans les régions tropicales et équatoriales d'Afrique, d'Amérique centrale et dans la province malaise, tandis qu'ils sont peu nombreux en Australie et extrêmement rares en Amérique du Nord (Léger et Depaquit,

2002). Des populations de phlébotomes sont également observées dans la région méditerranéenne et en Afrique du Nord (Dedet et al., 1984).

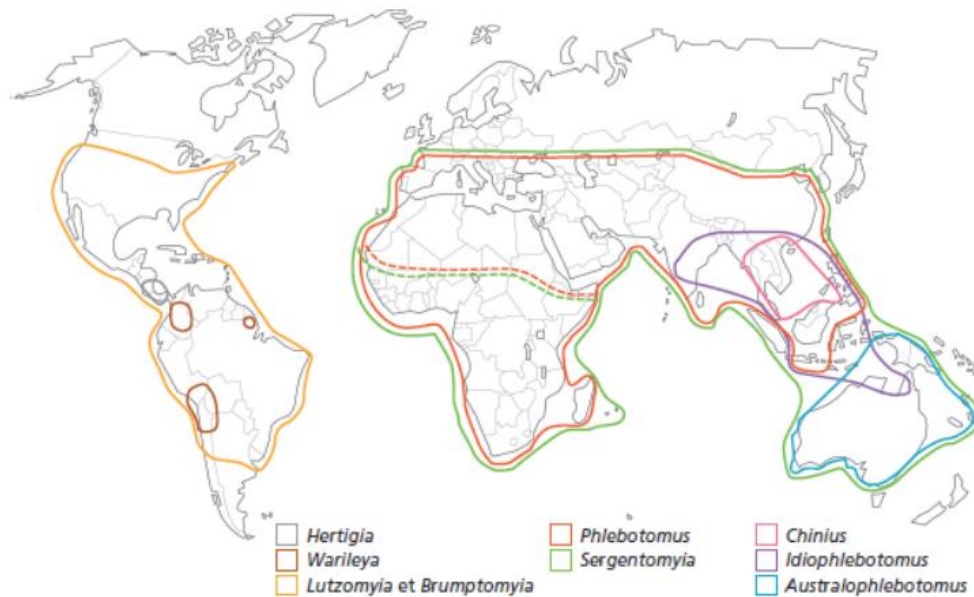


Figure 16 : Distribution géographique de phlébotomes dans le monde (Depaquit et Léger, 2009).

- En Algérie

Les phlébotomes en Algérie sont très répandus sur l'ensemble du territoire national, sous tous les étages bioclimatiques, de l'étage humide à l'étage saharien (Kadjoudj et al., 2022). La liste des phlébotomes d'Algérie ne compte que 22 espèces depuis 1984 jusqu'en 2008 (Berdjane-Brouk et al., 2012). Selon Bounamous et ses collaborateurs (2008), deux espèces affines de *Paraphlebotomus* ont été caractérisées moléculairement et morphologiquement : « *Phlebotomus chabaudi* » et « *Phlebotomus riouxi* » (Bounamous et al., 2008). Pour la première fois, les travaux de Berdjane-Brouk et al., (2012), rapportent la présence de la vingt-quatrième espèce du genre *Phlebotomus*, « *Phlebotomus mascitti* ». Actuellement, vingt-quatre espèces de phlébotomes sont déjà recensées en Algérie, dont deux genres et sept sous-genres (Kadjoudj et al., 2022).

► Etage humide

Une seule espèce appartenant au genre *Sergentomyia* a été signalée : *S. minuta parroti*, la plus prédominante, et sept espèces du genre *Phlebotomus* (Dedet et al., 1984, Bounamous, 2010, Kabout, 2017).

► Etage sub-humide

Une espèce du genre *Sergentomyia*, *S. minuta parroti*, est présente et sept espèces du genre *Phlebotomus* sont présentes, elles sont identiques à celles rencontrées à l'étage précédent sauf *P. Ariassi* qui est remplacé par *P. Langeroni* (Dedet et al., 1984, Bounamous, 2010, Kabout, 2017).

► **Etage semi-aride**

Deux espèces appartenant au genre *Sergentomyia* et huit au genre *Phlebotomus* ont été recensées. L'espèce prédominante à cet étage est *P. perniciosus*, qui y atteint son optimum écologique (Dedet et al., 1984, , Bounamous, 2010, Kabout, 2017)

► **Etage aride**

Seules quatre espèces du genre *Sergentomyia* ont été identifiées dans cette zone. L'espèce est également présente dans le genre *Paraphlebotomus*. La principale espèce est *S. fallax* (Dedet et al., 1984, , Bounamous, 2010, Kabout, 2017)

► **Etage saharien**

Il abrite quatre espèces du genre *Sergentomyia* et cinq espèces du genre *Phlebotomus* de l'étage précédent, où *P. papatasi* atteint son niveau écologique idéal (Dedet et al., 1984, , Bounamous, 2010, Kabout, 2017).

2.6. Importance médicale et vétérinaire de phlébotomes

- **Nuisance**

Les mouches des sables jouent un rôle crucial dans la santé vétérinaire et la santé publique en tant que vecteurs de la leishmaniose et d'autres maladies bactériennes et virales. (Lafri et al., 2016 ; Cazan et al., 2019). Les piqûres peuvent être douloureuses et provoquer des réactions variables selon l'espèce, néanmoins l'intensité des réactions chez l'hôte varie selon l'espèce de phlébotome concernée. Les phlébotomes sont surtout réputés pour la transmission de pathogènes, notamment des parasites (leishmanies), des bactéries (bartonelles) et des arbovirus (Boussa, 2008). Les phlébotomes sont infectés par repas sanguin à partir des vertébrés ou par voie transovarienne dans la plupart des cas (Kadjoudj et al., 2022). Les phlébotomes transmettent à l'homme trois genres d'arbovirus : Phlebovirus (Bunyaviridae), Orbivirus (reoviridae) et Vesiculovirus (rhabdoviridae) (Depaquit et Léger ,2009). Les phlébovirus transmis par les phlebotomes, tels que le virus de Naples et le virus sicilien, sont très répandus dans la région méditerranéenne. (Kadjoudj et al., 2022). Les mouches de sable sont également responsables de la transmission de la bactérie *Bartonella bacilliformis*, responsable de la maladie de Corion (bartonellose), une maladie grave et fatale (Kadjoudj et al., 2022). Les protozoaires constituent le troisième groupe d'agents infectieux véhiculés par les phlébotomes, à l'origine des diverses formes de leishmaniose (Kadjoudj et al., 2022).

2.7. La leishmaniose

La leishmaniose regroupe un ensemble de maladies parasitaires causées par des protozoaires flagellés du genre *Leishmania*, transmissibles par la piqûre de phlébotomes femelles naturellement infectés (Jaouadi et al., 2012 ; Solana et al.,2022). La leishmaniose constitue un enjeu crucial pour la santé publique, étant la seconde maladie parasitaire la plus mortelle après le paludisme (Solana et al., 2022). Cette maladie complexe est couramment observée dans les régions tropicales et subtropicales des Amériques, d'Afrique,

du sud de l'Europe et d'Asie centrale (Mukhopadhyay et al., 2012). Les femelles de phlébotomes, infectées par les parasites *Leishmania*, les transmettent lors de leurs repas sanguins sur des vertébrés, le sang constituant une source essentielle de protéines pour le développement de leurs œufs (Abbasi et al., 2018). Les principaux vecteurs de la leishmaniose humaine appartiennent principalement au genre *Phlebotomus* dans l'Ancien Monde et à *Lutzomyia* dans le Nouveau Monde (Mukhopadhyay et al., 2012). La leishmaniose est présente dans 88 pays, dont 72 en développement, répartis sur quatre continents. Les manifestations cliniques varient selon l'immunité de l'hôte et l'espèce parasitaire impliquée, allant de lésions cutanées bénignes et guérissables à des infections viscérales ou muqueuses graves, pouvant entraîner la mort (Jaouadi et al., 2012). Les réservoirs du parasite incluent les rongeurs sauvages, divers mammifères, l'être humain ainsi que le chien (Alemayehu et Alemayehu, 2017). Selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), la leishmaniose cutanée présente une prévalence particulièrement élevée dans des pays tels que l'Afghanistan, l'Algérie, la Syrie et le Brésil, tandis que l'Inde, le Bangladesh, le Soudan et le Brésil sont les plus affectés par la leishmaniose viscérale (WHO, 2010).

2.7.1. Distribution géographique

La répartition de la leishmaniose est étroitement liée à la présence de vecteurs compétents, à l'existence de réservoirs infectés et à la capacité du vecteur à favoriser le développement d'une espèce spécifique de *Leishmania* (Kadjoudj et al., 2022). Ces maladies parasitaires sont principalement observées dans la zone intertropicale, mais elles se rencontrent également dans les régions tempérées d'Afrique du Nord, du sud de l'Europe, d'Amérique et d'Asie (Dedet et al., 2013 ; Munstermann, 2019). La leishmaniose affecte de vastes régions couvrant plus de 98 pays, parmi lesquels l'Algérie figure parmi les pays particulièrement exposés (Akhoundi et al., 2016).

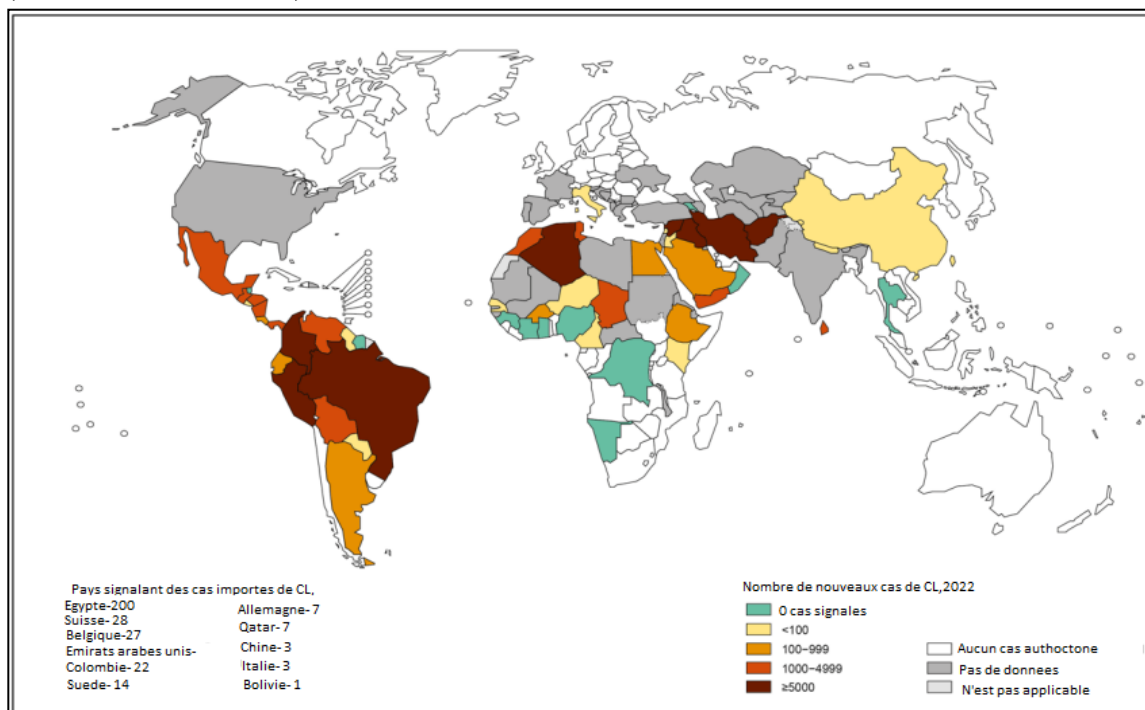


Figure 17 : Répartition mondiale de la leishmaniose cutanée (2022) (jamali et Bokaie., 2024).

2.7.2. Manifestations cliniques de la leishmaniose en Algérie

Les leishmanioses se répartissent en deux catégories, en fonction de l'affinité des *Leishmania* pour le système réticulo-histiocytaire dermique ou viscéral. En Algérie, la maladie se présente sous deux formes viscérales, l'une canine et l'autre infantile, ainsi que sous forme cutanée, communément désignée sous les appellations « Bouton d'Orient » ou « Clou de Biskra » (Bounamous et al., 2010).

- **La leishmaniose viscérale (LV)**

La LV, aussi connue sous le nom de Kala-azar, est l'une des variantes les plus dévastatrices, les plus craintes et les plus sévères de la maladie (Amira et al., 2022). Il est établi que la leishmaniose a été identifiée en Algérie depuis 1910, tandis que chez l'homme, elle a été détectée en 1911. Elle est largement présente dans le nord de l'Algérie (Belazoug, 1983). C'est la grande Kabylie, qui abrite près de 50 % des cas, et la petite Kabylie, qui se compose de plusieurs wilayas et s'étend vers l'est jusqu'à Collo et au sud jusqu'à Sétif. Cependant, les régions les plus affectées sont Jijel, Mila, Constantine et Skikda. Le zymodème de *Leishmania infantum* a été mis en évidence comme étant transmis aux hôtes vertébrés, tels que l'homme et le chien, par les phlébotomes, avec *Phlebotomus perniciosus* comme principal vecteur. Les chiens constituent les principaux hôtes réservoirs, aux côtés des renards et des chacals (Harrat et al 1996). La splénomégalie, l'anémie et la fièvre intermittente et soutenue sont les symptômes les plus significatifs, et leur gravité indique une prolifération importante des parasites dans divers organes hématopoïétiques, où le parasite pénètre et se multiplie à l'intérieur des macrophages, qui touche principalement la rate, le foie, la moelle osseuse et le tissu lymphoïde (Kumar, 2013).



Figure 18 : Des petites filles souffrent de leishmaniose viscérale infantile ; un bébé présente des lésions dues à la leishmaniose cutanée zoonotique (Louzir et al., 2013)

- **La leishmaniose cutanée (LC)**

La leishmaniose cutanée, causée par *L. tropica* et également appelée « Bouton d'Orient » ou « Clou de Biskra », a été initialement désignée sous le nom de « clou de Mila » par Sergent, qui documenta les premiers cas en 1923 (Bounamous, 2010). Elle se manifeste par l'apparition d'une petite papule rouge foncé et prurigineuse au site de la piqûre (Dedet, 1999), évoluant ensuite vers un ulcère dont l'aspect varie

selon l'espèce ou la sous-espèce de *Leishmania* (Bounamous, 2010). Généralement, les lésions se résorbent après plusieurs mois, voire un an, laissant des cicatrices profondes dépigmentées (Dedet, 1999). Cette forme de la maladie se rencontre de manière discontinue le long du littoral et du Tell algérien, avec une répartition géographique similaire à celle de la leishmaniose viscérale (Harrat et al., 1995).



Figure 19 : leishmaniose cutanée (Mokni, 2019)

Actuellement, il y a trois types de leishmanioses cutanées en Algérie.

➤ La leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ)

La leishmaniose cutanée entraînée par *L. major* (Jamali et Bokaie, 2024), autrefois limitée aux deux foyers historiques de Biskra et d'Abadla, s'étend désormais de manière préoccupante vers les Hauts Plateaux et les zones steppiques du pays (Bounamous, 2010). Cette forme a également été signalée dans plusieurs pays du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord, notamment la Syrie, l'Afghanistan, l'Iran, le Pakistan, l'Irak, le Yémen, la Tunisie, le Maroc, la Libye et l'Égypte (Jamali et Bokaie, 2024). La transmission est assurée par *Phlebotomus papatasi* (Kadjoudj et al., 2022), et les réservoirs confirmés sont des rongeurs, communément appelés « rats des sables », tels que *Meriones shawi* et *Psaammomys obesus* (Belazzoug, 1983).

➤ La leishmaniose cutanée du Nord ou sporadique (LCN ou LCS)

Également appelée « clou de Mila », cette forme de leishmaniose cutanée est présente sur l'ensemble du littoral et du Tell algérien, et se manifeste de manière continue tout au long de l'année. La leishmaniose cutanée du nord, due à *L. infantum* MON-24, est transmise par *Phlebotomus perfiliewi* (Benikhlef et al., 2004). Toutefois, le chien demeure le principal réservoir de cette souche de *Leishmania infantum* (Bounamous, 2010).

➤ La leishmaniose cutanée à *Leishmania killicki*

L. killicki est un variant de *L. tropica* qui peut causer une LCL zoonotique sporadique, que ce soit dans les zones rurales ou périurbaines (Granier, 2013). Récemment découverte en Algérie à Ghardaïa, cette forme est endémique et cohabite dans le même foyer où la LCZ à *L. major* est présente (Boubidi et al., 2011).

Avec une variante enzymatique récente de *L. killicki*, MON-306, qui a également été découverte dans Annaba, dans le nord-est le plus extrême de l'Algérie (Mansouri et al., 2012). Il a été démontré que *P. sergenti* est un vecteur et que *Massoutiera mzabi* (le Goundie du Mزاب) est un réservoir (Fendri et al., 2012).

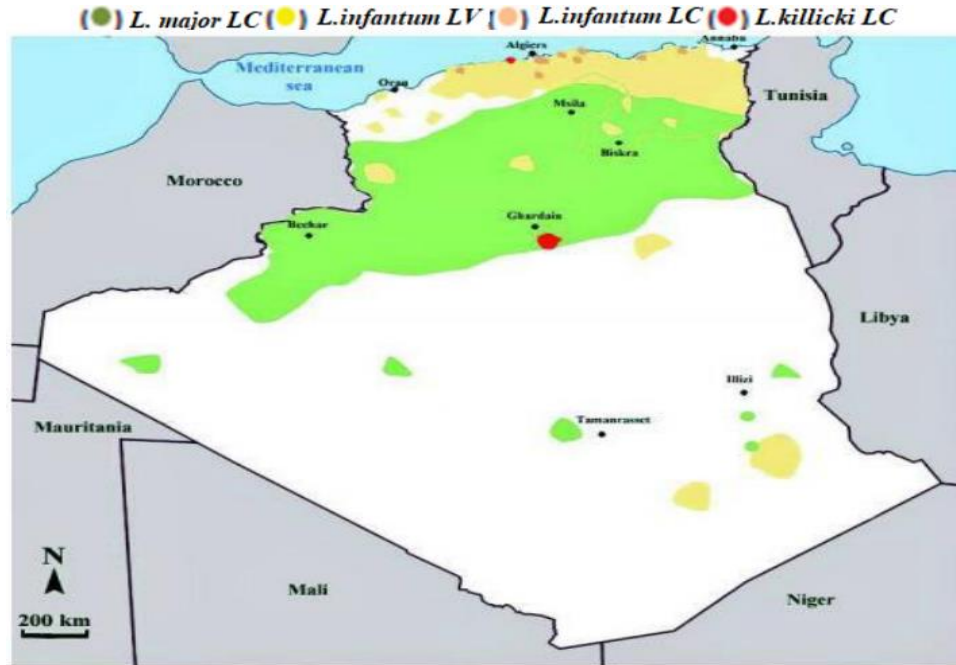


Figure 20: Répartition des leishmanioses, viscérale et cutanée en Algérie (Eddaikra, 2016)

2.7.1. Les leishmanies

Les protozoaires du genre *Leishmania* sont communément appelés leishmanies (González et al., 2023). Le cycle de vie de ces derniers est dimorphique (Kamhawi et Sacks 2008), ce qui lui confère deux formes morphologiques distinctes : L'amastigote intracellulaire se trouve dans le système réticulo-histiocytaire du mammifère, alors que le promastigote réside dans le système digestif de l'hôte invertébré (l'insecte vecteur) (Dedet et al., 1999).

La distinction du genre *Leishmania* en deux sous-genres est basée sur la croissance du parasite dans le système digestif de l'hôte vecteur, précisément au niveau du pylore. D'une part, la section *Suprappylaria*, qui se développe dans l'intestin moyen et antérieur, constitue le sous-genre *Leishmania*. De plus, la section *Peripylaria*, caractérisée par une multiplication dans la région postérieure suivie d'une migration antérieure, se transforme en sous-genre *Viannia* (Acebey, 2007).

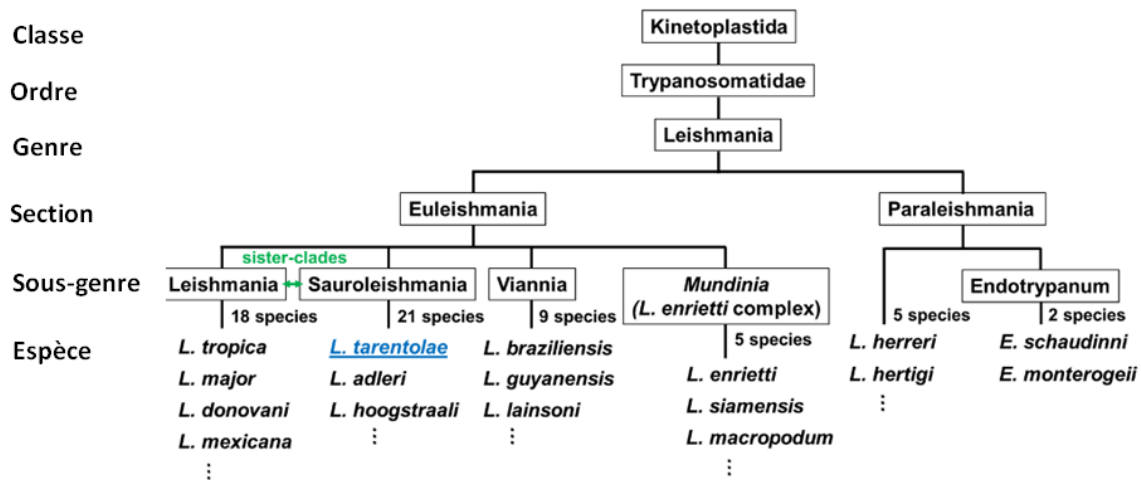


Figure 21 : taxonomie de la *leishmanie* (Klatt et al., 2019)

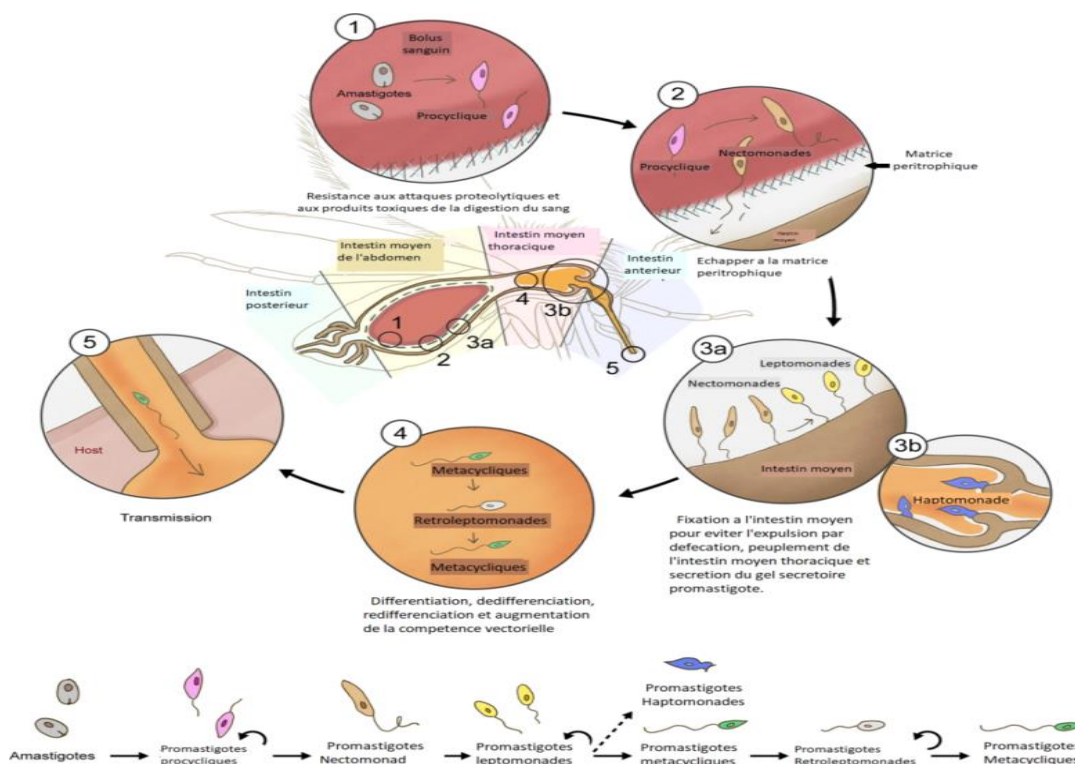


Figure 22 : développement de *Leishmania* dans l'intestin moyen du phlébotome (Cecílio et al., 2022).

✓ La forme promastigote (flagellée)

On trouve des promastigotes libre au sein de tube digestif du phlébotome femelle, où elle se multiplie avant d'être transmise lors d'un repas sanguin (Gay et al., 2015) Dans cette situation, *Leishmania* se manifeste sous la forme d'un promastigote extracellulaire allongé, mesurant entre 15 et 30 µm de long et

environ 5 μm d'épaisseur. Il possède un flagelle à l'extrémité antérieure pour lui permettre de se déplacer activement (Kadjoudj et al., 2022).

✓ La forme amastigote (sans flagelle)

Les amastigotes sont des parasites intracellulaires ayant une forme arrondie ou ovale, non flagellés, avec un diamètre d'environ 2 à 6 μm . (Acebey et al., 2008). Son noyau sphérique subcentral est très immense, il contient un kinétoplaste (qui renferme de l'ADN mitochondrial) et un flagelle interne rudimentaire. Ainsi, alors elle est immobile. (Granier, 2013). Celle-ci se développe dans le cytoplasme et plus spécifiquement à l'intérieur des macrophages chez l'hôte mammifère. (Acebey et al., 2008).

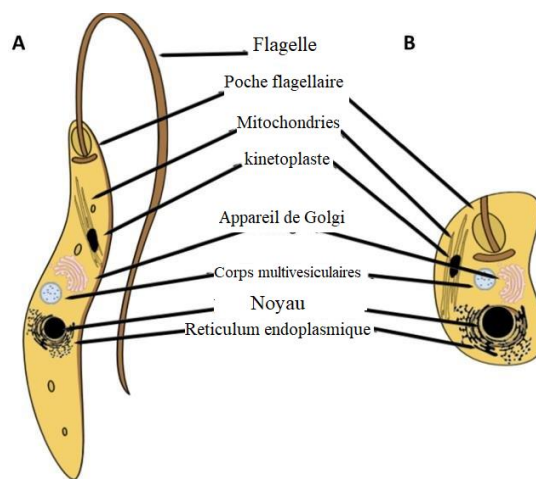


Figure 23 : diagramme montrant la morphologie de deux formes de parasites de *Leishmania*. A- la forme promastigote, B- la forme amastigote (Abbasi et al., 2018).

2.7.1.1. Cycle évolutif des leishmanies

Le parasite *Leishmania* présente deux phases de développement distinctes. Dans le phlébotome, hôte biologique, il adopte une forme allongée, flagellée, mobile et extracellulaire, appelée promastigote, localisée dans le système digestif de l'insecte. Chez le mammifère, le parasite se trouve sous une forme ovoïde, immobile et intracellulaire, connue sous le nom d'amastigote (Briffod, 2011). Le processus de vie débute lorsque le phlébotome femelle parasitée se nourrit du sang d'un hôte vertébré (Banlus et al., 2007). Telmophage, il dilacère le tégument avec ses pièces buccales et forme un lac sanguin dans lequel il peut se nourrir, tout en transmettant une charge parasitaire importante (Garnier, 2013). Après avoir parasité le vecteur en tant que promastigotes, les *Leishmanies* se multiplient rapidement en divisant longitudinalement dans le tube digestif central des phlébotomes. Les promastigotes sont initialement localisés dans la partie postérieure de l'intestin central, mais pendant l'évolution de l'infection, au bout de 1 à 2 semaines, ils se déplacent vers la partie antérieure de l'intestin central et se préparent à infecter l'hôte suivant (Kadjoudj et al., 2022). Le vecteur injecte dans le derme de l'hôte le promastigote métacyclique, forme finale et infectieuse du parasite. Seules les femelles hématophages sont capables de transmettre le

parasite lors d'un repas sanguin (Briffod, 2011). Une fois dans l'hôte vertébré, le parasite se transforme en amastigote. Les promastigotes sont ensuite ingérés par les macrophages, où ils se convertissent en amastigotes et se reproduisent par fission binaire. Leur population augmente jusqu'à la lyse de la cellule, permettant l'infection d'autres cellules phagocytaires et la poursuite du cycle (Banlus et al., 2007). Progressivement, tous les organes contenant des macrophages et phagocytes, tels que la rate, le foie et la moelle osseuse, deviennent infectés (Kumar, 2013).

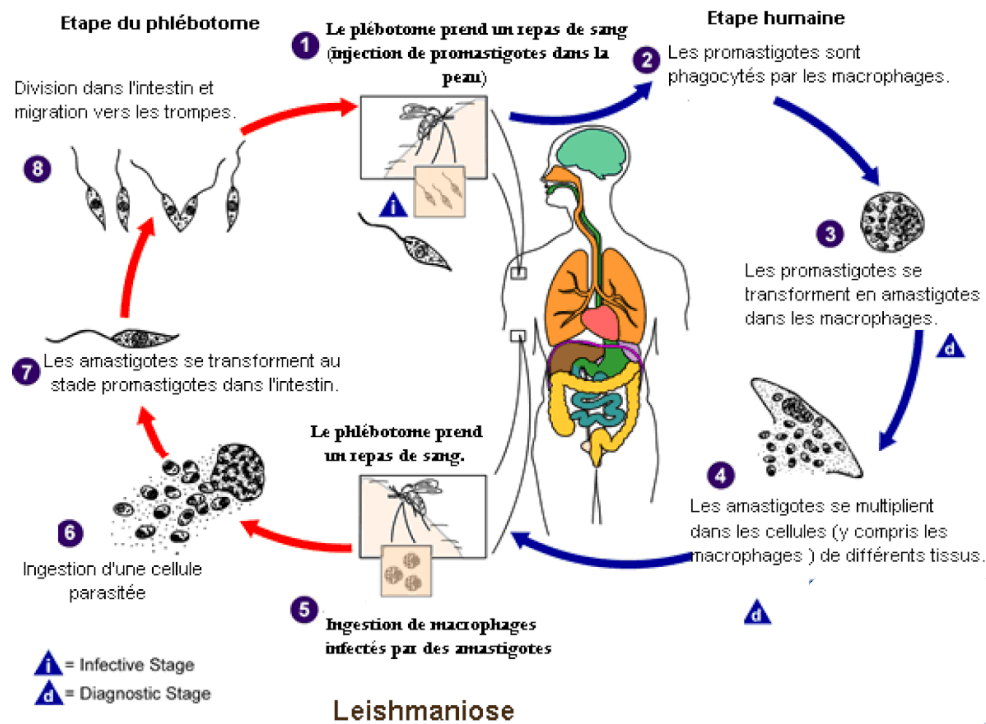


Figure 24: Cycle parasitaire de Leishmaniose (Samake, 2024)

2.8. Reconnaissance du Compétence vectorielle

Sur 800 espèces de phlébotomes, il n'y a que 93 espèces qui sont connues ou probablement vecteurs de *leishmanies*.

Les vecteurs peuvent être classés en deux catégories :

4.1 Les vecteurs spécifiques : Ils garantissent la croissance d'une seule et même espèce de leishmanie.

4.2 Les vecteurs permissifs : Ils garantissent la croissance de diverses espèces.

Les facteurs clés qui influencent la capacité d'une espèce particulière de phlébotome à servir de vecteur sont :

- En premier lieu, la résistance du parasite face aux enzymes digestives de l'insecte, qui sont générées par le mésentéron.

- Deuxièmement, la présence, sur la paroi interne de l'intestin, de liaisons de lipophosphoglycanes correspondant aux lipophosphoglycanes de surface des promastigotes, favorisant ainsi leur fixation.
- En définitive, c'est la cessation de la croissance parasitaire qui conduit à la création de promastigotes métacycliques, unique forme du parasite prêt à persister dans le corps de l'hôte vertébré (Kabout, 2017)

2.9. Impacte des facteurs climatiques sur la biologie les phlébotomes

Les facteurs climatiques, notamment la température et l'humidité, jouent un rôle déterminant les zones de répartition des espèces et perturbent la structure des écosystèmes ainsi que les interactions interspécifiques. Elles affectent par conséquent la répartition, l'abondance, le comportement, la dynamique et la structure génétique des populations d'espèces vectrices et de réservoirs (Mliki, 2015). Les maladies transmises par des vecteurs sont vulnérables aux conditions météorologiques. De manière générale, le climat a un impact sur le cycle de vie des vecteurs, ainsi que sur le taux de reproduction des parasites et des particules virales à l'intérieur des vecteurs et des hôtes humains (kadjoudj, 2022). La digestion, les processus métaboliques et la durée de développement des phlébotomes sont également influencés par ces facteurs climatiques, tandis que la température ambiante a également un impact sur le taux de développement des stades immatures, la survie des stades préimaginaux et la longévité des phlébotomes adultes (kadjoudj, 2022).

2.9.1. Influence sur les larves de phlébotomes.

La température peut influencer considérablement la vitalité des larves, ce qui permet le développement dans les limites de 20-32. La hausse de la température favorise la croissance mais réduit la vitalité. Sa diminution ralentit la croissance et diminue également la vitalité. Les diverses espèces de phlébotomes nécessitent des quantités de chaleur différentes pour leur croissance. Dans les mêmes conditions, le processus d'évolution est plus rapide chez les unes que chez les autres (Kabout, 2017). Les larves de la principale espèce vectrice de la zone méditerranéenne, *P. perniciosus*, s'arrête et meurt lorsqu'elle est exposée à des températures froides allant de 2 °C à 10 °C (kadjoudj, 2022). La présence des larves de phlébotomes est directement liée à un certain niveau d'humidité du sol. La larve n'est pas capable de survivre dans un milieu sec. Dans leur environnement naturel, les larves choisissent des lieux qui leur conviennent à une profondeur spécifique du substrat et à un niveau d'humidité adéquat (Kabout, 2017).

2.9.2. Influence sur les phlébotomes adultes.

Les oeufs des phlébotomes ne sont pas pondus dans l'eau et n'ont pas de phase de vie aquatique. Toutefois, il est toujours crucial d'avoir une humidité adéquate pour assurer la survie des œufs. Par ailleurs, les précipitations abondantes peuvent restreindre l'activité de vol, restreindre la disponibilité des sites de repos pour les phlébotomes adultes et entraîner la mort des stades immatures (Koche et al., 2017).

Matériel et méthodes

Chapitre 02 : Matériels et méthodes

2. Présentation de la zone d'étude

2.1. La région de Jijel

2.1.1. Cadre géographique

Positionnée au nord-est de l'Algérie (**Fig.25**). Elle couvre une superficie de 2 577 km² et possède un littoral dépassant les 120 km qui fait face à la mer Méditerranée. Située à environ 150 mètres d'altitude, Jijel se trouve dans une zone montagneuse présentant une pente marquée et un climat méditerranéen humide. Du point de vue géographique, La wilaya est bordée au nord par la mer Méditerranée, à l'est par celle de Skikda, au sud-est par Constantine, au sud par Mila et à l'ouest par Béjaïa. L'environnement géographique de Jijel lui offre une vaste diversité écologique, tout en rendant la région vulnérable à des dangers naturels tels que les coulées de boue et l'érosion côtière (Nehaï et Guettouche, 2020 ; Abdelhafid, 2024).

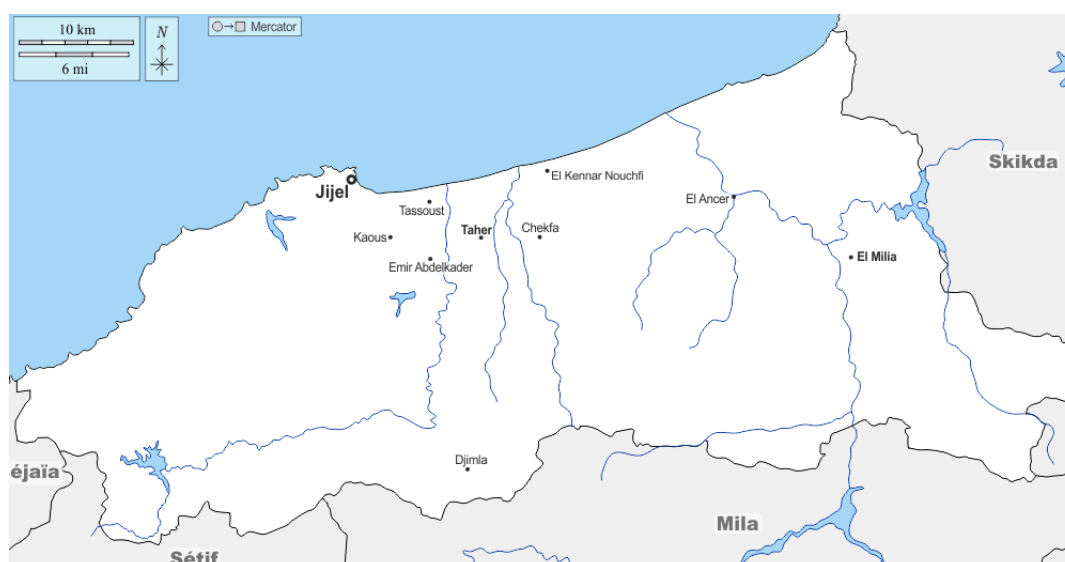


Figure 25: Situation géographique de la wilaya de Jijel (Anonyme, 2014).

2.1.2. Cadre administrative

L'administration de la wilaya de Jijel se divise en 28 communes, qui sont regroupées en 11 daïras à savoir : Chekfa, Djimla, El Ancer, El Aouana, El Milia, Jijel, Settara, Sidi Maarouf, Taher, Texenna et Ziam Mansouriah.

Tableau 01 : Le découpage administratif de la région de Jijel (Chambre de Commerce et d'Industrie de Jijel, n.d.).

Daïras	Communes
Jijel	Jijel
Texenna	Texenna –Kaous
Taher	Taher –Emir Abdelkader –Chahna –Ouled Askeur –Oudjana

El-Milia	El-Milia –Ouled Yahia
El-Aouana	El-Aouana –Selma Benziada
El-Ancer	El-Ancer –Bouraoui Belhadeb - Kheiri oued Adjoul –Djemaa Béni H’bib
Chekfa	Chekfa –Sidi Abdelaziz –El-Kennar –Bordj T’har
Ziama mansouriah	Ziama mansouriah –Erraguene
Sidi Maarouf	Sidi Maarouf –Ouled Rabah
Djimla	Djimla –Boudria Béni yadjis
Sattara	Settara –Ghebala

2.1.3. Cadre climatique

2.1.3.1. Température

La wilaya de Jijel bénéficie d’un climat méditerranéen humide, caractérisé par des hivers doux et humides et des étés chauds et secs. Les saisons d’automne, d’hiver et de printemps restent globalement tempérées et agréables, tandis que l’été connaît une forte élévation des températures, générant des conditions de stress thermique susceptibles d’affecter la santé humaine et l’équilibre écologique (Abed et Matzarakis, 2017). Les relevés durant 2023-2024 indiquent que juillet est le mois le plus chaud, avec une température moyenne de 36,1 °C, alors que janvier est le plus frais, avec une moyenne de 6,2 °C, traduisant d’importantes variations saisonnières.

Tableau 02 : Températures mensuelles moyennes, maxima et minima de la wilaya de Jijel durant la période d’étude (2023-2024).

Année	T (°C)	Mois											
		Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2023	M	15	17	19	19	23	28	32	32	28	26	21	17
	m	10	12	13	14	17	22	25	26	23	21	17	13
	(M+m)/2	13	14	16	17	20	25	28	29	25	23	19	15
2024	M	17	16	19	21	22	30	37	32	30	27	22	16
	m	13	10	13	14	16	22	27	24	24	21	18	12
	(M+m)/2	15	13	16	18	19	26	32	28	27	24	20	14

M : moyenne mensuelles des températures maxima ;

m : moyennes mensuelles des températures minima ;

(M+m)/2 : Moyenne mensuelle des températures maxima et minima

2.1.3.2. Précipitation

La wilaya de Jijel bénéficie d'un climat méditerranéen humide, marqué par des précipitations importantes, principalement concentrées entre novembre et mars. La répartition des pluies est inégale, avec une variabilité mensuelle notable et une tendance à la réduction progressive du nombre de jours pluvieux au fil du temps (Merniz et al., 2019). Au cours de la période étudiée, la wilaya a enregistré un total annuel de précipitations de 538 mm, soit une moyenne mensuelle de 44,8 mm. Les précipitations sont particulièrement importantes au printemps, avec un maximum en mai atteignant 64 mm, représentant 21,4 % du total annuel de 2023, tandis que le mois le plus sec reste juillet, avec seulement 1 mm de pluie sur les deux années.

Tableau 03 : Pluviométries mensuelles de la wilaya de Jijel durant la période d'étude (2023-2024).

Mois Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2023	62	21	13	10	64	17	1	4	2	3	58	43
2024	25	46	19	14	13	5	1	2	10	28	39	38

P : précipitations exprimées en mm

2.1.3.3. L'humidité relative

La wilaya de Jijel présente un taux d'humidité élevé tout au long de l'année, particulièrement en hiver et au printemps, en raison de sa proximité avec la mer, caractéristique du climat méditerranéen humide (Boudjelal et al., 2023). Les données de la période étudiée montrent que l'air devient plus sec en été, avec des valeurs de 58 % en juillet-août 2023 et 59 % en juillet 2024. Les niveaux d'humidité les plus élevés sont observés en hiver et au printemps, atteignant 82 % en mai 2023 et 76 % en février 2024. Ce profil hygrométrique confirme le climat méditerranéen humide de la région, où l'humidité joue un rôle essentiel dans l'équilibre écologique et la dynamique des espèces.

Tableau 04 : Pourcentages de l'humidité relative de la wilaya de Jijel durant la période (2023- 2024).

Mois Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2023	73	72	72	69	82	71	58	58	65	61	70	73
2024	68	76	71	75	71	69	59	61	73	70	70	72

H : humidités exprimées en %

2.1.3.4. Le vent

En raison de sa situation côtière, la wilaya de Jijel est soumise à l'influence de vents marins modérés à forts, généralement compris entre 3 et 5 m/s, particulièrement perceptibles en hiver et au printemps, impactant l'humidité, le climat local et les dynamiques écologiques (Boudjelal et al., 2023). Les relevés indiquent que les vitesses maximales ont été enregistrées en septembre 2023 (18 km/h) et en juillet 2024 (20 km/h), tandis que les vitesses les plus faibles ont été notées en février et juin 2023 (14 km/h) ainsi qu'en octobre et novembre 2024 (13 km/h), reflétant un régime éolien modéré à actif,

caractéristique des zones côtières. Les valeurs mensuelles du vent durant la période d'étude sont présentées au tableau 05.

Tableau 05 : Valeurs mensuelles de la vitesse du vent de la wilaya de Jijel durant la période (2023-2024).

Mois Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2023	17	14	15	16	17	14	15	17	16	16	18	17
2024	17	19	19	16	14	17	20	17	16	13	13	17

V : Vitesse des vents exprimée en km/h

2.1.4. Cadre géologique

La wilaya de Jijel se caractérise par un relief montagneux au nord et par des collines et plaines côtières au centre et au sud, parsemé de vallées profondes et de zones humides, sous l'influence d'un climat méditerranéen humide. Les sols, issus de formations sédimentaires du Mio-Plio-Quaternaire, sont principalement argileux et marno-calcaires, avec la présence d'alluvions récentes dans les vallées (Benyahia et Bensalah, 2017 ; ONM, 2015 ; Benyahia, 2016).

2.1.5. Cadre végétatif et hydrologique

La wilaya de Jijel est couverte par une forêt méditerranéenne dominée par le chêne-liège et le chêne vert, fortement affectée par la sécheresse et les incendies. La région dispose d'un réseau hydrographique dense, composé d'oueds, de barrages et de sources naturelles, garantissant l'approvisionnement en eau potable et l'irrigation agricole (ANDI, 2013 ; Boukhatem, 2014, 2015 ; Khelifa et al., 2012).

2.2. La région de Constantine

2.2.1. Cadre géographique

La wilaya de Constantine, située à l'est du pays (Fig. 26), couvre une superficie de 225 548 hectares. Elle est limitrophe d'Oum El Bouaghi au sud, de Mila à l'ouest, de Skikda au nord et de Guelma à l'est. La région constitue un important nœud ferroviaire reliant les principales métropoles de l'Est algérien et bénéficie de ressources naturelles, culturelles et industrielles considérables (Boussouf, 2012).

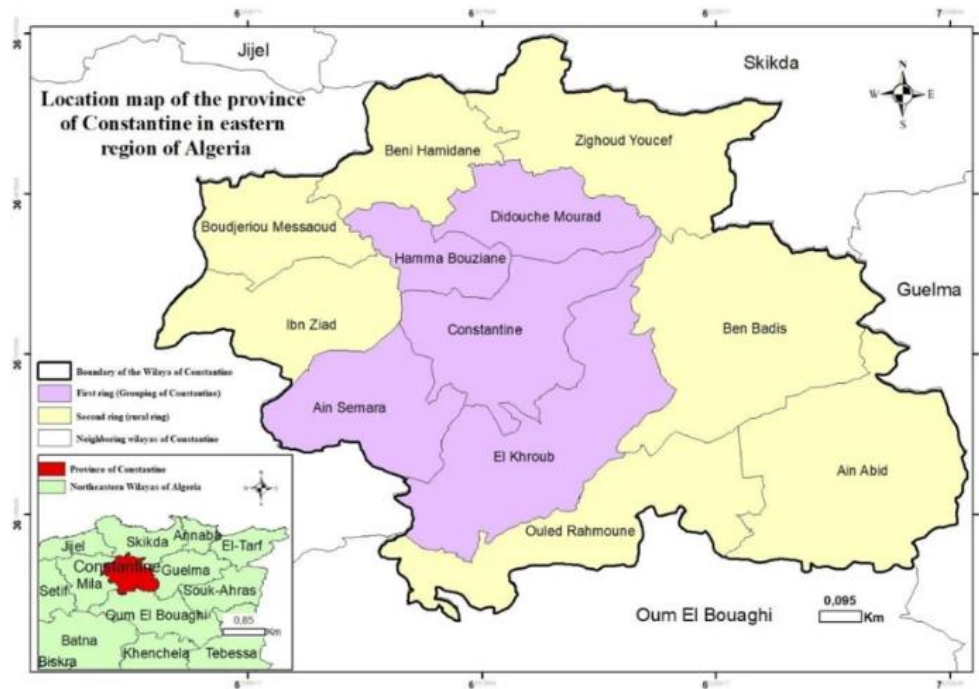


Figure 26: Situation géographique de la wilaya de Constantine (Anonyme, 2014).

2.2.2. Cadre administrative

La wilaya de Constantine est organisée en 12 communes regroupées au sein de 6 daïras : Constantine, El Khroub, Aïn Smara, Hamma Bouziane, Didouche Mourad, Zighoud Youcef, Beni Hamidène, Ben Badis, Aïn Abid, Ouled Rahmoune, Ibn Ziad et Messaoud Boudjeriou (Boussouf, 2012).

2.2.3. Cadre climatique

Le climat de Constantine est méditerranéen, avec des saisons bien marquées : des hivers frais et pluvieux et des étés chauds et secs. Les vents dominants du Nord-Nord-Ouest apportent des précipitations sous forme de pluie et de neige en hiver (Foughali et al., 2019). Ce climat, caractérisé par des étés secs et des hivers rigoureux, influence fortement les écosystèmes locaux, entraînant des modifications biologiques attribuables aux variations climatiques (Lacoste et Salanon, 2001 ; Gordo et Sanz, 2006 ; Gana, 2018).

2.2.3.1. Température

La température contrôle l'ensemble des processus métaboliques et détermine la répartition des espèces et des communautés d'organismes vivants dans la biosphère (Ramade, 1984). La vie animale et végétale se manifeste uniquement entre des températures minimales et maximales, ce qui souligne l'importance de ce facteur dans les processus biologiques (Dreux, 1980). Selon Dreux (1980), la température est le paramètre climatique le plus déterminant, influençant directement la vitesse des réactions biologiques, l'abondance et la croissance des organismes (Thoreau-Pierre, 1976). Les données collectées sur la période 2023-2024 montrent que juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne de 37,2 °C, tandis que janvier est le plus froid avec 4,6 °C, illustrant des variations saisonnières importantes.

Tableau 06 : Températures mensuelles moyennes, maxima et minima de la wilaya de Constantine durant la période d'étude (2023-2024).

Année	T (°C)	Mois											
		Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2023	M	12	14	20	23	23	32	42	35	31	28	20	15
	m	4	5	8	9	12	19	26	21	20	17	11	9
	(M+m)/2	8	10	14	16	18	26	34	28	26	22	15	12
2024	M	16	16	20	21	27	35	38	36	29	27	22	13
	m	8	8	9	9	15	20	23	23	19	18	13	7
	(M+m)/2	12	12	14	15	21	27	30	30	24	22	18	10

2.2.3.2. Pluviométrie

La wilaya de Constantine enregistre une moyenne annuelle de précipitations comprise entre 500 et 600 mm, avec une variation notable du nord au sud. Ces précipitations jouent un rôle essentiel dans la reconstitution des réserves en eau, la neige étant la principale source de recharge des nappes phréatiques, tombant en moyenne 14 à 15 jours par an (Zerroug, 2012). Durant la période d'étude, la région a enregistré un total annuel de 458 mm, soit une moyenne mensuelle de 19,08 mm. Les précipitations sont particulièrement importantes en juin, avec 123 mm, représentant 47,03 % du total annuel de 2023, tandis que les mois les plus secs sont octobre 2023 et juillet 2024, avec 0 mm de précipitations.

Tableau 07 : Pluviométries mensuelles de la wilaya de Constantine I durant la période d'étude (2023-2024).

Mois Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2023	12	4	5	6	44	123	1	2	1	0	31	31
2024	22	52	14	12	8	5	0	3	10	21	27	24

2.2.3.3. Le vent

Les vents dominants du Nord-Ouest, responsables des précipitations, présentent une vitesse moyenne annuelle de 2,92 m/s et influencent fortement le climat de la wilaya de Constantine. Les vents du Sud, appelés Sirocco, peuvent également survenir à tout moment de l'année (Djebailli, 1984). Les relevés indiquent que les vitesses maximales ont été enregistrées en juillet 2023 (22 km/h) et en juin-juillet 2024 (20 km/h), tandis que les vitesses les plus faibles ont été observées en décembre 2023 (13 km/h) et en octobre-novembre 2024 (11 km/h). Les valeurs mensuelles du vent pour la période étudiée sont présentées au tableau 08.

Tableau 08 : Valeurs mensuelles de la vitesse du vent de la wilaya de Constantine durant la période (2023- 2024).

Mois Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2023	16	12	17	20	19	20	22	18	15	16	18	13
2024	12	19	19	15	17	20	20	19	15	13	11	14

2.2.3.4. L'humidité relative

Les données présentées au tableau 09 indiquent que l'air est plus sec en été, avec des taux d'humidité de 41 % en juillet 2023 et 49 % en juillet 2024. Les valeurs maximales d'humidité ont été observées en hiver et au printemps, atteignant 84 % en mai 2023 et 78 % en décembre 2024.

Tableau 09 : Pourcentages de l'humidité relative de la wilaya de Constantine durant la période (2023- 2024).

Mois Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2023	79	76	75	73	84	67	41	53	61	57	76	76
2024	71	77	75	77	71	61	49	53	71	69	72	78

2.2.4. Cadre géologique

La wilaya de Constantine se caractérise par un relief très accidenté, comprenant montagnes, plateaux et dépressions (Boussouf, 2012). Trois zones géographiques se distinguent : le nord montagneux avec des sommets calcaires et marno-calcaires (Chettaba, Djebel Ouahch, Sidi Driss), les bassins internes propices à l'agriculture et à l'élevage, et les hautes plaines au sud, où prédomine la culture céréalière. Cinq types de sols principaux sont identifiés : sols bruts en zones montagneuses, sols peu évolués dans les dépressions alluvionnaires, vertisols près des sources, et sols calcimagnésiques sur les reliefs, avec une texture rugueuse en surface et plus fine en profondeur (Boulfelfel, 1979).

2.2.5. Cadre végétatif et hydrologique

L'aire d'étude se caractérise par une grande diversité environnementale, incluant des forêts dominées par le pin pignon, le pin d'Alep, le chêne-liège, l'eucalyptus et le cyprès, de nombreux lacs, des habitats écologiques spécifiques et des zones de pâturage couvertes d'espèces fourragères telles que *Dactylis glomerata*, *Leontodon hispidulus*, *Medicago minima* ou *Trifolium campestre*, ainsi que d'espèces indicatrices comme *Asphodelus microcarpus* (Aitouakli-Derbal, 2022). Le réseau hydrographique, influencé par la structure tectonique, comprend des cours d'eau majeurs tels que l'Oued Rhumel, l'Oued Bumerzoug et l'Oued Zighoud Youcef. Les eaux souterraines proviennent de nappes d'aquifères poreuses et karstiques situées à Hamma Bouziane, Bumerzoug, Aïn Smara, El Khroub et dans les formations carbonatées (Aitouakli-Derbal, 2022 ; PDAU, 2006).

2.2.6. Cadre d'agriculture et d'élevage

Le cheptel bovin de la région comptait 55 177 têtes, principalement élevées dans des exploitations mixtes combinant vaches laitières et veaux à l'engraissement, avec une production de viande de 3 255 tonnes, sans soutien spécifique au secteur (DSA, 2017). Sur 175 945 hectares de terres agricoles, 125 010 ha représentent la surface agricole utile (SAU), dont 50 935 ha irrigués. La production céréalière totale atteint 59 909 quintaux, incluant blé dur, blé tendre, orge, avoine et autres légumineuses (DAS, 2017). La production de fourrages s'élève à 91 308,5 quintaux, dont 83 750 quintaux de fourrages naturels et 7 558,5 quintaux de fourrages artificiels, secs ou ensilés (Issolah, 2008 ; DSA, 2017).

2.3. La région de Mila

2.3.1. Cadre géographique

La wilaya de Mila, située dans le nord-est de l'Algérie (Fig. 27), a été créée dans le cadre du réaménagement administratif de 1984 (Athmania et al., 2011). Elle couvre une superficie de 3 470,60 km², avec une altitude moyenne de 464 mètres, et se trouve à environ 73 km de la mer Méditerranée. Elle est limitrophe des wilayas de Jijel au nord, Skikda au nord-est, Constantine à l'est, Oum El Bouaghi au sud-est, Batna au sud et Sétif à l'ouest. La diversité géomorphologique de la région influence à la fois son climat et l'usage des sols (Ahmed et al., 2025).

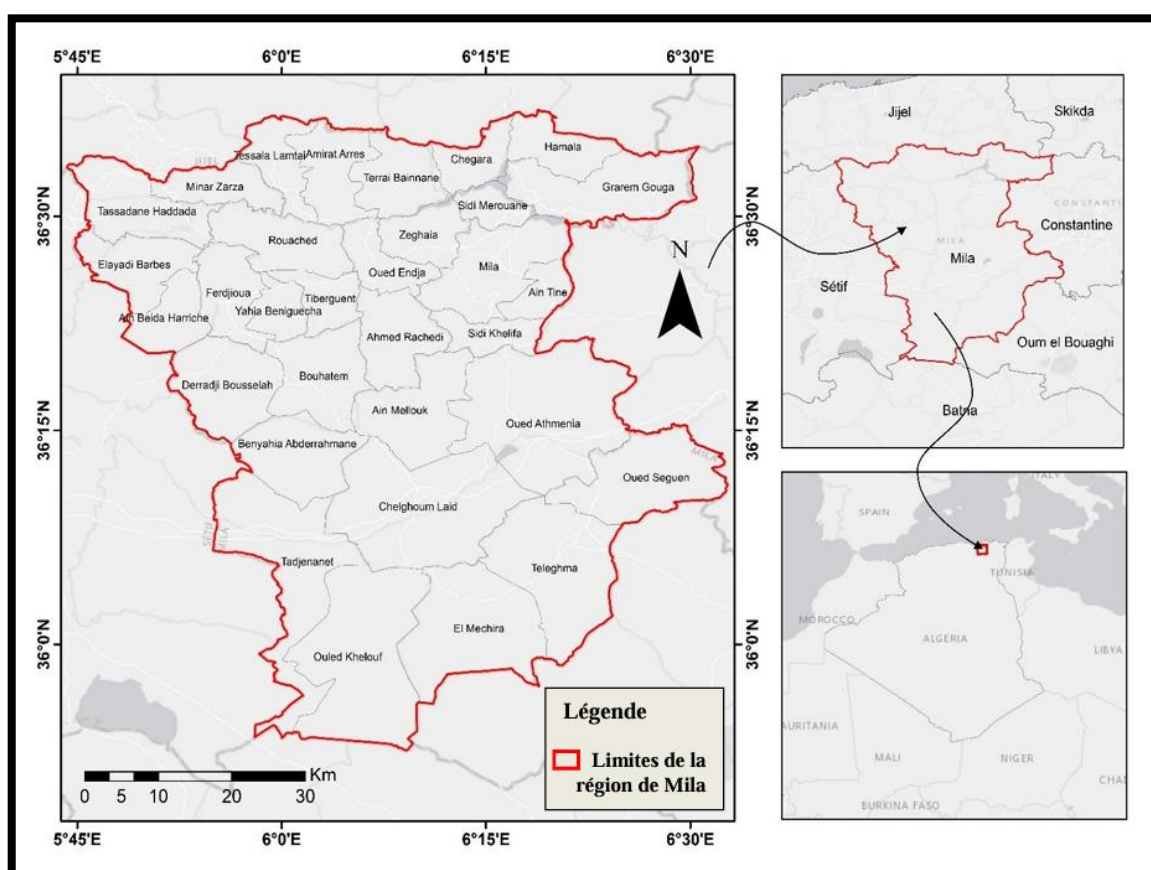


Figure 27 : Situation géographique de la wilaya de Mila (Kadjoudj, 2022).

2.3.2. Cadre administratif

La wilaya de Mila est constituée de 13 daïras qui regroupent un total de 32 communes.

Tableau 10 : Le découpage administratif de la région de Mila (Kadjoudj, 2022).

Daïras	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- Tiberquent
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	Tadjananet- Ben Yahia Abdrehmane – Ouled Khlouf

2.3.3. Cadre climatique

La wilaya de Mila bénéficie d'un climat méditerranéen xérothermique, avec des étés très chauds et secs et des hivers frais et relativement humides (Bouaroudj et al., 2019). Deux saisons principales se distinguent : une saison humide et pluvieuse de novembre à avril, et une saison chaude et sèche de mai à octobre (Zouaidia, 2006). Trois microclimats sont identifiés selon la morphologie du territoire : un climat humide dans les montagnes du Nord et du centre, un climat semi-aride à subhumide dans la zone centrale, et un climat semi-aride dans les hautes plaines du Sud (Bouaroudj et al., 2019 ; ANDI, 2013).

2.3.3.1. Température

La wilaya de Mila bénéficie d'un climat méditerranéen tempéré en automne, hiver et printemps, mais connaît des étés très chauds, avec des températures pouvant atteindre 49 °C dans les zones intérieures (Soukehal, 2009). Selon les données de 2023-2024, juillet est le mois le plus chaud avec une moyenne de 35,1 °C, tandis que janvier est le plus froid avec 5,01 °C, révélant d'importantes variations saisonnières. Ces fluctuations thermiques influencent directement l'activité des insectes vecteurs, tels que les phlébotomes, dont la prolifération est favorisée par des températures modérées de 20 à 27 °C, observées au printemps et au début de l'automne.

Tableau 11 : Températures mensuelles moyennes, maxima et minima de la wilaya de Mila durant la période d'étude (jan-Dec 2024).

Année	T (°C)	Mois											
		Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2023	M	13	14	20	23	23	32	42	35	31	28	20	15
	m	5	5	8	9	12	19	26	21	20	17	11	9
	(M+m)/2	9	10	14	16	18	26	34	28	26	22	15	12
2024	M	16	16	20	21	27	35	38	36	29	27	22	13
	m	8	8	9	9	15	20	23	23	19	18	13	7
	(M+m)/2	12	12	14	15	21	27	30	30	24	22	18	10

2.3.3.2. Précipitation

La wilaya de Mila connaît une variation annuelle notable des précipitations, concentrées principalement pendant le semestre frais, de novembre à mars, influençant directement les réserves d'eau et leur utilisation (Soukehal, 2010). Lors de la période d'étude, les précipitations totales ont été estimées à 370 mm, soit une moyenne annuelle de 15,41 mm, avec un maximum en février (52 mm, soit 26,26 % des pluies annuelles) et un minimum en juillet (0 mm). Ce déficit hydrique prolongé affecte les ressources naturelles et crée des conditions favorables à la prolifération des insectes vecteurs, notamment les phlébotomes, durant l'été et l'automne.

Tableau 12 : Pluviométries mensuelles de la wilaya de Mila durant la période d'étude (2023-2024).

Mois Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
	27	4	5	6	44	20	1	2	1	0	31	31
2024	22	52	14	12	8	5	0	3	10	21	27	24

2.3.3.3. L'humidité relative

Dans la wilaya de Mila, l'humidité relative est généralement modérée à faible, particulièrement en été en raison des températures élevées, avec une légère augmentation observée en hiver et au printemps, caractérisant un climat semi-aride à influence méditerranéenne continentale (Kecies et al., 2022). Les données indiquent un air plus sec en été, atteignant 41 % en juillet 2023 et 49 % en juillet 2024, tandis que les valeurs les plus élevées sont enregistrées en mai 2023 (84 %) et en décembre 2024 (78 %). Ces variations hygrométriques reflètent un climat semi-aride à caractère continental, impactant fortement les conditions écologiques locales.

Tableau 13: Pourcentages de l'humidité relative de la wilaya de Mila durant la période (Jan- Dec 2024).

Mois Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2023	80	76	75	73	84	67	41	53	61	57	76	76
2024	71	77	75	77	71	61	49	53	27	69	72	78

2.3.3.4. Le vent

Dans la wilaya de Mila, l'humidité relative est généralement modérée à faible, particulièrement en été en raison des températures élevées, avec une légère augmentation observée en hiver et au printemps, caractérisant un climat semi-aride à influence méditerranéenne continentale (Kecies et al., 2022). Les données indiquent un air plus sec en été, atteignant 41 % en juillet 2023 et 49 % en juillet 2024, tandis que les valeurs les plus élevées sont enregistrées en mai 2023 (84 %) et en décembre 2024 (78 %). Ces variations hygrométriques reflètent un climat semi-aride à caractère continental, impactant fortement les conditions écologiques locales.

Tableau 14 : Valeurs mensuelles de la vitesse du vent de la wilaya de Mila durant la période (2023-2024).

Mois Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2023	13	12	17	20	19	16	22	18	15	16	13	18
2024	12	19	19	15	17	20	24	19	15	13	14	11

2.3.4. Cadre géologique

La wilaya de Mila présente un relief diversifié avec trois zones principales : des montagnes escarpées et pluvieuses au nord, des piémonts et collines avec plaines centrales autour de 400 m d'altitude, et des monts isolés au sud culminant entre 800 et 900 m (ANDI, 2013 ; Seddiki et al., 2013). Sur le plan pédologique, le bassin repose sur des dépôts laguno-continentaux du Mio-Plio-Quaternaire, constitués d'argiles, de sable, de gypse et de sel gemme (Athmania, 2010).

2.3.5. Cadre végétatif et hydrologique

La wilaya de Mila, bien que modeste en superficie (environ 8 860 ha), possède une couverture végétale d'importance écologique, dominée par une forêt méditerranéenne clairsemée de chênes-liège et chênes verts, principalement sur les terrains montagneux sensibles à l'érosion et aux incendies fréquents, notamment à Arras et Tassala (ANDI, 2013 ; Abid, 2014 ; Soukehal, 2009). Le réseau hydrographique est dense, avec le barrage de Béni Haroun, le plus grand d'Algérie, alimenté par les oueds El Kebir, Rhumel et Endja, fournissant eau potable et irrigation, ainsi que les barrages d'Oued Athmania et de

Seguene qui contribuent à la gestion des ressources en eau de la région (Seddiki et al., 2013 ; Abid, 2014 ; Seddiki, 2012).

2.3.6. Cadre d'agriculture et d'élevage

La wilaya de Mila est reconnue comme l'une des zones agricoles les plus productives en Algérie, grâce à la variété de ses sols fertiles adaptés à toutes sortes de cultures. De plus, le climat qu'elle possède, humide au nord et aride à semi-aride au sud, contribue à sa réputation en tant que wilaya pionnière dans le secteur de la production agricole. Elle couvre une étendue de 315 745 hectares, dont 237 557 hectares sont appropriés pour l'agriculture, avec environ 45% dédiés à la culture des follicules, soit près de 1.600248 quintaux (DSA, 2015). Selon la DSA en 2023, la région abrite approximativement 445247 animaux de ferme, comprenant notamment 67840 bovins, 295231 moutons, 43995 chèvres et 529 équins et camélins.

3. Analyse climatique

On peut caractériser le régime climatique d'une région spécifique à l'aide de divers indices et diagrammes climatiques. Pour notre recherche, nous faisons appel à ces instruments pour souligner les changements notés dans le climat de la zone d'étude. Nous avons sélectionné les techniques suivantes :

- Le graphique pluviométrique et thermométrique, qui offre une représentation mensuelle des précipitations et des températures, permettant ainsi de délimiter les saisons climatiques.
- Le schéma ombrothermique de L. Emberger, employé pour identifier le type bioclimatique d'une région (aride, semi-aride, subhumide, etc.) basé sur les informations relatives aux précipitations et aux températures.

3.1. Diagramme pluvio-thermiques de Gaussen

Pour identifier les périodes sèches et humides dans la zone étudiée, un diagramme pluvio-thermique a été élaboré, représentant graphiquement les précipitations et les températures moyennes mensuelles d'une station spécifique. Le diagramme comporte un axe horizontal pour les douze mois de l'année et deux axes verticaux : à gauche pour les précipitations et à droite pour les températures, avec une échelle normalisée où chaque graduation des précipitations correspond à deux graduations de température ($P = 2T$) (Chebbah et Kabour, 2018).

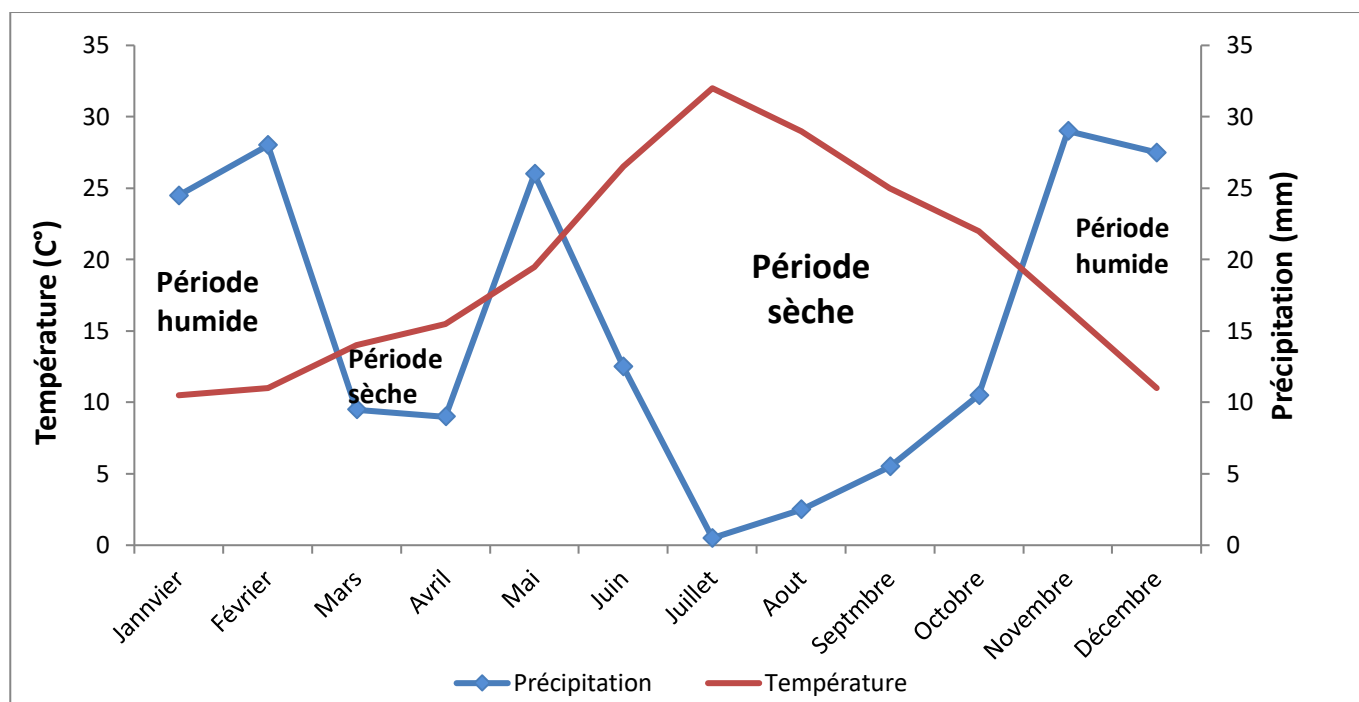


Figure 28 : Diagramme de précipitations sur deux ans dans la région de Jijel (2023- 2024).

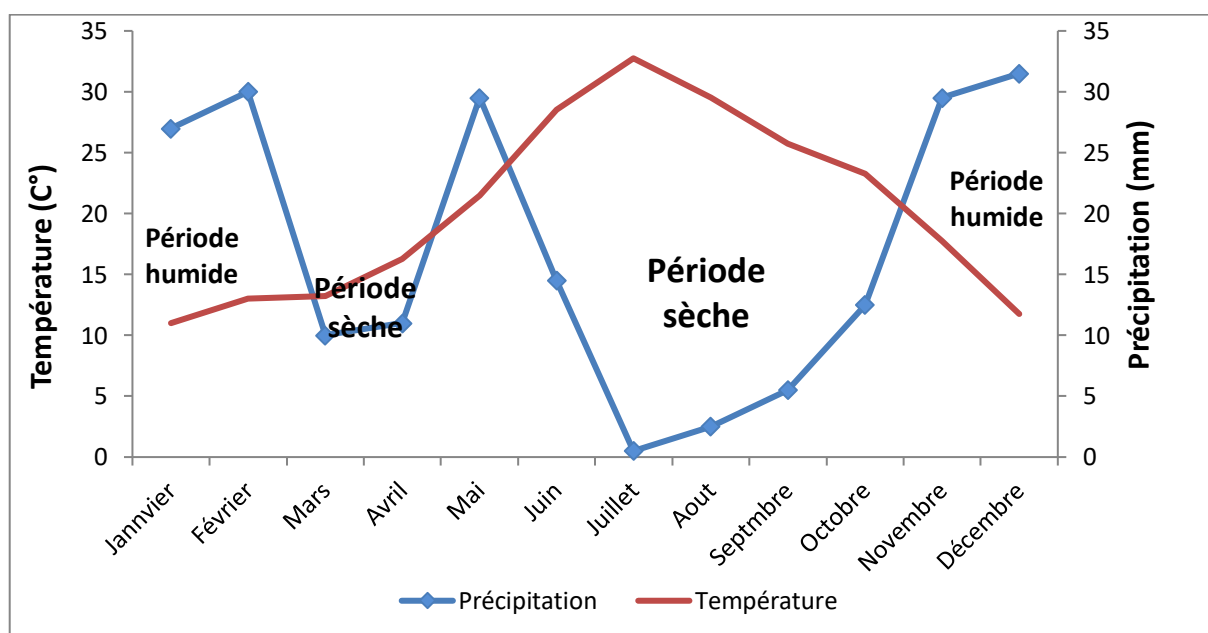


Figure 29 : Diagramme de précipitations sur deux ans dans la région de Constantine (2023- 2024).

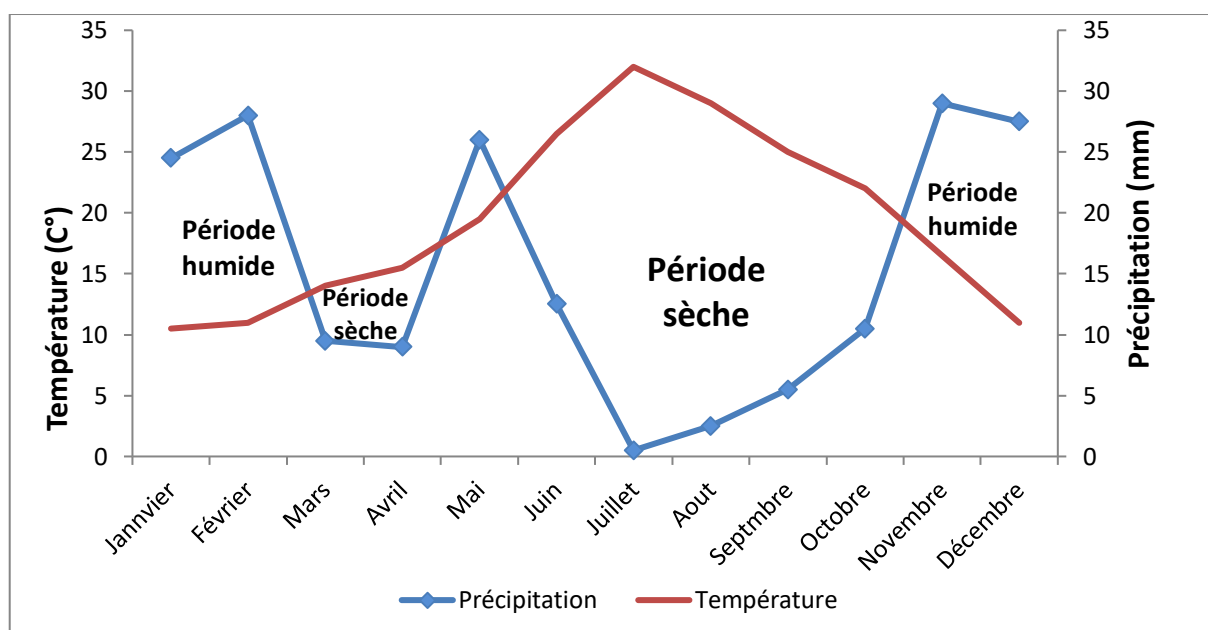


Figure 30 : Diagramme de précipitations sur deux ans dans la région de Mila (2023- 2024).

3.2. Climagramme et quotient pluviométrique d'Emberger

Le diagramme pluviothermique d'Emberger (Q2) permet de caractériser quantitativement le climat d'un biotope donné (Ramade, 2008). Sur ce graphique, l'axe vertical représente les valeurs de Q2, tandis que l'axe horizontal indique la moyenne des températures minimales de l'hiver (en °C). Cinq étages bioclimatiques y sont distingués : humide, subhumide, aride, semi-aride et saharien. Quatre variantes thermiques sont également définies : hiver froid ($m < 0^{\circ}\text{C}$), hiver frais ($0 < m < 3^{\circ}\text{C}$), hiver doux ou tempéré ($3 < m < 5^{\circ}\text{C}$) et hiver chaud ($m < 7^{\circ}\text{C}$) (Chebbah et Kabour, 2018).

Emberger (1955) a mis en évidence le quotient de la pluviométrie, qui a ensuite été simplifié par Stewart (1969) selon cette formule:

$$Q^2 = 3,43. P / M - m$$

- Q^2 : 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 les tableaux.

Tableau 15 : Les valeurs des moyennes des T° max, T° m (°C), P (mm) et Q2 (période 2014- 2024) dans la région de Mila.

Les paramètres	Mois le plus chaud	Mois le plus froid	M (c°)	m (c°)	P (mm)	Q²
2014	Août	Décembre	33,4	4,5	654,7	77,7031
2015	Juillet	Février	36,3	2,2	773,2	77,7735
2016	Juillet	Janvier	34,3	6	534	64,7216
2017	Juillet	Décembre	36,1	8	399	48,7036
2018	Août	Janvier, Décembre	36,3	7,2	454	53,5127
2019	Août	Janvier	33,1	3,8	663	77,614
2020	Août	Janvier	34,5	4,3	532	60,4225
2021	Août	Janvier	33,6	6,4	412	51,9544
2022	Juillet	Janvier	35,2	3,7	645,1	70,2442
2023	Juillet	Janvier, Février	36,1	6,2	761,9	87,4019
2024	Juillet, Août	Janvier, Décembre	37,5	2,9	650	64,4364
Totale			386,4	55,2	6478,9	734,488
Moyenne			35,1272	5,01818	588,9909	66,7716

Tableau 16 : Les valeurs des moyennes des T° max, T° m (°C), P (mm) et Q2 (période 2014- 2024) dans la région de Jijel.

Les paramètres	Mois le plus chaud	Mois le plus froid	M (c°)	m (c°)	P (mm)	Q²
2014	Août, septembre	Mars	35	6	950	112,362
2015	Juillet, Août	Février	34,5	5,5	702,4	83,077
2016	Juillet, Août	Mars	36	6,5	960	111,62
2017	Août	Janvier	35,5	6	955	111,039
2018	Juillet	Janvier	36,2	6,2	970,7	110,983
2019	Juillet, Août	Janvier, Février	35,8	5,8	965	110,332
2020	Juillet, Août	Janvier	36,5	6,3	914	103,809
2021	Août	Janvier	37	6,5	990	111,334
2022	Juillet	Janvier	36,8	6,4	850,2	95,9272
2023	Juillet	Janvier, Février	37,2	6,6	995	111,531
2024	Juillet, Août	Janvier, Décembre	37,5	6,8	1000	111,726
Totale			398	68,6	10252,3	1173,74
Moyenne			36,1818	6,23636	932,0272	106,704

Tableau 17 : Les valeurs des moyennes des T° max, T° m (°C), P (mm) et Q2 (période 2014- 2024) dans la région de Constantine.

Les paramètres	Mois le plus chaud	Mois le plus froid	M (c°)	m (c°)	P (mm)	Q²
2014	Juillet, Août	Janvier, Février	35,1	5,1	530,9	60,699
2015	Juillet	Février	37	3	652,1	65,785
2016	Juillet	Janvier	35	5,2	480	55,248
2017	Juillet	Janvier	37,2	3,3	435	44,013
2018	Juillet	Février	36,3	4,3	574	61,52
2019	Juillet	Janvier	36,2	4,2	771,3	82,673

2020	Août	Janvier	35,1	6	562	66,242
2021	Août	Janvier	38	6.1	371	39,891
2022	Juillet	Janvier	40	4	88,9	8,47
2023	Juillet	Janvier	42,1	4,1	260,2	23.486
2024	Juillet	Décembre	38,1	7,2	198,4	22.023
Totale			410,1	46,4	4923,8	46,435
Moyenne			37,281	4,64	447,618	47,035

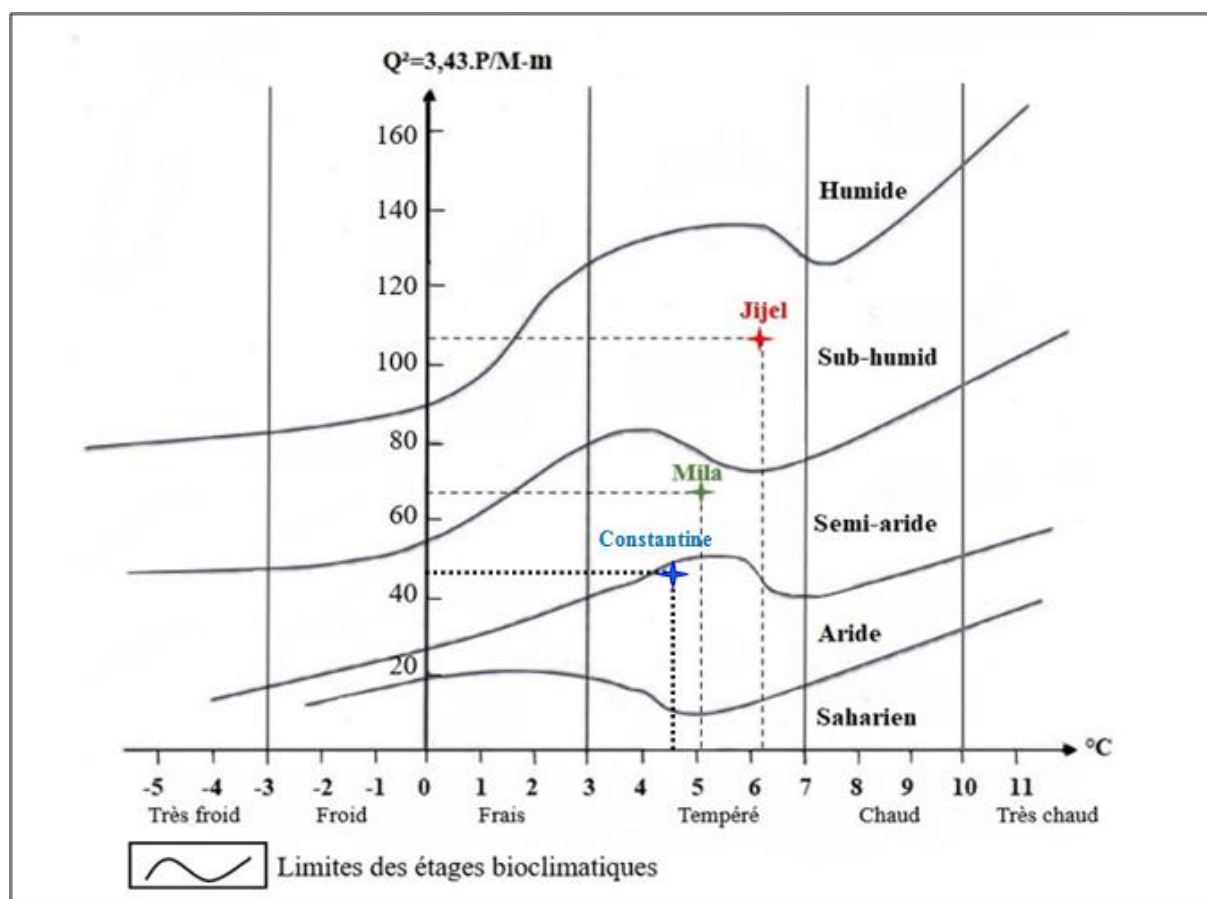


Figure 31 : Position de la région de Mila, Constantine et de Jijel dans le Climagramme d'Emberger (2014-2024).

4. Matériel et méthodes utilisées

4.1. Choix de la région d'étude

En Algérie, diverses zones n'ont pas été repérées par les recherches et les études entomologiques destinées à identifier et à inventorier les espèces de *Culicoides* et de phlébotomes présentes sur le sol national. Toutefois, certaines recherches sur les phlébotomes et les *Culicoides* ont déjà été menées, mais elles demeurent relativement peu fréquentes. Notre recherche vise à déterminer les espèces de *Culicoides* et de phlébotomes existantes dans la zone d'étude (Mila, Constantine et Jijel) et à caractériser leur diversité. Nous avons décidé de se concentrer sur trois wilayas du nord-est algérien :

Mila, Jijel et Constantine. Ces régions sont réputées pour leur vaste variété de climats et de paysages, ce qui engendre une grande diversité d'espèces animales et végétales. De plus, jusqu'à présent, aucune étude sur les Culicoides n'a été menée dans les zones de Jijel et Constantine. Ces trois wilaya sont caractérisées par un potentiel agro-pastoral, manifesté par des pratiques d'élevage d'ovins, de bovins, de caprins, de chevaux et à un degré moindre de camélidés. Cela confère une richesse considérable en bétail et une diversité agricole marquée par des terrains dédiés à différentes cultures (céréales, légumes) ainsi que ceux réservés au pâturage. Aussi, elles sont localisées entre différents unités géomorphologiques et différents étages bioclimatiques, de l'étage humide à Jijel à l'étage semi-aride à Constantine passant par le subhumide à Mila.

4.2. Description des sites de captures

Le cadre de notre étude est représenté par la région de Mila, Jijel, et Constantine situés dans le Nord-Est algérien. Les investigations menées se sont étalées sur 18 mois Février à Novembre de l'année 2023 et 2024. Nous avons prospecté 18 sites. Parmi eux, seulement 10 sites sont positifs pour les Phlébotomes (**Fig.32**). Les coordonnées géographiques et les animaux à proximité présents dans les sites d'étude sont donnés dans le tableau 18.

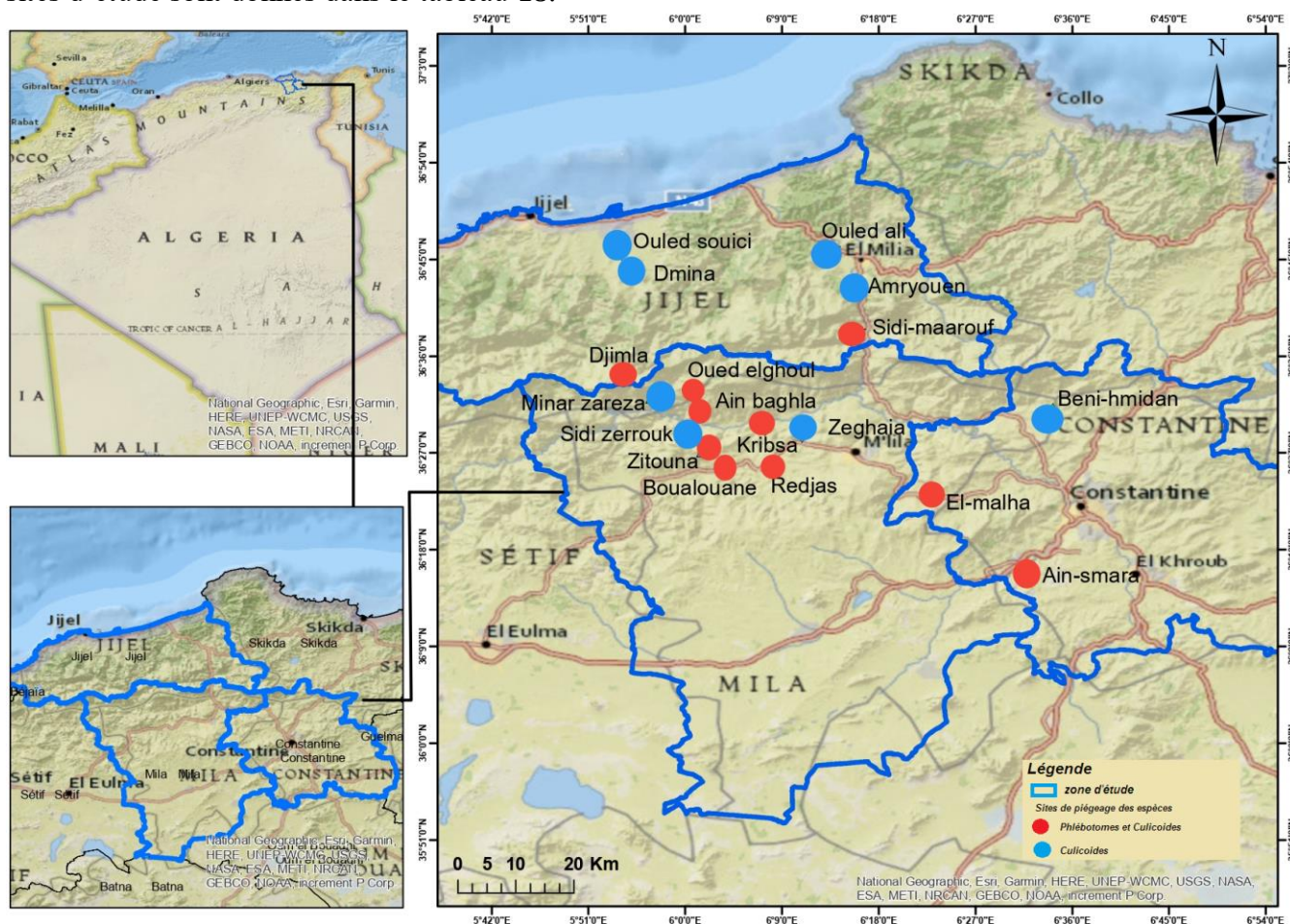


Figure 32 : Localisation géographique des sites de collecte dans la région d'étude (Arcgis, 2024).

Tableau 18 : Description des sites de piégeages de Culicoides et de phlébotomes dans la région d'étude (2023-2024).

Province	Lieux d'échantillonnage	Coordonnées géographiques	Altitude (m.a.s.l.)	Date d'échantillonnage	Spécimens capturés	Type de site	Localisation du piège	Les animaux à proximité
Jijel	Dmina	36°45'26 " N 5°54'36" E	100	22/02/2023	3	Périurbaine	à l'extérieur de l'abri des animaux	09 bovins, 02 chiens
	Ouled souici	36°45'56"N 5°54'30"E	58	07/05/2023	9	Rurale	à l'extérieur de l'abri des animaux	12 bovins,01 chiens,20 volailles
	Ouled ali	36°45'23"N 6°13'36"E	155	12/07/2024	1	Rurale	à l'extérieur de l'abri des animaux	40 bovins, 03 chiens, 13 volailles
	Amryouen	36°44'19"N 6°16'4"E	172	13/03/2023	170	Rurale	à l'extérieur de l'abri des animaux	20 bovins
	Djimla	36°33'41"N 5°51'51"E	769	01/08/2023	73	Rurale	à l'extérieur de l'abri des animaux	35 bovins, 23 ovins, 01 chèvre, 02 chiens,07 volailles
	Sidi-maarouf	36°60'0" N 6°16'67" E	801	12/07/2023	6	Rurale	à l'extérieur de l'abri des animaux	30 bovins, 09 volailles , 05 ovins
Mila	Boualouane	36°24'30" N 60°0'40"E	376	08/03/2023	4	Rurale	à l'extérieur de l'abri des animaux	05 chèvre ,52 ovins,21 bovins,04 chiens,07 volailles
	Zitouna	36°27'31" N 6°01'39" E	587	25/06/2023	1	Périurbaine	à l'extérieur de l'abri des animaux	10 bovins, 20 ovins
	Sidi zerrouk	36°28'19" N 5°59'51" E	629	24/07/2024	1	Rurale	à l'extérieur de l'abri des animaux	10 bovins, 08 ovins,02 chiens, 09 volailles

Tableau 18 (suite) : Description des sites de piégeages de Culicoides et de phlébotomes dans la région

Mila	Redjas	36°25'35" N 6°08'16"E	366	08/06/2023	8	Périurbaine	à l'extérieur de l'abri des animaux	120 ovins, 04 équins, 03 chiens
	Zeghaia	36°47'68" N 6°18'10"E	506	24/07/2023	1	Périurbaine	à l'extérieur de l'abri des animaux	12 ovins,18 chèvre ,16 bovins,14 volaille
	Oued elghoul	36°50'80"N 6°01'95"E	690	12/09/2023	198	Rurale	à l'extérieur de l'abri des animaux	06 bovins,06 volailles
	Ain baghla	36°32'01"N 6°00'56" E	678	13/11/2024	41	Rurale	à l'extérieur de l'abri des animaux	26 bovins, 13 volailles
	Kribsa	36°48'19"N 6°10'77"E	228	21/03/2024	123	Rurale	à l'extérieur de l'abri des animaux	32 ovins, 02 chiens,12 volailles
	Minar zareza	36°32'10" N 5°57'22"E	648	01/04/2023	11	Rurale	à l'extérieur de l'abri des animaux	20 bovins,12 ovins,15 chèvre,01 chiens, 16 volailles
Constantine	El-malha	36°22'37" N 6°22'59"E	700	08/05/2024	200	Rurale	à l'extérieur de l'abri des animaux	10 bovins, 12 ovins,01 chiens,05 volailles
	Beni-hmidan	36°30'23" N 6°29'27"E	412	20/04/2024	44	Rurale	à l'extérieur de l'abri des animaux	13 bovins,6 volailles ,01 chiens
	Ain-smara	36°17'49"N 6°31'42"E	627	29/04/2023	23	Périurbaine	à l'extérieur de l'abri des animaux	22 bovins 10 volailles ,12 ovins



Figure 33 : Quelques photos des sites de piégeages (photos personnelles).

4.3. Techniques d'échantillonnage sur terrain et traitement des échantillons au laboratoire

4.3.1. Techniques d'échantillonnage sur terrain

Nous avons effectué 36 visites (deux fois par mois) dans diverses collectivités rurales et de banlieue des trois wilayas. Les collectes ont lieu pendant les saisons d'hiver et d'automne, c'est-à-dire de février à novembre, sur une période de deux ans consécutifs : 2023 et 2024.

Nous avons employé des pièges lumineux Centers for Disease Control (CDC) modifiés pour piéger les phlébotomes et les Culicoides encore vivants. L'appareil est constitué de deux éléments :

- Un moteur, qui gère un petit ventilateur assurant une aspiration constante des insectes, est entouré par une partie supérieure faite d'un cylindre en plastique avec un grillage métallique à grandes mailles sur le dessus. De plus, une unité d'éclairage (lumière blanche) est également intégrée. Tout cela fonctionne grâce à l'énergie électrique.
- Une section inférieure qui comprend un pot en plastique monté sur un tissu de moustiquaire à mailles très serrées, dont la partie supérieure se fixe à la partie supérieure du piège par l'intermédiaire d'un élastique.

Conformément aux procédures définies, l'installation des pièges lumineux comprend les phases suivantes :

- Le piège est fixé à un support à hauteur d'environ 1,5 m du sol.
- Remplissez un tiers du pot d'eau et ajoutez-y une ou deux gouttes de savon. Le savon, servant d'agent mouillant, empêche les insectes de grimper le long des parois.



Figure 34 : Piège lumineux de type CDC (A) et UV (B) utilisé dans notre étude (photos personnelles).

4.3.2. Traitement des échantillons au laboratoire

4.3.2.1. Transport des spécimens

Toutes sortes de captures sont rassemblées dans des contenants de collecte. Ils sont ensuite filtrés afin de séparer les insectes de l'eau savonneuse. Les échantillons recueillis sont placés dans de flacons correctement identifiés (date, nom du lieu, position du piège), où ils sont conservés dans une solution d'éthanol à 70%, avant d'être rangés au frais et protégés de la lumière jusqu'à ce qu'ils soient identifiés.

4.3.2.2. Tri des Culicoides et des phlébotomes

Cette phase consiste à distinguer les phlébotomes et les *Culicoides* des autres insectes en utilisant leurs caractéristiques morphologiques globales, avec l'aide d'une loupe binoculaire. Puis placés dans des tubes en plastique remplis d'éthanol à 70%.

4.3.2.3. Identification des Culicoides

La détermination morphologique des diverses espèces de *Culicoides* repose sur l'inspection au microscope binoculaire des motifs des ailes. Particulièrement, on note l'existence de deux cellules radiales de taille presque équivalente et la nervure médiane M2 qui n'est pas en contact avec la M1 (Belkhrchouche ,2014). Les *Culicoides* se distinguent généralement par leurs ailes tachetées, ce qui nous a facilité l'identification de ces insectes. Les espèces qui sont difficiles à identifier sont éclaircies dans un mélange d'alcool et de phénol, puis elles sont disséquées avec une aiguille fine. Les têtes, les ailes et les segments abdominaux finaux des femelles, ou l'hypopygium des mâles, sont ensuite placés séparément entre les lames et lamelles dans une goutte de Baume du Canada. Cette phase de montage est suivie d'une étape d'identification qui s'avère délicate et laborieuse en utilisant les kit d'identification de Kremer, 1965 et González, et Goldarazena , 2011. Cela implique l'identification des diverses espèces, et pour y parvenir, chaque *Culicoides* est examiné individuellement à l'aide d'un

microscope optique associé à une caméra pour faciliter la reconnaissance. Le processus d'identification des *Culicoides* a eu lieu à l'Université de Selcuk, plus précisément à la Faculté de Médecine Vétérinaire, au Département de Parasitologie, située à Konya en Turquie. En partenariat avec le Pr. Bilal Dik.



Figure 35 : la dissection et l'identification des *Culicoides*.

4.3.2.4. Identification des *Phlébotomes* (CMCP-10)

On utilise une aiguille délicate pour procéder à la dissection des espèces. Les femelles, ou hypopygium des mâles, ont ensuite été montés un à un entre les lames et lamelles dans une goutte de liquide de montage appelée CMCP-10 (Polysciences, Inc). Cette phase de montage est suivie d'une étape d'identification qui s'avère délicate et laborieuse en utilisant des kit d'identification de Dedet et al., 1984. Elle nécessite la détermination des diverses espèces, ce qui implique l'examen minutieux de chaque phlébotome grâce à un microscope hautement performant associé à une caméra pour faciliter l'identification.

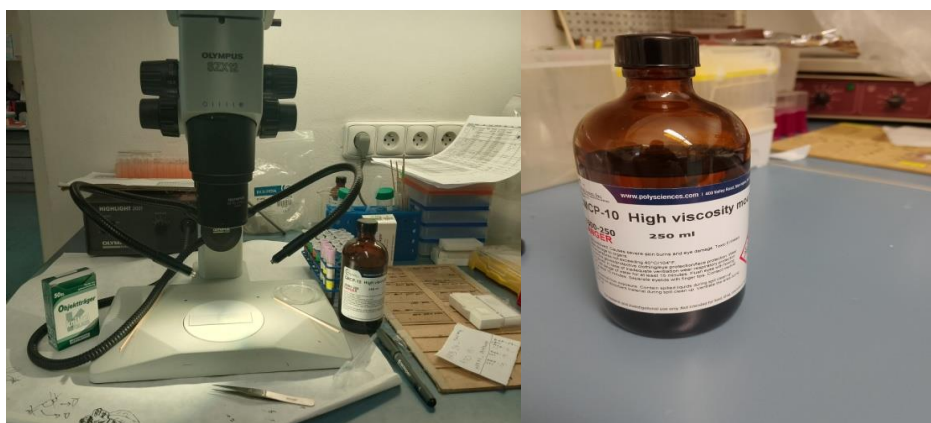


Figure 36 : la dissection des phlébotomes (photos personnelles).

5. Etude morphométrique

Une fois identifiés, les phlébotomes sont soumis à une étude morphométrique au laboratoire des sciences naturelles et des matériaux du Centre Universitaire A. Boussouf - Mila. Les mesures ont été réalisées à l'aide d'un logiciel PROVIEW, préalablement calibré avec un micromètre, en utilisant une caméra vidéo fixée au microscope (fig. 37). Nous avons effectué des mesures morphométrique sur les phlébotomes, et les organes sur lesquels on a procédé à des mesures sont:

La tête : les mesures ont été effectuées pour les deux genres, concernant : les antennes (longueur d'A 3, longueur d'A 4 et d'A 5), les palpes (longueur de P1, P2, P3, P4 et P5), la distance entre les yeux (DIO), le pharynx, le cibarium, le clypeus et l'épi-pharynx (E) (fig. 37).

Les ailes : la longueur (L), la largeur (l), α , β , δ , γ et π (fig. 37).

Le génitalia : chez le mâle, plusieurs éléments ont été évalués : la longueur du coxite, la longueur du style, la longueur du paramère, la longueur du surstyle, la longueur de la valve pénienne, la longueur du piston, la longueur de la pompe génitale, la longueur des filaments génitaux, la longueur du lobe basal du coxite et enfin, la longueur du pavillon génital (fig. 37). Pour la femelle, les dimensions relatives au génital sont celles du corps des spermathèques et la longueur du canal. En ce qui concerne les organes pairs, seul le côté gauche a fait l'objet d'un traitement. Effectivement, afin d'éviter l'éventualité de phénomènes d'asymétrie entre les organes pairs, on utilise uniquement un des deux côtés, droit ou gauche. (Rohlf et Slice, 1990).

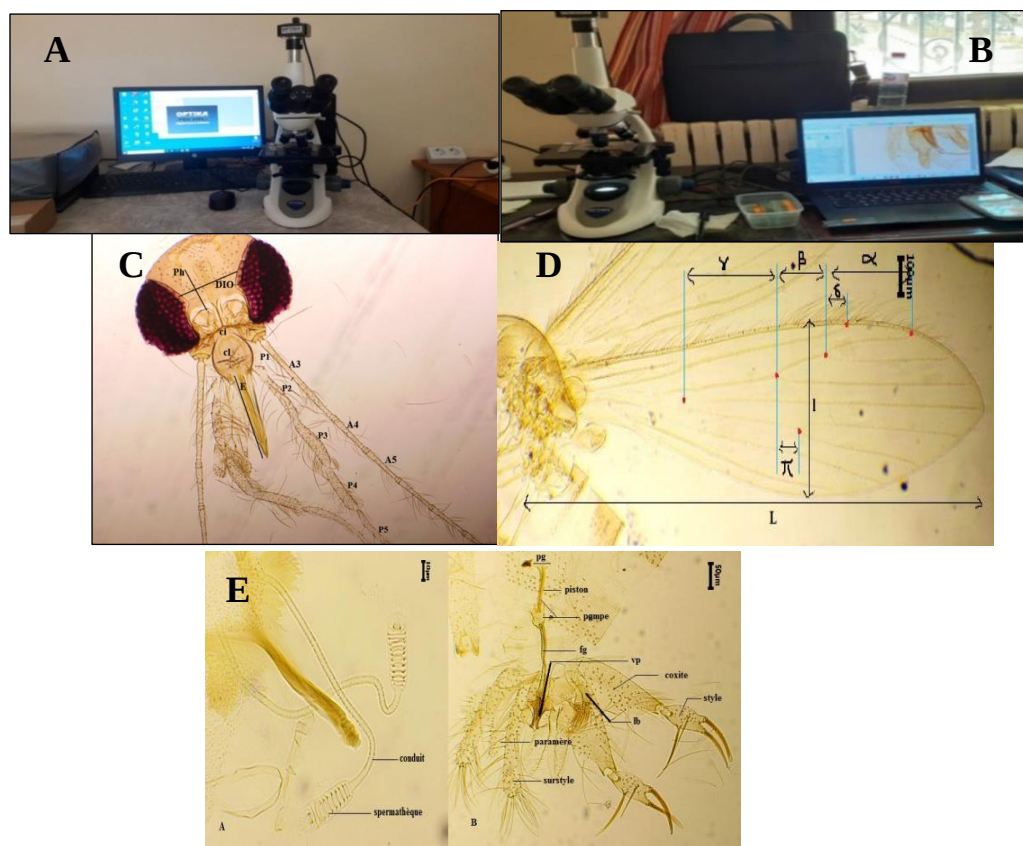


Figure 37 : Photos représentant le logiciel utilisé pour l'étude morphométrique(A,B) et les différentes critères mesurées(C,D,E) (photos personnelles).

6. Étude écologique

Pour utiliser nos données concernant les phlébotomes et Culicoides recensés, nous avons d'abord calculé les indices écologiques suivants. Ces éléments nous ont autorisé à décrire, même de manière approximative, leur répartition dans les diverses stations durant la période d'observation.

6.1. Richesse spécifique (RS)

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

6.2. Abondance relative (AR %)

La dominance des espèces de phlébotomes et 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).

6.3. Indice de Simpson (IS)

Indice de Simpson permet d'estimer la biodiversité d'une population donnée (Tchapgnouo et al., 2012). Il est donné par la formule suivante :

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

$$P_i = AR / 100$$

Cet indice varie entre 1 et le total d'espèces présent à un endroit spécifique (RS), les valeurs supérieures témoignant d'une diversité d'espèces plus importante (Zeroual, 2017).

6.4. Équitabilité (E)

Nous estimons l'équitabilité pour évaluer la répartition organisationnelle de la population de Culicoides et de phlébotomes au sein de chaque communauté de site, en utilisant la formule ci-dessous :

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

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

7. Etude microbiologique

L'objectif de cette étude est de réaliser une analyse approfondie de la composition et de la diversité des communautés bactériennes et fongiques associées à la cuticule et au tube digestif moyen des phlébotomes capturés dans la nature.

7.1. Zone d'étude

Les captures ont été réalisées en août 2023 dans les zones rurales de Tiberghent (36°24'27" N, 6°04'15" E), Tassala-Lamtai (36°50'80" N, 6°01'95" E) et Zeghaia (36°47'68" N, 6°18'10" E), toutes situées dans la wilaya de Mila (Fig. 38). Cette région, située à 486 m d'altitude, se caractérise par une grande variété de paysages incluant montagnes, collines, piémonts et hautes plaines. Le climat y est également diversifié, avec trois microclimats distincts : un climat humide dans les zones montagneuses du nord, un climat subhumide dans les régions intermédiaires et un climat semi-aride dans les hautes plaines. L'agriculture représente l'activité dominante, combinant cultures végétales et élevage, ce qui crée un environnement propice à la prolifération des phlébotomes. Sur chaque site d'échantillonnage, un piège lumineux CDC a été déployé. Avant son installation, le piège a été désinfecté à l'éthanol, puis placé dans un abri pour animaux de 18h00 jusqu'à 7h00 le lendemain matin.

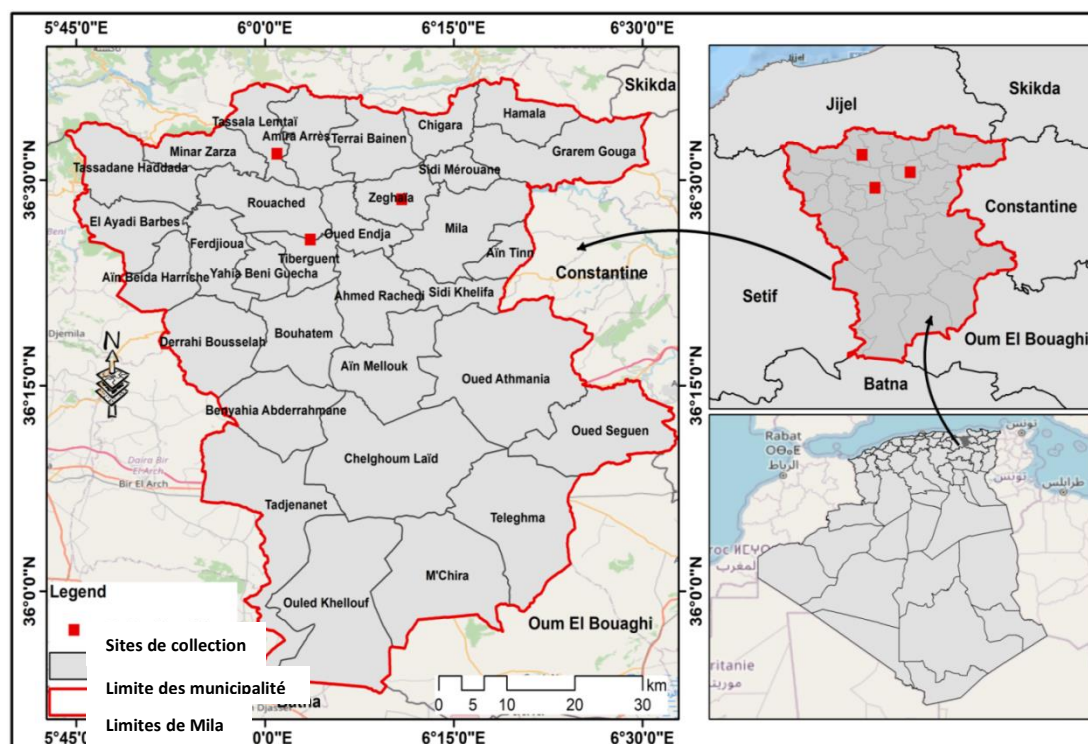


Figure 38: Distribution Géographique des sites de la collection.

7.2. Traitement des phlébotomes

Chaque phlébotome vivant collecté a été manipulé séparément dans des conditions stériles à l'aide de réactifs et de matériels appropriés (Fig. 39). Le protocole utilisé est basé sur une étude antérieure (Akhoundi *et al.*, 2012) avec quelques modifications. Dans un premier temps, les phlébotomes ont été tués par choc froid, puis triés selon le sexe et le stade physiologique. Les spécimens ont été placés dans des microtubes de 1,5 ml contenant 30 µl de tampon phosphate salin stérile (PBS), puis légèrement vortexés pendant 1 minute. Ensuite, 15 µl du PBS ont été utilisés pour l'isolement des bactéries cuticulaires, et les 15 µl restants pour l'analyse fongique (**Phase 1**). Chaque phlébotome a ensuite été transféré dans de nouveaux microtubes de 1,5 ml contenant 30 µl d'éthanol, puis doucement vortexé pendant 1 minute (**Phase 2**). Il a ensuite été replacé dans des microtubes de 1,5 ml contenant 30 µl de PBS ; après vortexage, la stérilisation de la cuticule a été vérifiée en utilisant 15 µl pour l'analyse bactérienne et 15 µl pour l'analyse fongique (**Phase 3**). Par la suite, les phlébotomes ont été sortis des

microtubes et disséqués à l'aide d'aiguilles stériles. La tête et les organes génitaux ont été conservés pour l'identification des espèces (**Phase 4**), qui s'est basée sur l'examen morphologique des genitalia mâles et de l'anatomie des spermathèques, du cibarium et du pharynx des femelles, selon les guides d'identification des phlébotomes en Algérie (Dedet *et al.*, 1984). Chaque intestin a été placé dans un microtube de 1,5 ml contenant 30 μ l de PBS, puis broyé. Par la suite, 15 μ l ont été utilisés pour l'analyse bactérienne et les 15 μ l restants pour la caractérisation fongique de la microflore intestinale (**Phase 5**).

7.3. Identification des champignons

Une solution diluée de 100 μ l obtenue à partir du PBS destinée à l'analyse fongique (phase 1 et phase 5) a été déposée sur de la gélose Sabouraud Dextrose et incubée à 25 °C pendant 14 jours. Les boîtes ont été régulièrement examinées pour vérifier la présence de colonies fongiques. L'identification des champignons a été réalisée sur la base des caractéristiques macroscopiques et microscopiques.

7.4. Identification des bactéries

La solution de PBS destinée à l'analyse bactérienne (phase 1 et phase 5) a également été diluée avec du PBS pour obtenir un volume final de 100 μ l. Pour évaluer le nombre de colonies bactériennes, 50 μ l de l'échantillon ont été prélevés, puis dilués en série dix fois. Ensuite, des aliquotes de 100 μ l ont été déposées sur des boîtes de gélose PCA. Après incubation à 35 °C pendant 48 heures, le nombre total de colonies a été déterminé pour chaque dilution, et la valeur moyenne a été calculée pour chaque échantillon. Après transfert dans un bouillon nutritif, les 50 μ l restants de l'extrait initial ont été incubés pendant 24 heures à 37 °C. Ensuite, les bactéries ont été ensemencées sur des milieux Hektoen enteric agar, MacConkey agar, Chapman agar et Chromagar, puis incubées pendant 24 heures à 37 °C. L'identification bactérienne a été réalisée sur la base des caractéristiques morphologiques, de la coloration de Gram et à l'aide du kit d'identification API 20E pour les bactéries Gram-négatives.

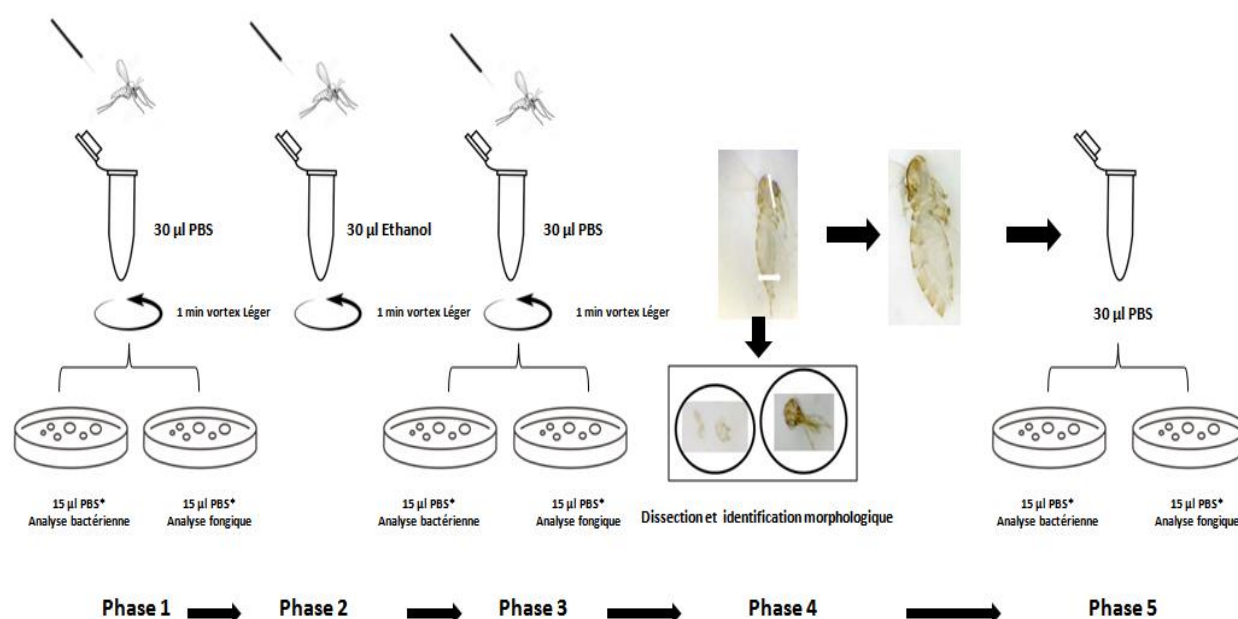


Figure 39 : Schéma du protocole de préparation des spécimens de phlébotomes pour l'analyse microbiologique (fongique et bactérienne). * : les volumes initiaux (15 µl) ont été dilués pour atteindre un volume final de 100 µl pour les analyses microbiologiques.

8. Analyses statistiques

8.1. Pour les Culicoides

La version 4.4.1 de R (R Core Team (2024)) a été utilisée pour toutes les analyses statistiques. Les variations de la composition des espèces de *Culicoides* entre les sites ruraux et périurbains, ainsi qu'entre les emplacements des pièges (intérieurs et extérieurs), ont été évaluées à l'aide d'une mise à l'échelle multidimensionnelle non métrique (NMDS), d'une analyse des similarités (ANOSIM) et d'une analyse du pourcentage de similarité (SIMPER), toutes basées sur la dissimilarité de Bray-Curtis et réalisées avec le package R {vegan} version 2.6-8 (Oksanen et al., 2024). De plus, une analyse de variance multivariée permutatoire (PERMANOVA) a été appliquée pour tester formellement la significativité des différences de composition révélées par les ordinations NMDS, complétant ainsi la visualisation exploratoire par un cadre statistique robuste. La richesse spécifique (SR), l'indice de diversité de Simpson (IS) et l'équivalence de Pielou (E) ont été calculés pour chaque site. Afin de comparer les paramètres de diversité entre les types de paysages des sites échantillonnés et les emplacements des pièges dans les abris pour bétail, les données ont d'abord été testées pour vérifier leur conformité aux hypothèses paramétriques. La normalité des variables de réponse (SR, IS et E) a été vérifiée, puis l'homogénéité des variances a été vérifiée à l'aide du test F d'égalité des variances. Sur la base de ces résultats, des tests t de Student pour échantillons indépendants ont été appliqués pour évaluer les différences de mesures de diversité entre les groupes (paysages et emplacements des pièges). La distribution de l'abondance des espèces sur les sites échantillonnés a été examinée afin d'identifier les espèces typiques et caractéristiques associées à des sites individuels ou à des groupes de sites. Avant l'analyse, les données ont été standardisées et un regroupement hiérarchique bidirectionnel a été réalisé par regroupement hiérarchique agglomératif (AHC) avec la méthode de liaison de Ward et la distance euclidienne comme mesure de dissimilarité. Des comparaisons d'assemblages de *Culicoides* entre les paysages et les emplacements des pièges dans les abris à bétail ont été réalisées à l'aide d'indices de similarité qualitatifs et quantitatifs afin de fournir une évaluation complète de la ressemblance des communautés (Chenchouni et al., 2025). À une échelle spatiale fine, la similarité a été examinée entre les emplacements des pièges au sein d'un même paysage, tandis qu'à une échelle plus large, des comparaisons ont été effectuées entre les paysages. Les ressemblances dans la composition des assemblages ont été illustrées à l'aide de diagrammes de Venn mettant en évidence les taxons communs et uniques entre les groupes. Les indices de similarité ont été calculés à partir des données de présence/absence et d'abondance, les indices de Jaccard et de Sørensen étant appliqués aux évaluations qualitatives, et les indices de Morisita-Horn et de Bray-Curtis aux évaluations quantitatives. Afin de mieux prendre en compte le biais potentiel de sous-échantillonnage, les indices de Jaccard et de Sørensen de Chao, basés sur l'abondance, ont été utilisés, car ces estimateurs fournissent des estimations de similarité plus fiables dans les communautés riches en espèces (Chao et al., 2005 ; Colwell, 2013). L'effet de l'altitude sur les indices de diversité et l'abondance des espèces a été testé à l'aide de la corrélation de rang de Spearman. Enfin, les corrélations entre les abondances mensuelles de *Culicoides* et les facteurs météorologiques (température, précipitations et humidité relative) ont été étudiées à l'aide de l'analyse de corrélation de Pearson.

8.2. Pour les phlébotomes

Toutes nos données ont fait l'objet d'un traitement statistique grâce aux logiciels :

L'IBM SPSS (Statistical Package for the Social Science) statistiques version 26 sur Windows 10, afin de déterminer l'impact des facteurs environnementaux (l'altitude) et climatiques (Température mensuelle moyenne, humidité relative, précipitations) sur la diversité et la dynamique des phlébotomes dans la région de Mila. Nous avons procédé à un coefficient de corrélation de Spearman (rs).

Xlstat 2022 sur Windows 10 (graphes et courbes) pour l'analyse des composantes principales (ACP) et l'analyse factorielle des correspondances (AFC), qui s'applique principalement pour étudier les ressemblances entre les individus ou groupe d'individus, permettant aussi de déterminer les relations entre plusieurs variables (coefficient de corrélation « r »), avec un mode de réduction des dimensions du jeu de données. Ainsi elle permet de dégager les profils d'individus et leur caractéristique.

Les analyses statistiques des données morphométriques ont été effectuées à l'aide du logiciel IBM SPSS (Statistical Package for the Social Science) statistiques version 26 sur Windows 10. Pour évaluer les différences moyennes significatives des caractéristiques évaluées entre les populations *P. perniciosus* et *P. longicuspis*, le test de Mann-Whitney pour les données a été utilisés.

Les analyses statistiques des données microbiologiques ont été réalisées avec le logiciel SPSS (version 26). Le test de Kruskal–Wallis a été utilisé, à partir des dénombrements de colonies, pour examiner les différences statistiques entre les communautés bactériennes isolées de la cuticule et du tube digestif moyen chez les mâles, les femelles non gorgées, les femelles gorgées et les femelles gravides. Le seuil de significativité a été fixé à $p \leq 0,05$. L'association entre la présence des différents taxons microbiens et les caractéristiques de l'hôte (sexe, espèce et partie du corps) a été évaluée au moyen du test du Chi carré de Pearson. En complément, une analyse PERMANOVA à un facteur, basée sur les dissimilarités de Jaccard, a été effectuée avec le logiciel PAST (version 5.2.2) afin d'examiner les différences de composition globale des communautés microbiennes entre les groupes (sexe, espèce et partie du corps).

Résultats et discussion

Chapitre 03: Résultats et discussion

3.1. Inventaire faunistique des *Culicoides* recensés dans la région d'étude

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

Les captures de *Culicoides* se sont effectuées durant deux ans successives 2023-2024 de Février à Octobre sur 19 sites situées dans la région de Mila, Jijel, et Constantine. Au total 917 spécimens est capturés et identifiés, comprenant 850 femelles et 67 mâles. L'inventaire faunistique a démontré, que l'ensemble des spécimens capturés font partie de la famille des Ceratopogonidae et le genre des *Culicoides*, est reparti en 09 sous-genres et 23 espèces. La classification systématique des espèces identifiées est présentée comme suit (**tab 19**).

Tableau 19 : Liste globale des espèces de *Culicoides* récoltées dans la région d'étude.

Famille	Sous- famille	Genre	Sous- genre	Espèces
Ceratopogonidae	Ceratopogoninae	<i>Culicoides</i>	<i>Avaritia</i>	<i>C. imicola</i> Kieffer, 1913
				<i>C. obsoletus</i> complex (Meigen, 1818)
				<i>C. scoticus</i> Downes & Kettle, 1952
			<i>Beltranmyia</i>	<i>C. circumscriptus</i> Kieffer, 1918
			<i>Culicoides</i>	<i>C. newsteadi</i> Austen, 1921
				<i>C. pulicaris</i> Linné, 1758
				<i>C. punctatus</i> (Meigen 1804),
				<i>c.grisescens</i> Edwards, 1939
			<i>Monoculicoides</i>	<i>C. nubeculosus</i> (Meigen, 1830)
				<i>C. parroti</i> Kieffer, 1922
			<i>Oecacta</i>	<i>C. sahariensis</i> Kieffer, 1923
				<i>C. longipennis</i> Khalaf, 1957
				<i>C. kurensis</i> Dzhafarov 1960
				<i>c.brunnians</i>

				Edwards,1939
			Selfia	C. odiatus Austen, 1921
				C. geigelensis Dzhafarov, 1964
				c.kibunensis Tokunaga,1937
			Sensicullicoides	c.cataneii Clastrier,1957
				c.maritimus Kieffer,1924
				langeroni Kieffer, 1921
			Silvaticullicoides	C. subfascipennis Kieffer, 1919
			Sans affiliation	c.paolae Boorman, Mellor and Scaramozzino,1996
			Pontocullicoides	c.saevus Kieffer, 1922

Les données relatives à la diversité et la composition du genre *Culicoides* en Algérie sont mal connu. A ce faite cette recherche a montré pour cela La présente étude a exposé la composition et la diversité des la variété et l'abondance des espèces de *Culicoides* dans trois wilayas localisées dans la région nord-est algérienne. Parmi les 61 espèces de *Culicoides* signalées en Algérie (Kadjoudj et al. 2022), 23 ont été capturées et identifiées à savoir : *C.brunnigans*, *C. circumscriptus*, , *C. geigelensis*, *C. imicola*, *C. kurensis*, *C.maritimus* *C. longipennis*, *C. newsteadi*, *C. panctatus*, *C. nubeculosus*, *C. obsoletus* complexe, *C. odiatus*, *C. parroti*, , *C.punctatus*, *C. pulicaris*, *C. sahariensis*, *C.kibunensis* ,*c.paolae*, *C. subfascipennis*, *C.saevus*, *C.cataneii*, *C.grisenscens*, *C. scoticus* dans la région d'étude. Sur les 61 espèces déjà identifiées, 22 ont été répertoriées, tandis que l'espèce restante, *C.brunnigans*, n'a jamais été signalée auparavant en Algérie (Djerbal et Delécolle, 2009 ; Berrayah et al., 2020 ; Belkharchouche, 2021 ; kadjoudj et al,2022), ni dans des pays voisins tels que la Tunisie(Slama et al. , 2014 ; Sghaier et al., 2017 ; Slama et al., 2017) et le Maroc(Lhor et al.,2015 ; Bourquia et al., 2019 ; Bourquia et al., 2020 ; Azzouzi et al.,2024 ;Bourquia et al., 2025).

3.1.2. Description des espèces recensées

3.1.2.1. *Culicoides brunnigans* Edwards, 1939

Cette espèce de taille 1,54 mm, présentant des pattes sombres, un thorax grisâtre, et des ailes blanches recouvertes de macrotriche. Elle est connue par son agressivité à l'homme. (kremer,1965). *Culicoides brunnigans* se trouve en Belgique, République Tchèque, Danemark, France, Allemagne, Grande-Bretagne, Italie, Slovaquie et Suisse. Cette espèce n'a jamais été signalée auparavant, ni en Algérie ni

dans la région de Maghreb (Slama et al., 2017; Belkharchouche et al., 2021 ; kadjoudj et al,2022 ; Azzouzi et al.,2024 ;Bourquia et al., 2025). Cette espèce a été identifiée par le Pr. Dik Bilal.

Description morphologique

Description morphologique de la femelle de *Culicoides brunnicans*

- Aile avec des ébauches de taches noires (a).
- Yeux écartés (b).
- Le premier article antennaire sous forme d'une barrique, sensilles absentes sur tous les articles.
- Le 3^{ème} article du palpe présentant des plusieurs petites dépressions sensorielles bien marquées (c).

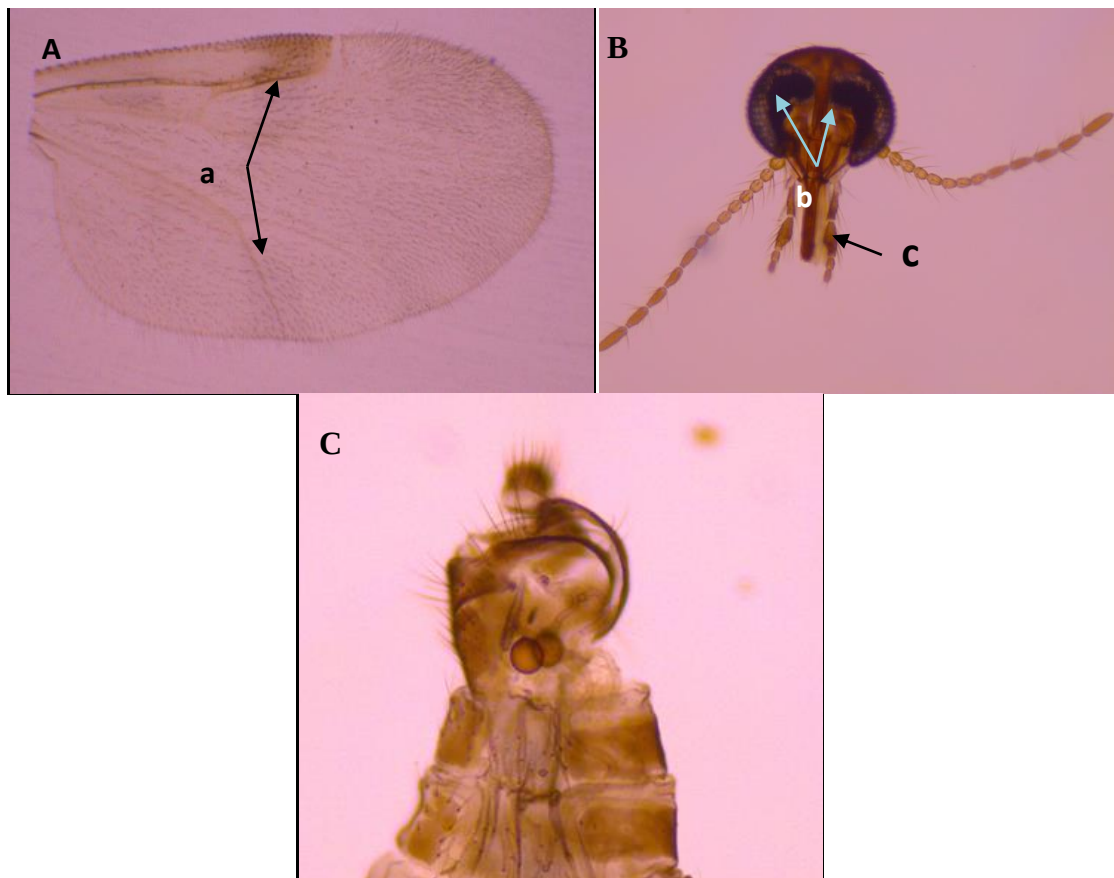


Figure 40: Critères d'identification morphologique de *C. brunnicans* ♀ ; (A) Aile ; (B) Tête ; (C) Spermathèques (photos personnelles).

Description morphologique du male de *Culicoides brunnicans*

- Le 8^{ème} article antennaire avec une sensille trichoides longue.
- Hypopygium : paramères trapus avec une triple torsion.
- Apodème ventrale apparait sous forme d'une chaussure avec une pointe extrêmement fine (a).

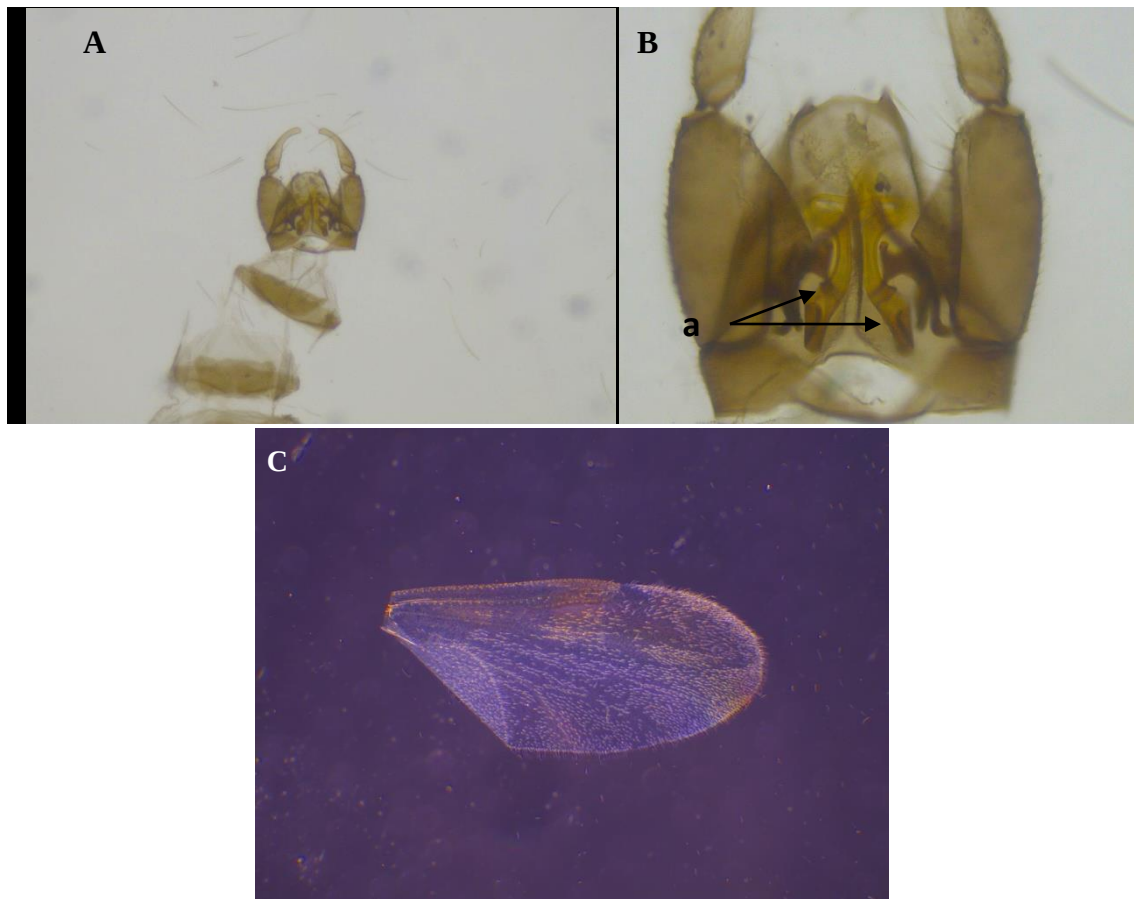


Figure 41 : Critères d'identification morphologique de *C. brunnicans* ♂ ; (A) Génitalia; (B) Edéage; (C) Aile (photos personnelles).

3.1.2.2. *Culicoides maritimus* Kieffer, 1924

Appartient au groupe Odibilis, possède des taches distinctes sur ses ailes et celles situées à la partie distale des cellules r5, m1 et m2 n'atteignent pas la bordure de l'aile. Il n'y a pas de dessins ou de taches sur le thorax. Cette espèce occupe la France et la Belgique. Elle est considérée agressive pour l'homme (Kremer, 1965).

Description morphologique

Description morphologique de la femelle de *Culicoides maritimus*

- Ailes variant entre 1,56 et 1,96 mm, présentent des taches claires sur un fond sombre. Deux taches claires sont présentes sur le bord antérieur **(a)**.
- Yeux séparés **(b)**.
- 3^{ème} article du palpe présentant un élargissement au niveau de sa partie centrale.
- Articles antennaires pourvus de sensilles.

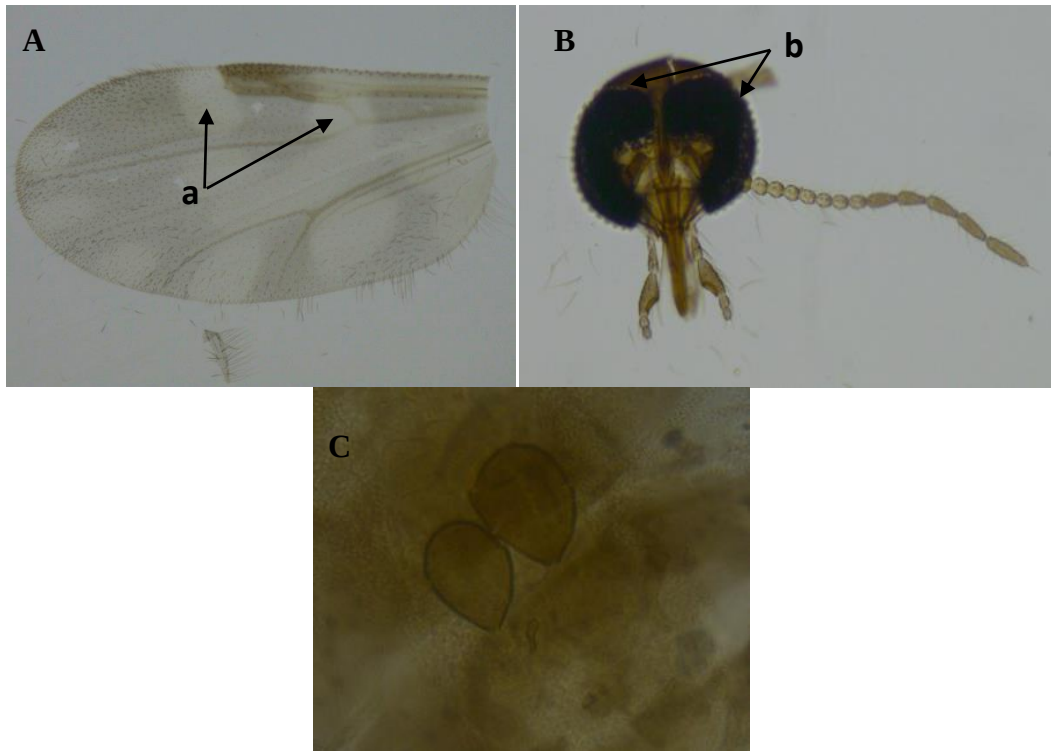


Figure 42 : Critères d'identification morphologique de *C. maritimus* ♀ ; (A) Aile; (B) tête; (C) Spermathèques (photos personnelles).

3.1.2.3. *Culicoides sahariensis* Kieffer, 1923

Présente des ailes de 1 mm en taille, gris avec taches claires à l'exception de La deuxième cellule radiale. Se trouve au Maghreb (Kremer ,1965). Cette espèce est ornithophile (foxi et Delrio, 2010).

Description morphologique

Description morphologique du male de *Culicoides sahariensis*

- Apodème allongé, un peu digitiformes (**a**).
- Style court et plus gonflé à son sommet (**b**).
- Aile tachetée a des caractéristiques bien définies. La deuxième cellule radiale est recouverte d'une tache relativement sombre (**c**).

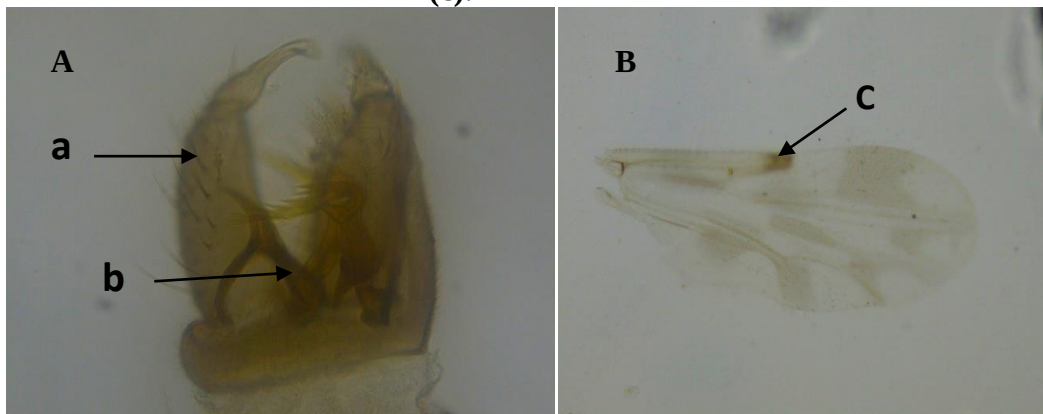


Figure 43: Critères d'identification morphologique de *C. sahariensis* ♂ ; (A) Génitalia; (B) Aile (photos personnelles).

3.1.2.4. *Culicoides kurensis* Dzhafarov 1960

A l'extrémité des ailes, il n'existe aucune tache. Au niveau du bord distal de la deuxième cellule radiale on trouve des taches rangées en superposition (Kremer, 1965). Cette espèce se trouve dans les régions Paléarctique, Proche-Orient et Afrique du Nord (González et Goldarazena, 2011).

Description morphologique

Description morphologique de la femelle de *Culicoides kurensis*

- Ailes marron avec une tache qui englobe la zone 1 et la veine r-m (**a**).
- les yeux écartés (**b**).
- Présente deux spermathèques (**c**).

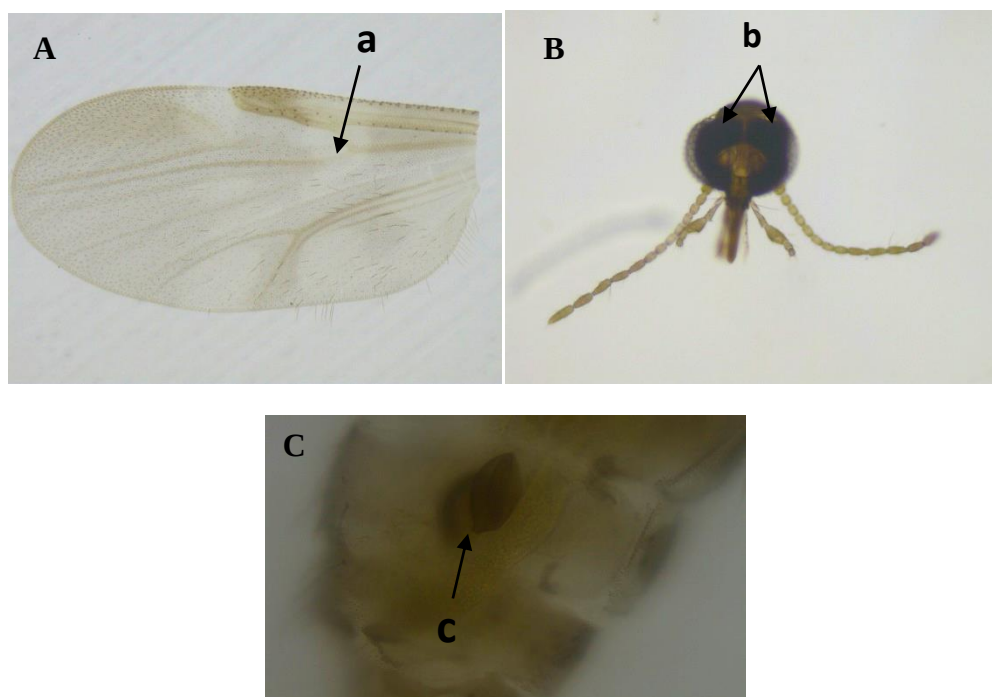


Figure 44 : Critères d'identification morphologique de *C. kurensis* ♀ ; (A) Aile; (B) tête; (C) Spermathèques (photos personnelles).

3.1.2.5. *Culicoides subfascipennis* Kieffer, 1919

Elle est caractérisée par ; trois bandes longitudinales recouvrent le thorax et l'absence des macrotriches dans la cellule basale. Elle possède des taches à la base de l'aile, de part et d'autre des cellules radiales, dans la cellule cubitale, et a le bord de la cellule anale. *Culicoides subfascipennis* est agressive pour l'homme. Elle occupe l'Italie, la Pologne et la Belgique. Les prairies humides forment les gîtes larvaires pour cette espèce (Kremer 1965).

Description morphologique

Description morphologique de la femelle de *Culicoides subfascipennis*

- Ailes brun clair avec des taches claires dans la zone 2, une autre sur la zone 1 et la veine r-m s'étendant jusqu'à M (**a**).

- Yeux largement séparés **(b)**.
- Troisième article du palpe présente un petit gonflement.
- L'indice antennaire ne dépasse jamais 1,1.
- Deux spermathèque de forme ovales ou en poire, chacune mesure 60 μ et 57 μ **(c)**.

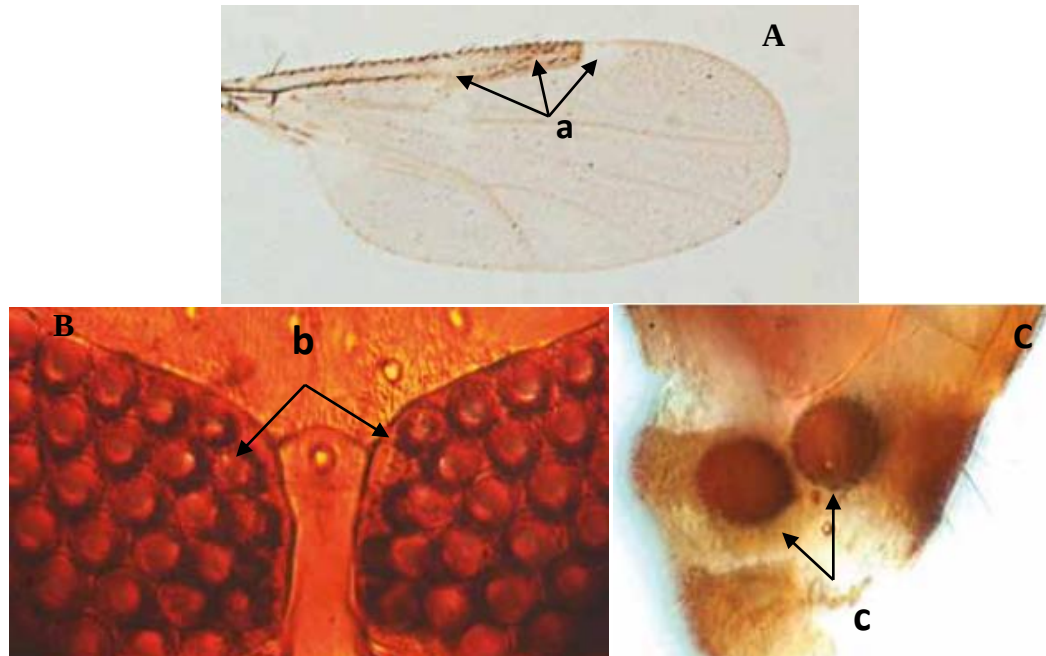


Figure 45 : Critères d'identification morphologique de *C. subfascipennis* ♀ ; (A) Aile; (B) tête (Yeux séparés); (C) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).

Description morphologique du male de *Culicoides subfascipennis*

- Style possède un petit renflement à son extrémité **(a)**.
- Lamelle de l'hypopygium en forme de V **(b)**.
- Apodème ventral du coxite long et en forme de S.
- aedeagus a une forme trapezoidal.
- la membrane est largement spéculée.



Figure 46 : Critères d'identification morphologique de *C. subfascipennis* ♂ ; (A) Aile; (B) Génitalia (Kadjoudj, 2022).

3.1.2.6. *Culicoides cataneii* Clastrier, 1957

Cette espèce est petite taille. Deux petits triangles noirs sur les côtes du thorax peu visibles. Elle possède des ailes grises avec la deuxième cellule radiale sombre.

Description morphologique de la femelle de *Culicoides cataneii*

- l'antenne possède un peu de sensilles, couramment manquantes sur le 10^e article.
- Il y'a 4 dents sur la peigne tibial.
- palpe comprise en longueur entre 192μ et 213μ **(a)**.
- La répartition des taches claires sur l'aile est similaire à celle observée chez *C. gejjelensis* **(b)**.
- Deux spermathèques ovales, piriformes et dépourvues de col, de tailles inégales **(c)**.

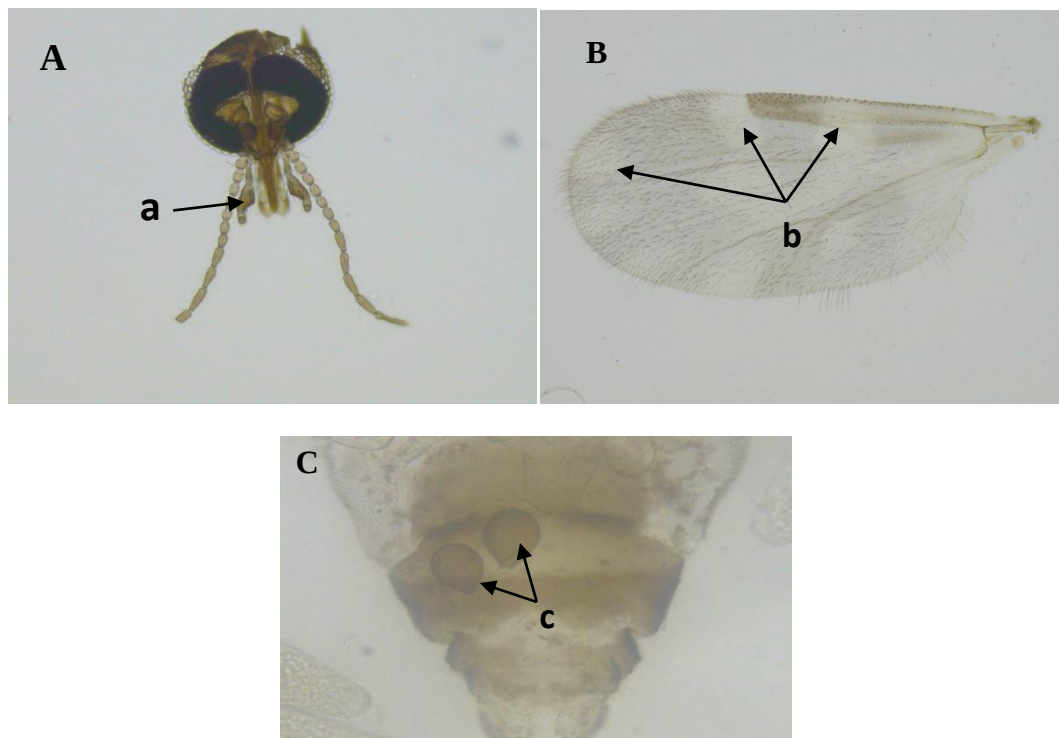


Figure 47 : Critères d'identification morphologique de *C. cataneii* ♀ ; (A) Aile; (B) tête; (C) Spermathèques (photos personnelles).

Description morphologique du male de *Culicoides cataneii*

- l'aedeagus est élargi et de forme rectangulaire **(a)**.
- Paramères très fine avec partie extrême droite.
- Apodèmes ventraux longs très étendues et bien délimités.

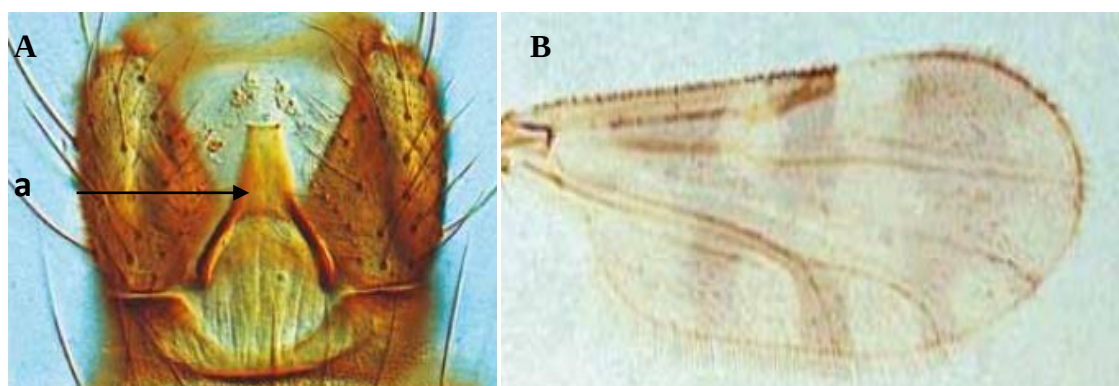


Figure 48 : Critères d'identification morphologique de *C. cataneii* ♂ ; (A) Génitalia; (B) Aile (González et Goldarazena, 2011).

3.1.2.7. *Culicoides gejjelensis* Dzhafarov, 1964

Les ailes de cette espèce sont assez sombres avec un peu nombre des taches. La 2^{ème} cellule radiale est totalement foncée. Il n'existe aucune tache sur le thorax (Kremer ,1965). La boue près des cours d'eau, des barrages, et des roselières présente les endroits de reproduction pour *C. gejjelensis* (Uslu, 2003). Elle se trouve couramment dans les régions Paléarctique, Proche-Orient et Afrique du Nord (González et Goldarazena, 2011 ; Slama et al., 2017 ; Sghaier et al., 2017; Bourquia et al., 2020; Belkharchouche et al., 2020,kadjoudj ,2022).

Description morphologique de la femelle de *Culicoides gejjelensis*

- Les antennes sont recouvertes totalement par les sensilles. L'indice antennaire est de 1,30 environ **(a)**.
- Les ailes ont des petites taches, surtout celle de l'extrémité de la cellule r5, qui n'atteint pas la bordure de l'aile **(b)**.



Figure 49 : Critères d'identification morphologique de *C. gejjelensis* ♀ ; (A) Aile; (B) tête (photos personnelles).

Description morphologique du male de *Culicoides gejjelensis*

- Les apodèmes ventraux denses à la base, et finis par un sommet **(a)**.
- Le coxite est élargi **(b)**.
- Le bord des paramères est fin et légèrement retourné.

- La membrane basale est découverte.

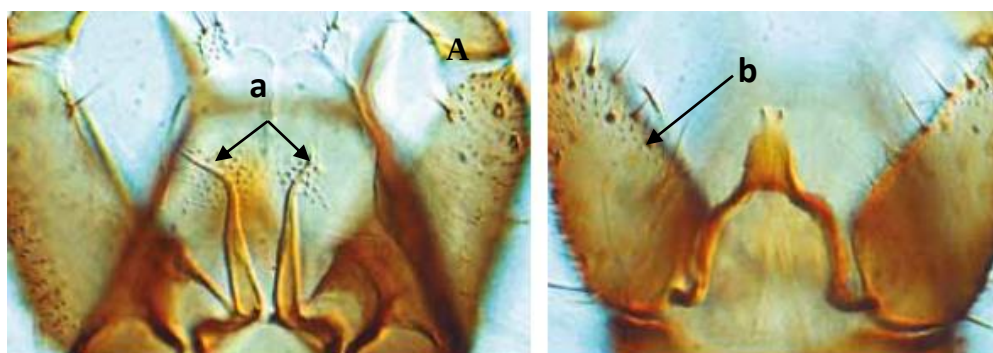


Figure 50 : Critères d'identification morphologique de *C. gejjelensis* ♂ ; (A) Génitalia (González et Goldarazena, 2011).

3.1.2.8. *Culicoides obsoletus* (Meigen, 1818)

Cette espèce est petite taille, il existe qu'un peu de macrotriches sur les ailes, souvent sur la nervure Cu2, la cellule cubitale et à la partie extrême de la cellule anale. Le thorax ne possède pas de taches à l'exception de celle localisée devant de la fossette prescutale (kremer 1965). Elle est répartie dans les régions Paléarctique, Proche-Orient, Néarctique et Afrique du Nord (Fauna Europaea, 2010). Frequentement étendues en Espagne, Portugal, Tunisie, Maroc et en Algérie (González et Goldarazena, 2011 ; Sghaier et al., 2017 ; Berrayah et al., 2019 ; Bourquia et al., 2019; Bourquia et al., 2020,kadjoudj,2022).

Description morphologique de la femelle de *Culicoides obsoletus*

- Aile beige claire à taches claires souvent mal délimitées (a).
- Yeux fusionnés (b).
- 3^{ème} article du palpe petit, peu gonflé.
- Les premiers articles antennaires sous forme de barrique.
- Deux spermathèques de taille identique (environ 50 μ) (c).

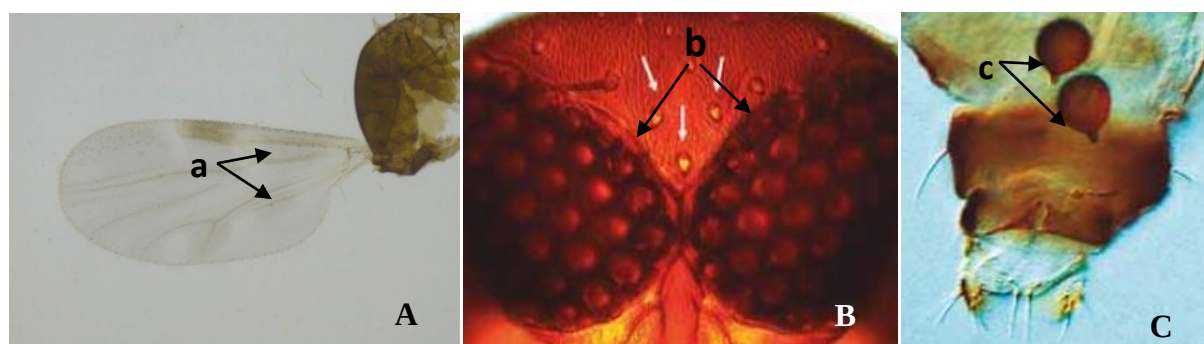


Figure 51: Critères d'identification morphologique de *C. obsoletus* ♀ ; (A) Aile (photo originale) ; (B) tête; (C) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).

Description morphologique du male de *Culicoides obsoletus*

- Lamelle dépourvue de processus.
- Fente centrale modérée.
- Style largement renflé dans la partie extrême.
- Apodème ventrale long, tourné vers l'avant et profondément chitinisé, apodème dorsal modéré.
- Aedeagus avec un corps assez petit, sous forme d'un triangle ou losange **(a)**.
- Paramères approximativement rectangulaires à l'origine.
- Membrane découverte.

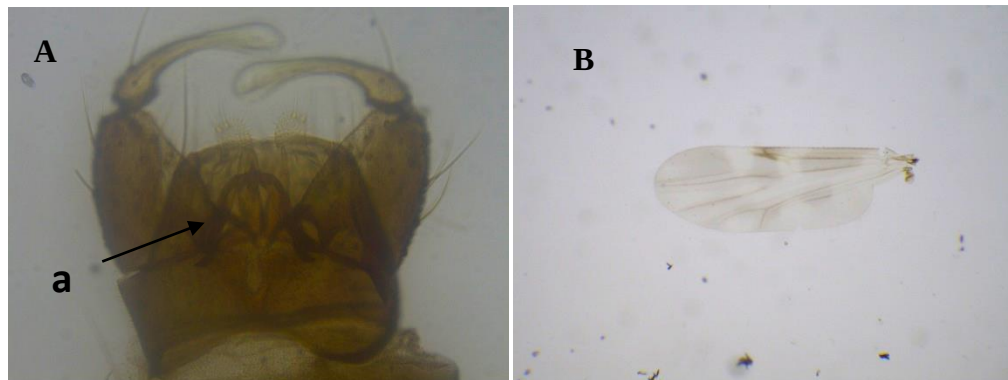


Figure 52 : Critères d'identification morphologique de *C. obsoletus* ♂ ; (A) Génitalia; (B) Aile (photos personnelles).

3.1.2.9. *Culicoides scoticus* Downes & Kettle, 1952

Espèce présente des ressemblances avec *C. obsoletus* au niveau des ailes et du thorax. La moyenne de la longueur des ailes plus élevée que chez *C. obsoletus*. Il est réparti en France, Italie, Pologne, et l'Algérie (kremer, 1965 ; belkharchouche, 2020).

Description morphologique de la femelle de *Culicoides scoticus*

- Les taches alaires sont faiblement développées. La tache claire de la région basale est très étendue. Les taches claires situées à l'apex des cellules r5, m1 et m2 de l'aile sont peu distinctes **(a)**.
- Yeux fusionnés **(b)**.
- 3^{ème} article du palpe ne présente pas de renflement.
- Une petite Fossette périphérique, épaisse et localisée au quart extrême de l'article.
- Les Premiers articles antennaires sont allongés.
- Deux spermatheques identiques sous forme de poire (environ 60 µ) **(c)**.

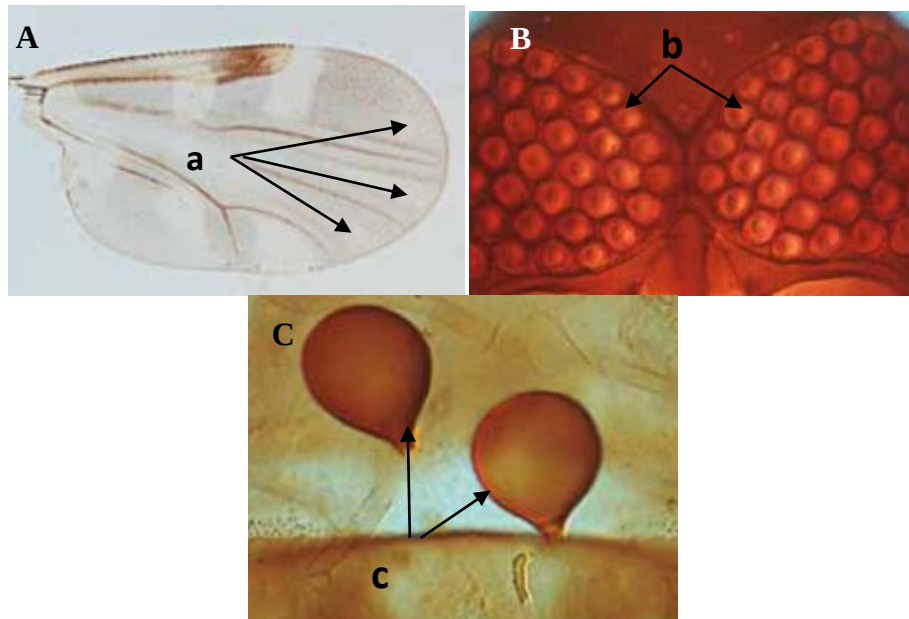


Figure 53 : Critères d'identification morphologique de *C. scoticus* ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).

Description morphologique du male de *Culicoides scoticus*

- Lamelle sans processus.
- Coxite élargi.
- Style gonflé au bord extrême.
- Apodème ventrale long et assez vaste.
- L'aedeagus peu bifide a son bord extrême (a).
- Membrane dépourvue.

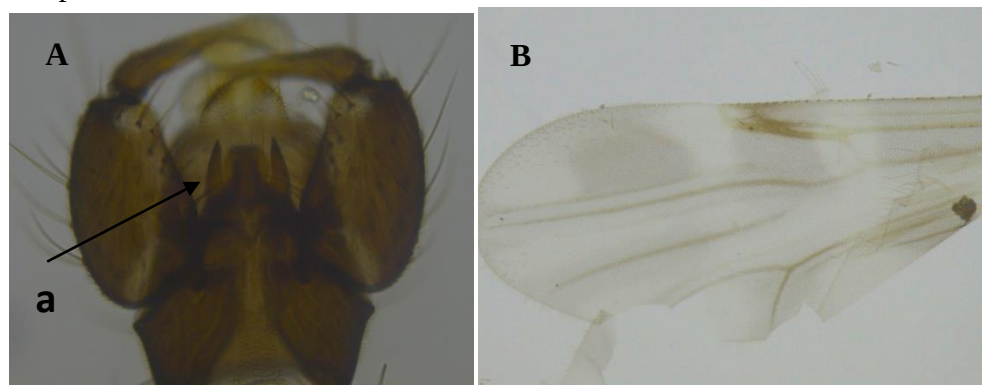


Figure 54 : Critères d'identification morphologique de *C. scoticus* ♂ ; (A) Génitalia; (B) Aile (photos personnelles).

3.1.2.10. *Culicoides punctatus* Meigen, 1804

Des dessins triangulaires parent le thorax. La moyenne de la longueur des ailes est différente entre les femelles et les males (1,69 et 1,71)(kremer,1965). Elle occupe la partie Paléarctique, la Mongolie, le

Proche-Orient, l'Afrique du Nord et tropicale (González et Goldarazena, 2011). Il est douteux qu'elle serve de vecteur pour la longue bleu en Europe et en Afrique du nord (Kremer, 1965).

Description morphologique de la femelle de *Culicoides punctatus*

- Ailes pâles avec des taches sombres bien délimitées dont certaines sont punctiformes **(a)**.
- Yeux fusionnés **(b)**.
- Indice antennaire est variant entre 1,02 et 1,15.
- Deux spermathèques globuleuses, inégales en tailles (60 et 70) **(c)**.

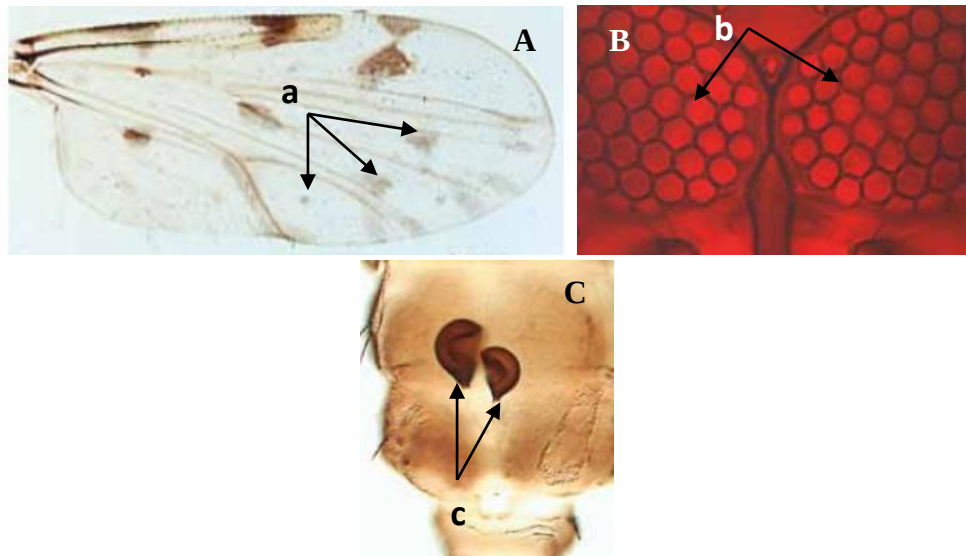


Figure 55 : Critères d'identification morphologique de *C. punctatus* ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).

3.1.2.11. *Culicoides grisescens* Edwards, 1939

Cette espèce est Grande présentant des ailes qui atteignent 2 mm, peu de marcotriches. La cellule cubitale est Dépourvue de taches foncées. Pas de taches sur le thorax. Elle se trouve dans la Suisse, la France et l'Algérie (kremer, 1965 ; belkharchouche, 2020; kadjoudj et al ., 2022)

Description morphologique de la femelle de *Culicoides grisescens*

- Sur le bord antérieur de l'aile, trois larges bandes de taches claires sont présentes **(a)**.
- Deux spermathèque en forme de poire de 75 et 66 μ **(b)**.
- yeux fusionnés ou écartés.
- 3^{ème} article du palpe ne présente aucun gonflement.
- Premiers articles antennaires longs, de forme très différente.

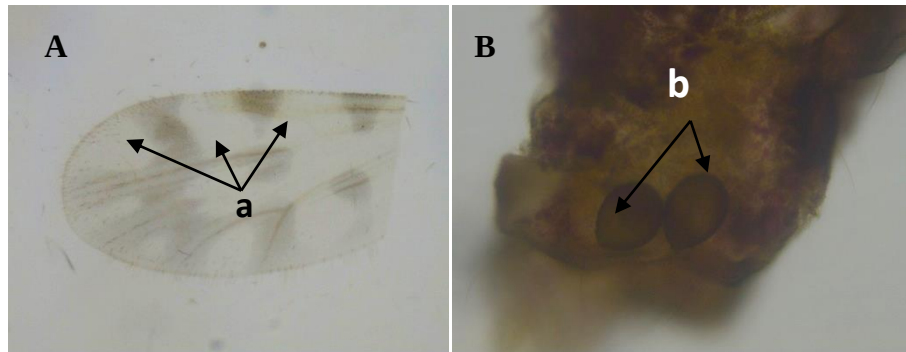


Figure 56 : Critères d'identification morphologique de *C. grisescens* ♀ ; (A) Aile ; (B) Spermathèques (photos personnelles).

3.1.2.12. *Culicoides circumscriptus* Kieffer, 1918

Les ailes de cette espèce ont une coloration grisâtres, couvertes de marcotriches notamment au niveau de la cellule basale et présentant des larges taches circulaires et claires très répandues. Thorax de couleur gris sombre .kremer,1965. *C.circumscriptus* occupe généralement les Paléarctique, Proche-Orient, Région orientale, Nord et zone tropicale de l'Afrique. En Europe de l'Irlande jusqu'à la Russie (Fauna Europaea, 2010). Se trouve en Espagne, au Portugal (González et Goldarazena, 2011), en Algérie (Berrayah et al., 2019 ; Belkherchouche et al., 2020,kadjoudj et al.,2022), en Tunisie (Slama et al., 2015 ; Sghaier et al., 2017 ; Slama et al., 2017) et au Maroc (Bourquia et al., 2019 ; Bourquia et al., 2020).

Description morphologique de la femelle de *Culicoides circumscriptus*

- Ailes avec d'abondantes taches rondes claires sur fond sombre **(a)**. La nervure rm présente une petite tache noire sur fond clair qui caractérise cette espèce **(b)**
- Yeux séparés **(c)**.
- 3^{ème} article du palpe assez grand.
- Premier article sous forme d'une barrique.
- Tous les articles sont couverts par les sensilles à l'exception du dernier article.
- Une seule Spermathèque ovale de 102 µ environ **(d)**.

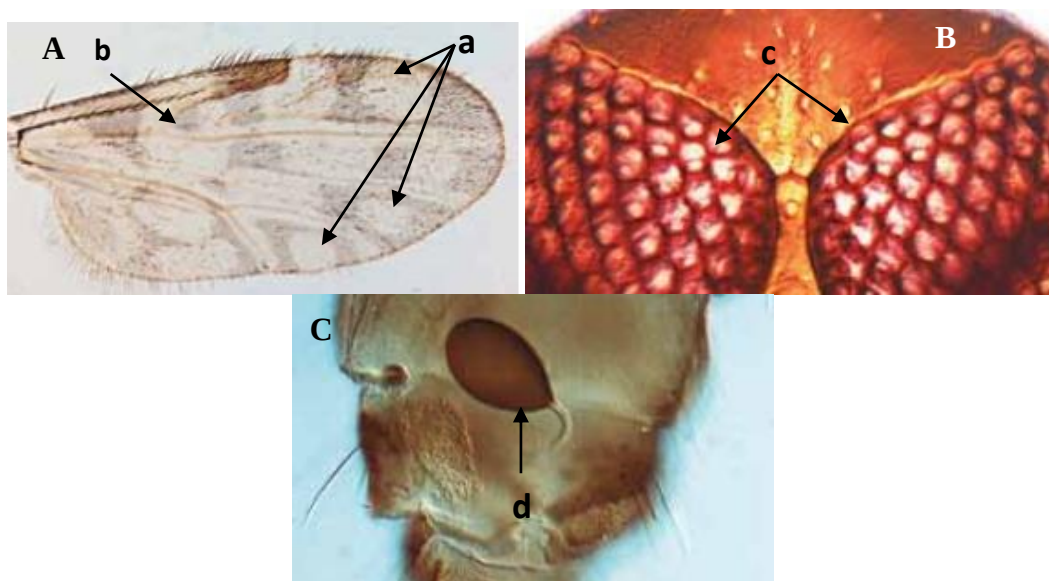


Figure 57 : Critères d'identification morphologique de *C. circumscriptus* ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).

Description morphologique du male de *Culicoides circumscriptus*

- Lamelle bien divisé.
- Processus allongé, en forme de doigts et ramifiant.
- Apodème ventral absent.
- Style présentant un petit gonflement dans le côté extrême.
- Aedeagus en forme triangulaire ou trapézoïdal (**a**).
- Coxite très étendu (**b**).
- Membrane assez spéculée.

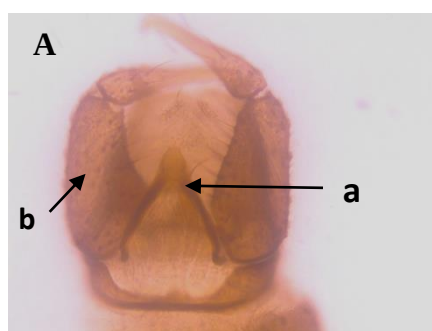


Figure 58 : Critères d'identification morphologique de *C. circumscriptus* ♂ ; (A) Génitalia (photo personnelles).

3.1.2.13. *Culicoides parroti* Kieffer, 1922

Le thorax de cette espèce est orné sur ses épaules par des petites taches foncées (kremer,1965). Le régime alimentaire des adultes est basé principalement sur le sang d'équidés (González et Goldarazena, 2011), et des bovins (Campbell et Pelham-Clinton, 1960). *C. parroti* est répandues dans les régions Paléarctique, Proche-Orient et Afrique du Nord. En Europe, de l'Irlande à la Russie (Fauna Europaea, 2010). Se trouve aussi au Portugal, en Algérie, au Maroc et en Tunisie (González et

Goldarazena, 2011 ; Slama et al., 2017 ; Bourquia et al., 2019; Belkharchouche et al., 2020 ; kadjoudj et al.,2022).

Description morphologique de la femelle de *Culicoides parroti*

- Les ailes sont complètement blanc cassé, à l'exception d'une tache foncé proéminent dans la région radiale **(a)**.
- Yeux largement écartés **(b)**.
- les articles 8,9 et 10 sont recouverts par les sensilles.
- Une seul Spermathèque en bissac **(c)**.

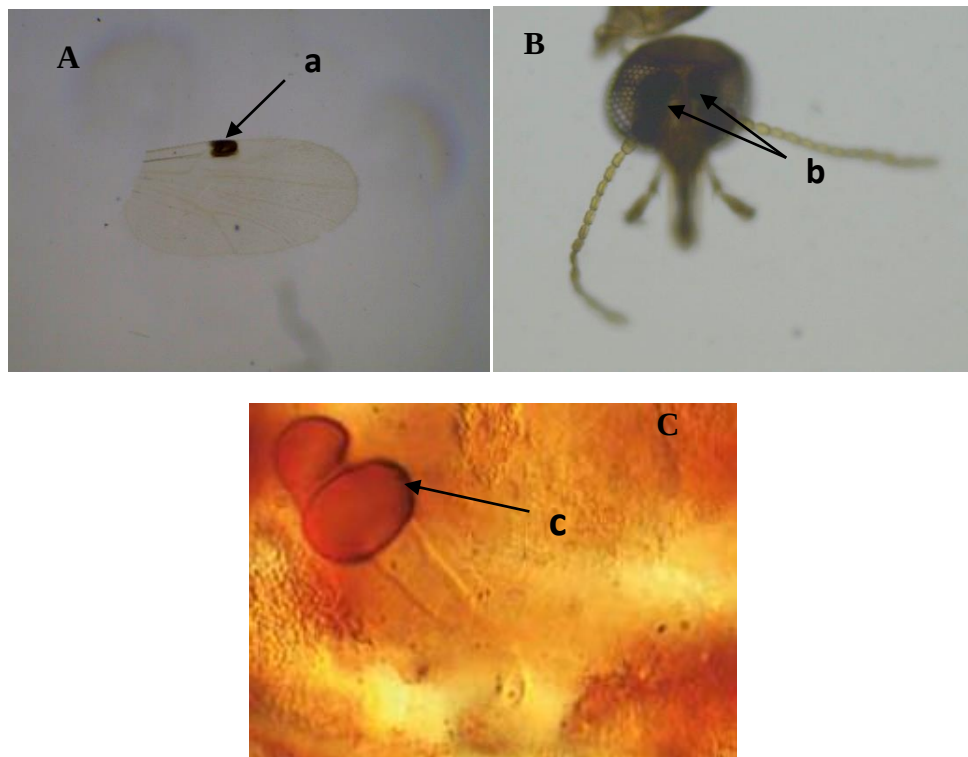


Figure 59 : Critères d'identification morphologique de *C. parroti* ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques (photos personnelles).

3.1.2.14. *Culicoides nubeculosus* Meigen, 1830

Espèce de 3,5 mm en longueur, présentant des ailes variant entre 1,95 et 2,66 mm. Le thorx est recouverte par des petites taches foncées souvent fusionnées (kremer,1965). Elle occupe les régions Paléarctique, Afrique du Nord et Proche-Orient (Fauna Europaea, 2010).Elle est signalée en Algérie pour la premier fois en 2022 dans la région de Mila (kadjoudj et al.,2022).

Description morphologique de la femelle de *Culicoides nubeculosus*

- Ailes avec un motif de taches très sombres **(a)**, et contour flou. Deuxième cellule radiale très sombre **(b)**.
- Yeux assez écartés **(c)**.
- 3^{ème} article du palpe à bord déformé, un peu gonflé, dans sa côté extrême.
- Une spermathèque ovoid **(d)**.

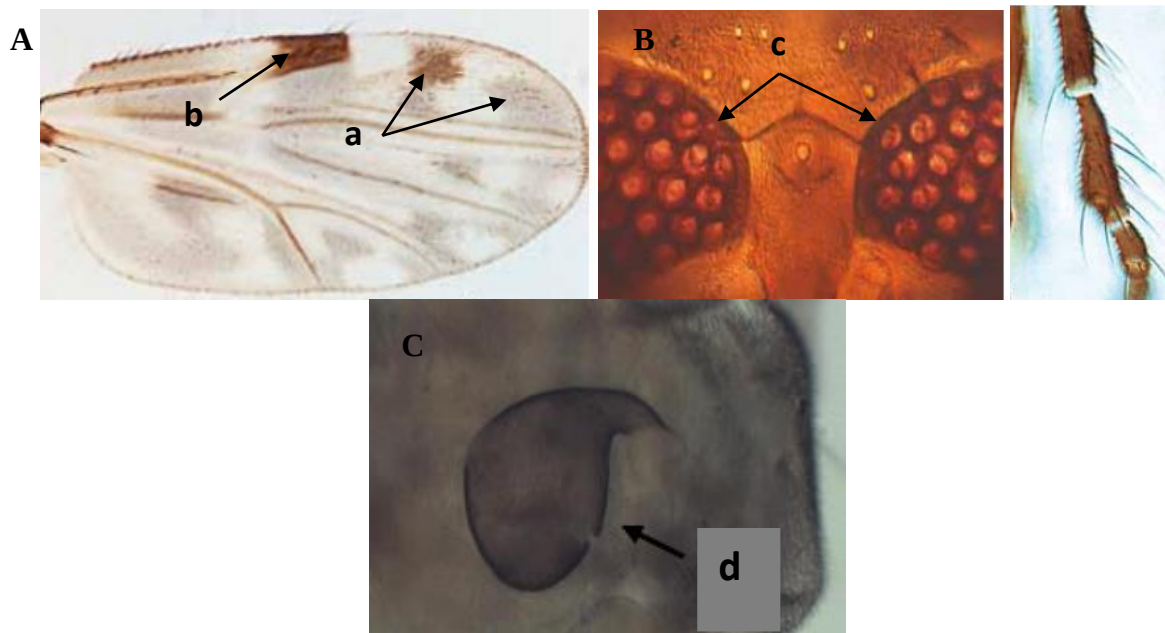


Figure 60 : Critères d'identification morphologique de *C. nubeculosus* ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).

Description morphologique du male de *Culicoides nubeculosus*

- Lamelle fendue, deux processus allongés, assez minces et rondes.
- Style gonflé sur sa moitié basale, mince a son partie distale (**a**).
- Apodème ventrale petit, circulaire et grand, apodème dorsal allonge et arrondi.
- Aedeagus en forme rectangulaire, étendue non ramifié (**b**).
- Membrane dépourvue.

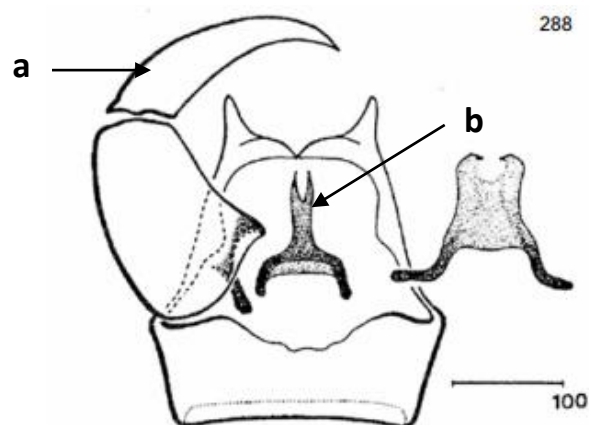


Figure 61 : Critères d'identification morphologique de *C. nubeculosus* ♂ ; (A) Génitalia (González et Goldarazena, 2011).

3.1.2.15. *Culicoides odiatus* Austen, 1921

La longueur des ailes comprise entre 1,4 a 1,5 mm. Les macrotriches couvèrent tout l'aile à l'exception des côtés des cellules radiales. Le thorax est assez foncé et recouvert des soies ocre (kremer, 1965). *C. odiatus* se trouve en Paléarctique, Proche-Orient, Europe et Afrique du Nord (Fauna Europaea,

2010).elle est répandue en Maroc, Tunisie, et en Algérie (González et Goldarazena, 2011 ; Slama et al., 2015 ; Sghaier et al., 2017; Bourquia et al., 2019; Belkharchouche et al., 2020 ; kadjoudj et al.,2022).

Description morphologique de la femelle de *Culicoides odiatus*

- Dans l'aile, la deuxième cellule radiale est entièrement foncée ou alternativement **(a)**.
- Yeux complètement séparés **(b)**.
- tous les segments antennaires présentant Sensilla coeloconica sauf le dernier segment.
- Le 3^{ème} article du palpe est assez gonflé.
- Deux spermathèques variantes **(c)**.

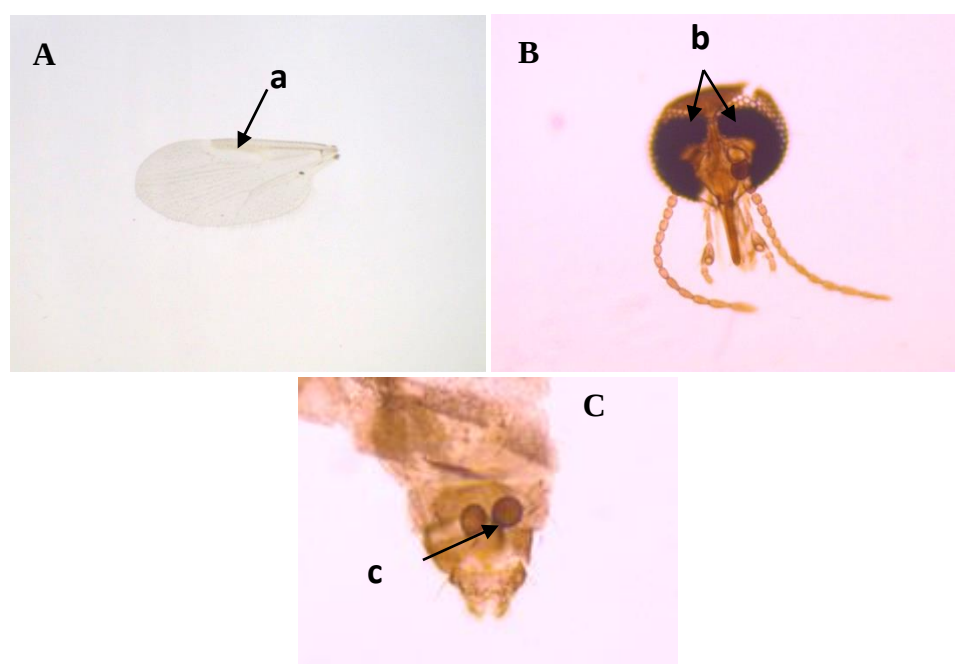


Figure 62 : Critères d'identification morphologique de *C. odiatus* ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques (photos personnelles).

3.1.2.16. *Culicoides pulicaris* Linné, 1758

Espèce de 3 mm de taille (Dellecole, 1985). La longueur de l'aile est 1,5 mm. Les zones boueuses présentant les gîtes larvaires pour cette espèce (Kettle et Lawson, 1952). *C.pulicaris* et déjà signalé au Maroc par Bourquia et al., (2019) et en Algérie par Belkharchouche et al., (2020) et kadjoudj et al.,(2022). *C. pulicaris* est suspectée de transmettre le virus de la longue bleu et le virus de la peste équine en Espagne et en Sicile (Mellor et al., 1990 ; Caracappa et al., 2003).

Description morphologique de la femelle de *Culicoides pulicaris*

- Ailes claires avec des taches ponctuées sombres bien défini et distribué sur l'aile **(a)**.
- yeux soudés **(b)**.
- 3^{ème} article du palpe assez gros.
- Deux spermatheques ovoïde à petit col **(c)**.

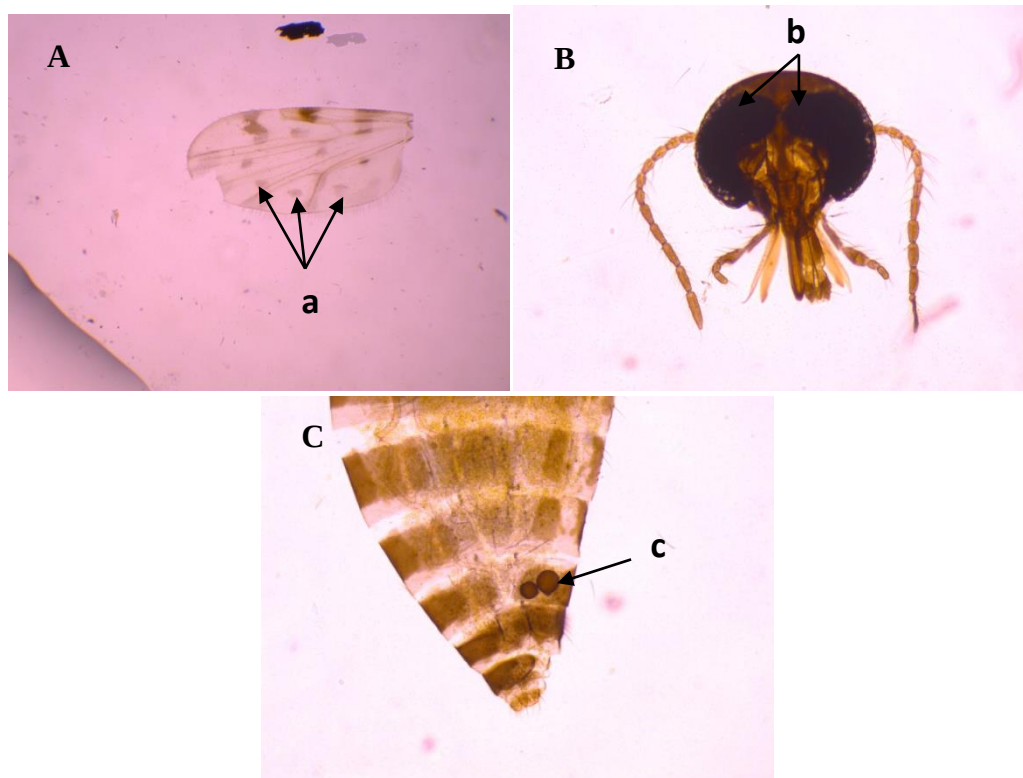


Figure 63 : Critères d'identification morphologique de *C. pulicaris* ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques (photos personnelles).

3.1.2.17. *Culicoides newsteadi* Austen, 1921

C.newsteadi est 2,1 mm de taille avec des ailes mesurant 1,45 mm de longueur (González et Goldarazena, 2011). Pour les femelles de cette espèce les animaux et l'être humain sont les principales hôtes, les frontières boueuses des étangs et des mares présentant les gîtes larvaires pour *C.newsteadi* (Foxi et Delrio, 2010). Elle est repartit dans les régions : Paléarctique, Proche-Orient et Afrique du Nord. Elle est présente en Espagne ,Portugal, Tunisie et au Maroc (González et Goldarazena, 2011 ; Slama et al., 2014; Lhor et al., 2015 ; Sghaier et al., 2017; Slama et al., 2017 ; Bourquia et al., 2019; Bourquia et al., 2020). *C.newsteadi* est capturée en Algérie dans les collections de Djerbal et Delécolle (2009), Belkharchouche et al., (2020) et Berrayah et al., (2020) et kadjoudj et al.,2022. *C. newsteadi* est démontrés comme vecteur du BTV en Algérie (Berrayah et al., 2020).

Description morphologique de la femelle de *Culicoides newsteadi*

- Ailes pâles avec des taches sombres bien définies **(a)**.
- Yeux fusionnés **(b)**.
- 3^{ème} article du palpe est grand.
- Sensilla coeloconica présentant sur l'article 11 et 15 seulement.
- Deux spermathèques ovoïdes et identique en taille **(c)**.

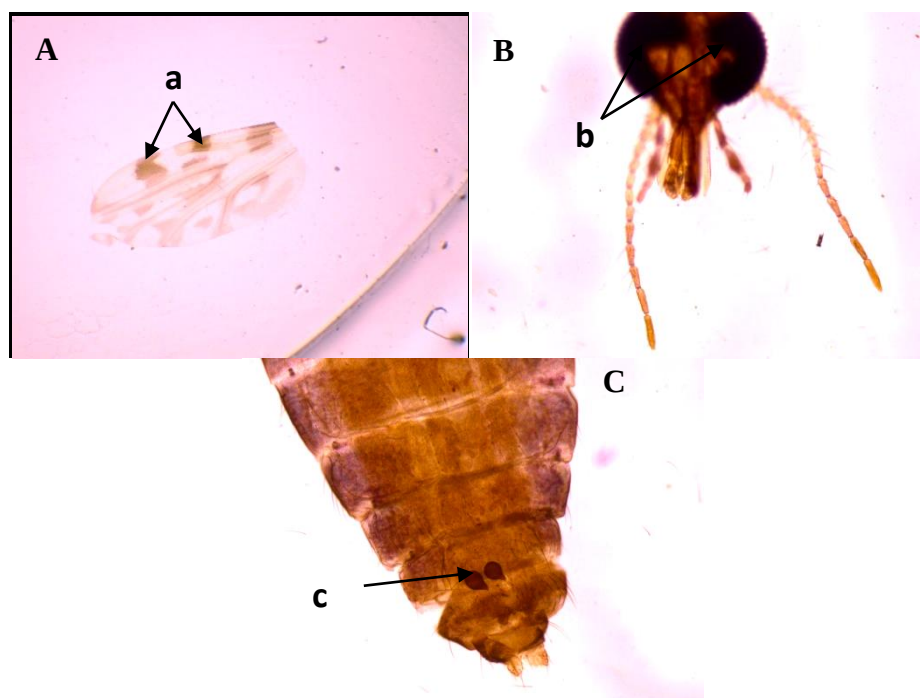


Figure 64 : Critères d'identification morphologique de *C. newsteadi* ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques (photos personnelles).

Description morphologique du male de *Culicoides newsteadi*

- 9^{ème} tergite concave avec deux processus apicolatéraux petits.
- Apodèmes ventraux petits et pointus.
- Corps de l'aedeagus chitineux en forme triangulaire et long.
- Paramères écartés.
- La partie intérieure du style basal possède plusieurs soies courtes et grosses.



Figure 65 : Critères d'identification morphologique de *C. newsteadi* ♂ ; (A) Génitalia (photo personnelle).

3.1.2.18. *Culicoides longipennis* Khalaf, 1957

C. longipennis possède des ailes mesurent 1 mm (González et Goldarazena, 2011). Les zones boueuses sont parmi les gîtes larvaires pour cette espèce (Uslu et Dik, 2010). Elle est répandue dans les régions Paléarctique et Proche-Orient. En Europe, se trouve en France et en Corse, Italie continentale, Grèce,

Bulgarie, Croatie (Fauna Europaea, 2010). Présent en Algérie, Tunisie et au Maroc (González et Goldarazena, 2011 ; Sghaier et al., 2017; Bourquia et al., 2019; Belkharchouche et al., 2020 ;kadjoudj et al .,2022).

Description morphologique de la femelle de *Culicoides longipennis*

- Les yeux sont écartés **(c)**.
- 3^{ème} segment du palpe est assez grand **(d)**.
- Le thorax est sombre.
- les huit premiers articles présentant Sensilla coeloconica.
- l'aile est recouverte de macrotriches sauf la cellule basale **(a)**.
- La spermathèque est ovoïde et à col allongé, l'un est plus grand que l'autre **(b)**.

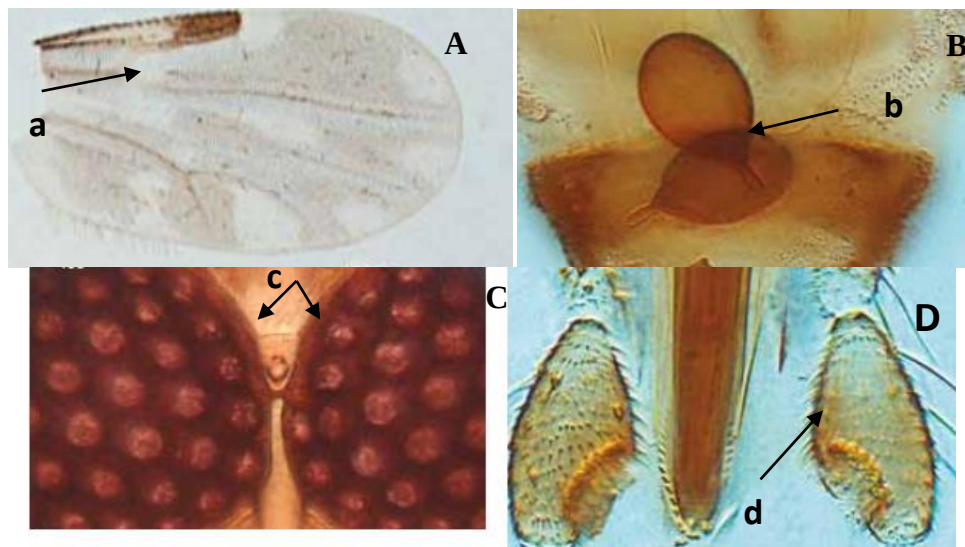


Figure 66 : Critères d'identification morphologique de *C. longipennis* ♀ ; (A) Aile ; (B) Spermathèques; (C) tête, (D) Palpe (González et Goldarazena, 2011).

3.1.2.19. *Culicoides saevus* Kieffer, 1922

Elle est petite possédant un thorax sombre avec des pattes jaunes. L'aile est jaunâtre, la cellule basale est dépourvue des macrotriches (kremer, 1965).

Description morphologique de la femelle de *Culicoides saevus*

- Les yeux séparés **(a)**.
- Le 3^{ème} segment du palpe plutôt grand.
- des sensilles coeloconiques présentent sur les huit premiers segments antennaires.
- Les macrotriches sont nombreuses au bord apical de l'aile.
- trois spermathèques identique en taille, sous forme de massue et a cou allongés **(b)**.

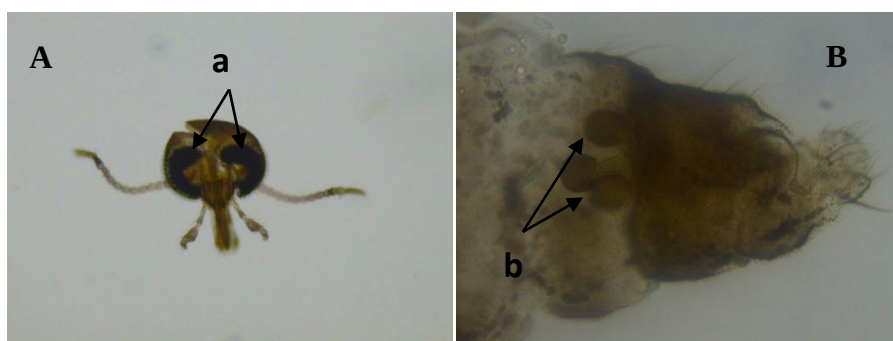


Figure 67 : Critères d'identification morphologique de *C. saevus* ♀ ; (A) tête e ; (B) Spermathèques; (photos personnelles).

3.1.2.20. *Culicoides imicola* Kieffer, 1913

Cette espèce possédant des ailes mesurant 1,1 mm (González et Goldarazena, 2011). Elles se alimentent des éléments organiques (González et Goldarazena, 2011). *Culicoides imicola* réparti dans les régions de Proche-Orient, région orientale, Afrique du Nord et tropicale. il est présent au Portugal et dans les pays méditerranéens comme l'Espagne, France , Maroc, Tunisie et en Algérie (Djerbal et Delécolle , 2009; Slama et al., 2014; Lhor et al.,2015 ; Sghaier et al., 2017; Slama et al., 2017 ; Bourquia et al., 2019; Bourquia et al., 2020 ; Belkharchouche et al., 2020 ; Berrayah et al., 2020 ; kadjoudj et al.2022).

Description morphologique de la femelle de *Culicoides imicola*

- Yeux fusionnés (**a**).
- Peu de Macrotriches sur l'aile (**b**).
- les articles Antennaires 3, 11 et 15 sont couverts par sensilles coeloconiques.
- 3^{ème} palpe avec une fosse sensorielle ronde et petite.
- Deux spermathèques ovales et égale en taille et une autre rudimentaire (**c**).

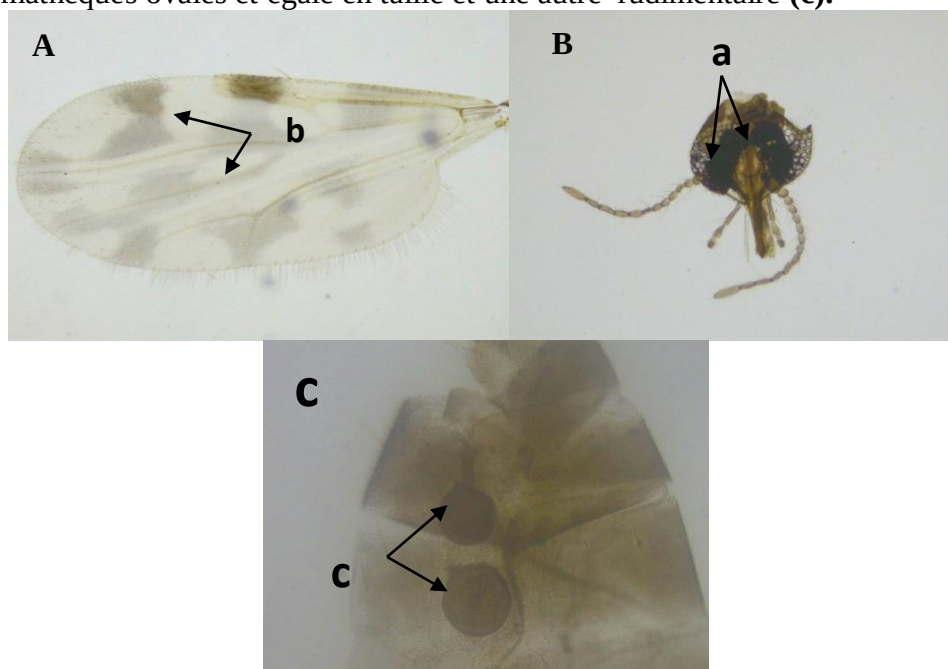


Figure 68 : Critères d'identification morphologique de *C. imicola* ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques (Photos personnelles).

3.1.2.21. *Culicoides kibunensis* Tokunaga, 1937

Cette espèce possédant des ailes sombres avec des taches claires dans la zone 2 et nervure r-m . Macrotriches abondantes sur toute l'aile. Kettle & Lawson (1952). Il se trouve dans les forêts, les boues à végétation en décomposition présente les gîtes larvaires (Krémer, 1965). Elle occupe Paléarctique, Proche-Orient, Afrique du Nord et région Néarctique, elle est répandue en Europe, de l'Irlande à la Russie et au nord de la Scandinavie (Fauna Europaea, 2010 ; González et Goldarazena, 2011). Elle est ainsi présente a l'Afrique du nord, notamment en Maroc, Tunisie et l'Algérie(Wilson et al.,2008 ; Baldet et al.,2003 ;Slama et al.,2017)

Description morphologique du male de *Culicoides kibunensis*

- L'aile présente des taches claires sur un fond sombre, en nombre très réduit **(a)**.
- deux processus apicolatéraux à base grand.
- Apodème ventrale fine, allongée et pointu.
- l'aedeagus en forme rectangulaire et plutôt allongé **(b)**.
- Paramères écartés avec base spécifique.
- membrane basale convexe et non spéculée.

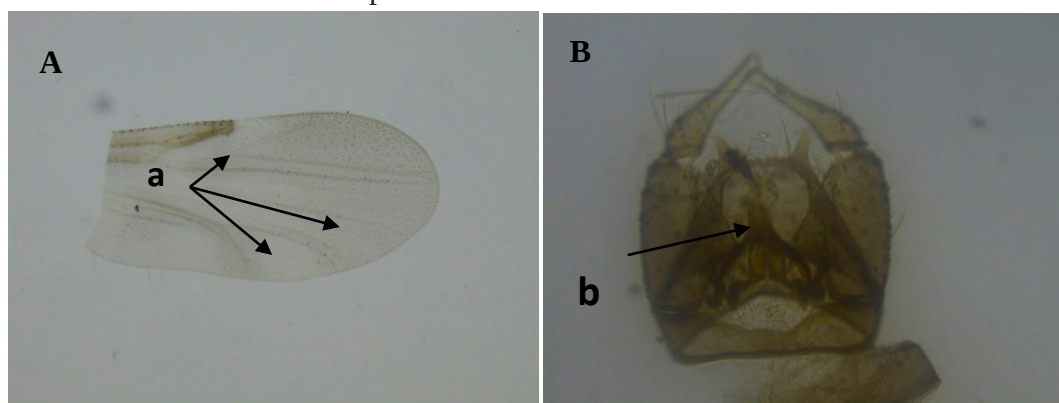


Figure 69 : Critères d'identification morphologique de *C. kibunensis* ♂ ; (A) Génitalia; (B) Aile (photos personnelles).

3.1.2.22. *Culicoides langeroni* Kieffer, 1921

Espèce assez petite présentant des ailes jaune claire de 1,2 mm en longueur. Les ailes sont couvertes de macrotriches à l'exception des cellules sous-costales et basales. Cette espèce est présente en Europe (kremer, 1965). Elle occupe le Maroc, Tunisie, et l'Algérie (Slama et al .,2017 ; Baldet et al.,2003).

Description morphologique de la femelle de *Culicoides langeroni*

- Yeux assez écartés **(a)**.
- Le 3^{ème} article du palpe est en forme losangique.
- Premier article antennaire a une forme de clavicule, les suivants possédant une forme de barrique.
- Deux grandes spermathèques longs soit en forme d'une poire ou en bissac **(b)**.

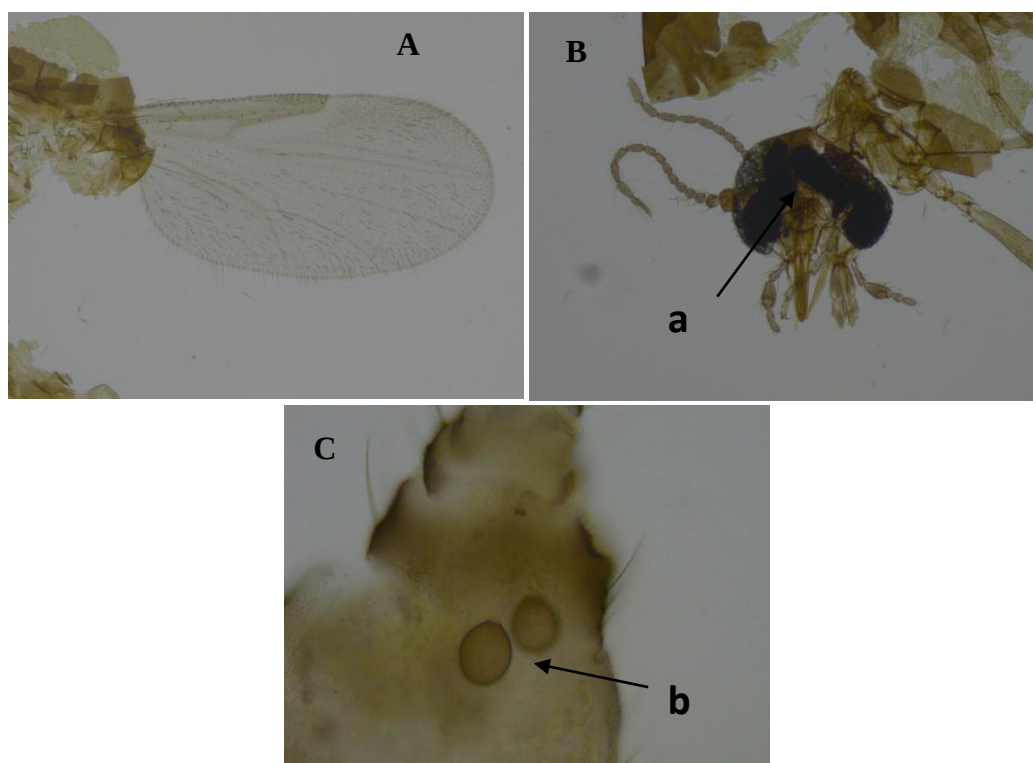


Figure 70 : Critères d'identification morphologique de *C. langeroni* ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques (Photos personnelles).

3.1.2.23. *Culicoides paolae* Boorman, Mellor and Scaramozzino, 1996

Espèce de petite taille, possédant des ailes grises orné par des taches claires. Les oiseaux et les chevaux sont considérés parmi les préférences d'hôtes de *C. paolae* (Meiswinkel et al., 2004). Il a été identifié comme un nouveau vecteur potentiel pour l'EHD et la BT (Meiswinkel et al., 2004). Elle est ainsi présente en Afrique du nord, notamment au Maroc, Tunisie, et en l'Algérie (Bourquia et al., 2019 ; Chaker et al., 2005 ; Baldet et al., 2003). Elle est signalée pour la première fois en Algérie en 2003 (Baldet et al., 2003).

Description morphologique de la femelle de *Culicoides paolae*

- Yeux sombre et assez écartés **(a)**.
- tous les segments Antennaire présentant des sensilles coelo-coniques.
- 3^{ème} segment du palpe un peu renflé avec une fosse sensorielle étendue.
- Thorax brun pâle, dépourvue des taches.
- Aile a des taches claires sur un fond sombre **(b)**.
- Deux spermathèques subcirculaires et sub identiques totalement développées et une spermathèque rudimentaire **(c)**.

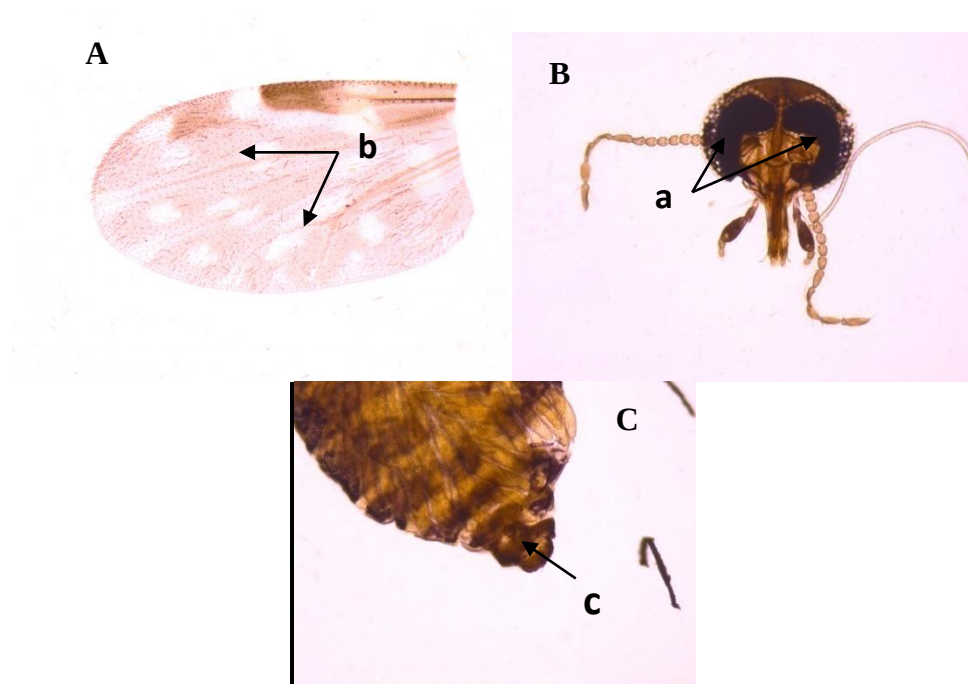


Figure 71 : Critères d'identification morphologique de *C. paolae* ♀ ; (A) Aile ; (B) tête; (C) Spermathèques (Photos personnelles).

Description morphologique du mâle de *Culicoides paolae*

- Aile semblable à celle de la femelle
- processus latéraux un peu allongés et ramifiant.
- styles droits, se réduisant à leurs cotés.
- Paramères présentant des cotes inclinées vers l'extérieur et se finissant par un sommet fin.
- l'aedeagus en forme triangulaire.
- membrane nue.

3.1.3. Etude écologique

3.1.3.1. Répartition des *Culicoides* selon le sous-genre

Selon la figure 72, on constate nettement que la majorité des spécimens capturés étaient des membres du sous-genre *Avaritia* et qu'il est le plus dominant dans tous les pièges. En effet, il représente (44 %) de l'ensemble de la collection, suivi par *Culicoides* (30 %), et *Selfia* (10 %) et *Sensiculicoides* (6%), et *Oecacta* (3%), et *Monoculicoides* (3%). Alors que les autres sous-genres représentaient 4% de la récolte.

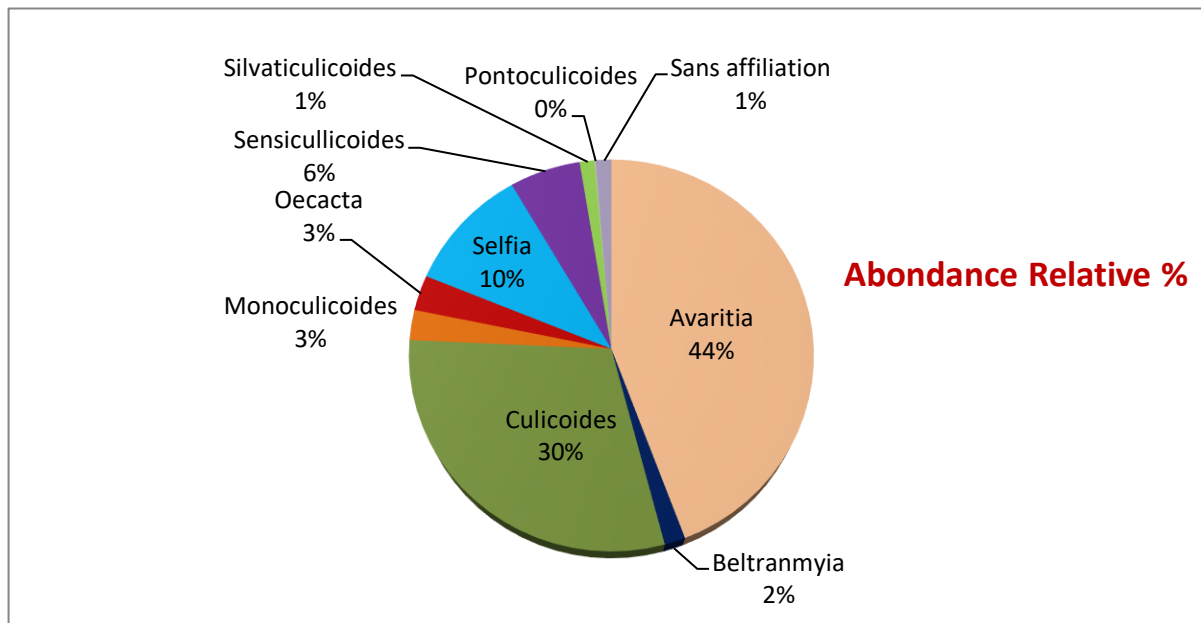


Figure 72: Répartition des Culicoides collectés selon le sous-genre.

D'après l'étude récente de Kadjoudj et al., (2022) la liste de contrôle des Culicoides en Algérie est estimée par 61 espèces. Notre faune récoltée composée de 23 espèces représente un taux de 37,7 %. Nos résultats corroborent 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. Par contre, nos résultats contrastent ceux de Belkherchouche et al., (2020) et de Kadjoudj et al., (2022), qui signalent que le sous genre *Culicoides* domine largement avec 71.91% et 74% dans la région d'Oum-El-Bouaghi, et la région de Mila respectivement.

3.1.3.2. Répartition des Culicoides capturés selon la sex-ratio

La fluctuation des Culicoides capturés selon leur sexe présente une nette prédominance du sexe féminin, où le nombre des femelles (855 ♀, 93 %) a prévalu considérablement sur celui des mâles (67 ♂, 7 %) au cours de la période de collecte.

Les spécimens de Culicoides piégés étaient majoritairement des femelles (n = 855) avec seulement 73 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 justifier 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 ; Zimmer et al., 2014), et ceci explique clairement leur rare présence autour des pièges. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Kadjoudj et al., (2022) dans la région de Mila, où le pourcentage des spécimens femelles était plus de 98 %. Le même résultat a été obtenu par Belkherchouche et al., (2014) dans la région d'Oum El Bouaghi, où le pourcentage des spécimens femelles était plus de 95 %,.

et aussi par Zimmer et al., (2009) qui a signalé que plus de 87% des femelles capturées en prairie et plus de 99% récoltées dans une ferme.

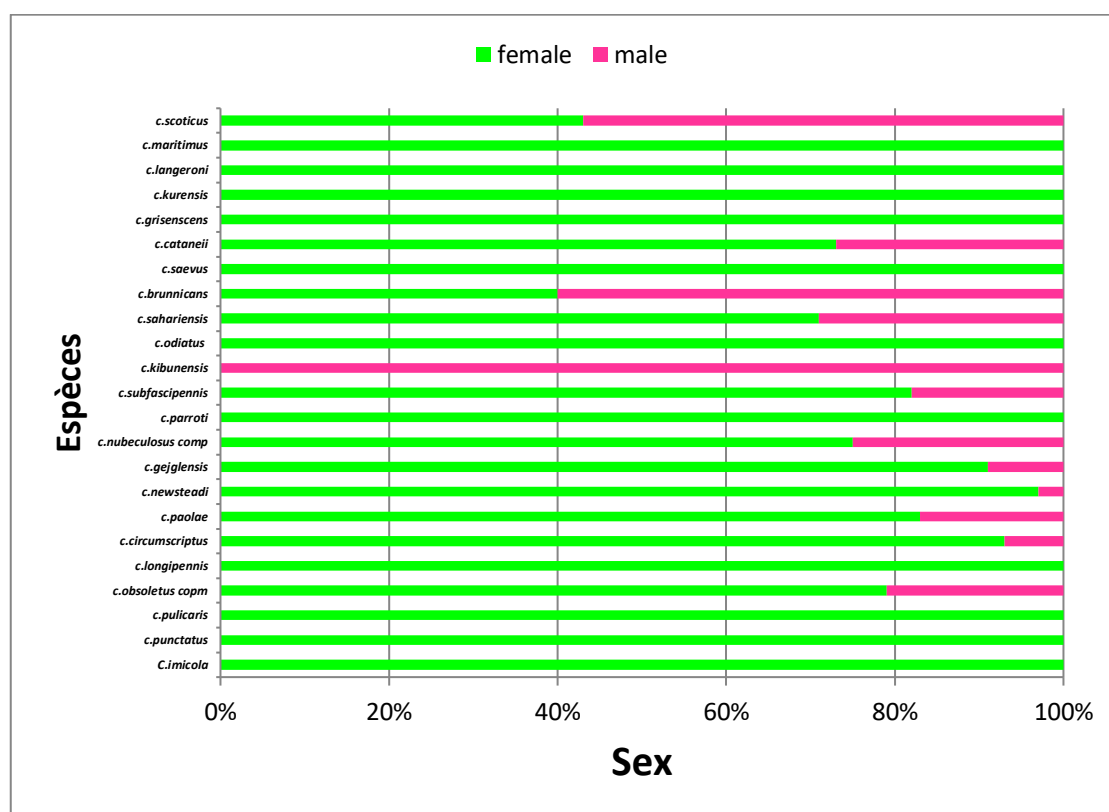


Figure 73: Répartition et abondances des Culicoides selon leur sexe.

3.1.3.3. Répartition spatiale des Culicoides dans la région d'étude

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 d'El-malha (200 spécimens), suivi par le site d'Oued elghoul (198 spécimens), Amryouen (170 spécimens) Kribsa (123 spécimens), et Djimla (73 spécimens). Quant aux sites restants un nombre relativement faible de spécimens a été enregistré, allant de 44 à 1 spécimens.

Trois grands groupes de sites ont été identifiés sur la base de la composition spécifique des Culicoides (Fig. 74). La ségrégation entre les groupes était fortement liée aux variations de la prévalence des espèces. *C. imicola*, particulièrement abondant dans le premier groupe, a joué un rôle majeur dans la différenciation de ce groupe, avec une légère contribution de *C. newsteadi*. Ce groupe comprenait la majorité des sites périurbains. *C. imicola* était plus fréquent à El-Malha, Oued-Elghoul, Kribsa, Ain-Baghla, Smara, Redjas, puis Amryouen, respectivement. *C. newsteadi* et *C. paolae* caractérisaient le deuxième groupe de sites échantillonnés, où *C. newsteadi* était particulièrement abondant à El-Malha. Quant à *C. punctatus*, *C. nubeculosus*, *C. pulicaris*, *C. obsoletus*, *C. langeroni* et *C. parroti*, ils étaient considérés comme les espèces typiques d'un groupe de sites exclusivement ruraux. Cela incluait Djimla et Kribsa, toutes deux caractérisées par *C. punctatus* ; Sidi Zerrouk, caractérisé par *C. nubeculosus* ; et Sidi-Maarouf, par *C. pulicaris*. Le complexe *C. obsoletus* était présent à Amryouen, Djimla et Minar-Zareza. *C. punctatus* était abondant à Djimla, Kribsa, Ain-Baghla, Minar-Zareza, El-

Malha et Amryouen, tandis que *C. odiatus* était observé à Oued-Elghoul. Les autres espèces n'ont été recensées que dans quelques localités limitées (Fig. 74). Le test du khi carré a révélé une association hautement significative entre les espèces de *Culicoides* et les sites échantillonnés ($\chi^2 = 3387$, ddl = 330, $p < 0,001$). Pour compléter cette analyse, le V de Cramér a été calculé comme mesure de la force de l'association, donnant une valeur de 0,18, ce qui indique une relation faible à modérée entre la présence des espèces et les catégories de sites.

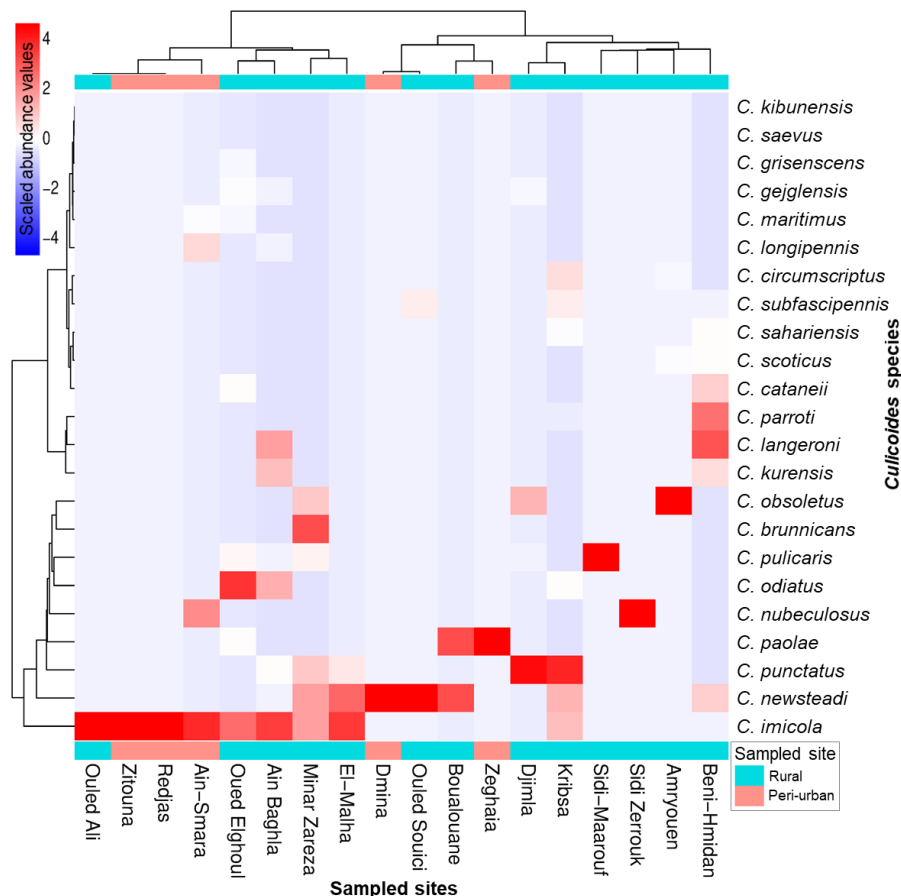


Figure 74 : Carte thermique avec double regroupement hiérarchique agglomératif montrant les associations entre la distribution des espèces de *Culicoides* et les sites échantillonnés, avec un regroupement des assemblages d'espèces et des sites selon les similarités des abondances normalisées des espèces.

3.1.4. 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).

3.1.4.1. Richesse spécifique des espèces de *Culicoides* capturées

Les sites prospectés dans la région d'étude montrent une richesse spécifique forte. En effet, elles fluctuent de 1 à 13 espèces par site para port aux 23 espèces recensés dans la région. Les sites les plus riches spécifiquement sont Oued elghoul avec 13 espèces, suivie par les sites d'Ain baghla et Beni-hmidan 09 espèces, Kribsa avec 08 espèces. Le reste des sites représentent une richesse moins diversifiés varie entre 06 et 01 espèces par sites (fig.75).

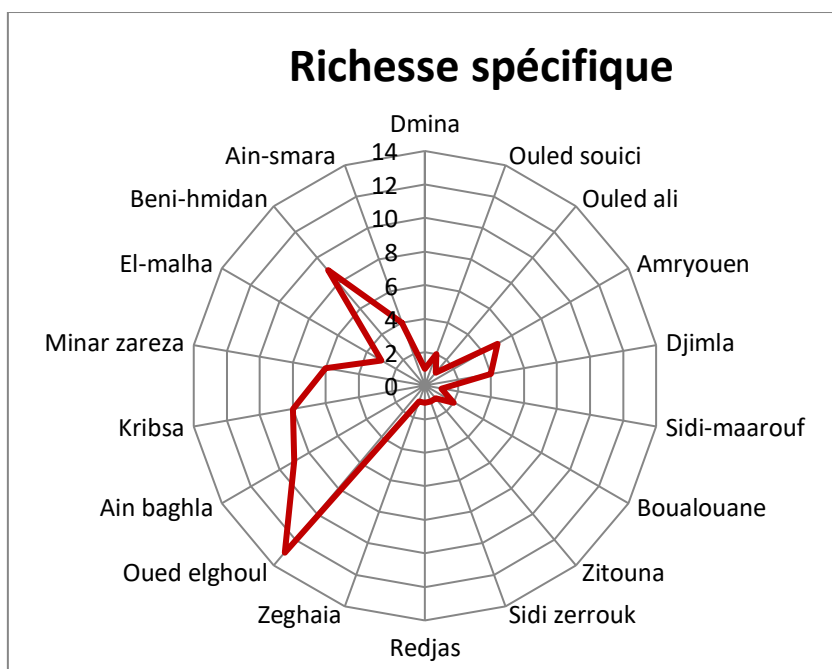


Figure 75: Répartition spatiale de la richesse spécifique des Culicoides recensés dans la région d'étude (2023-2024).

3.1.4.2. Abondances relatives des Culicoides récoltées dans la région d'étude

L'abondance relative des Culicoides montre clairement que, l'espèce *C. imicola* domine largement la récolte. En effet, elle représente (25 %) de l'ensemble de la collection, suivi par *C. obsoletus comp.* (20 %), *C. punctatus* et *C. newsteadi* (14 %), *C. odiatus* (11 %). Les autres espèces représentaient 2% ou moins des spécimens collectés.

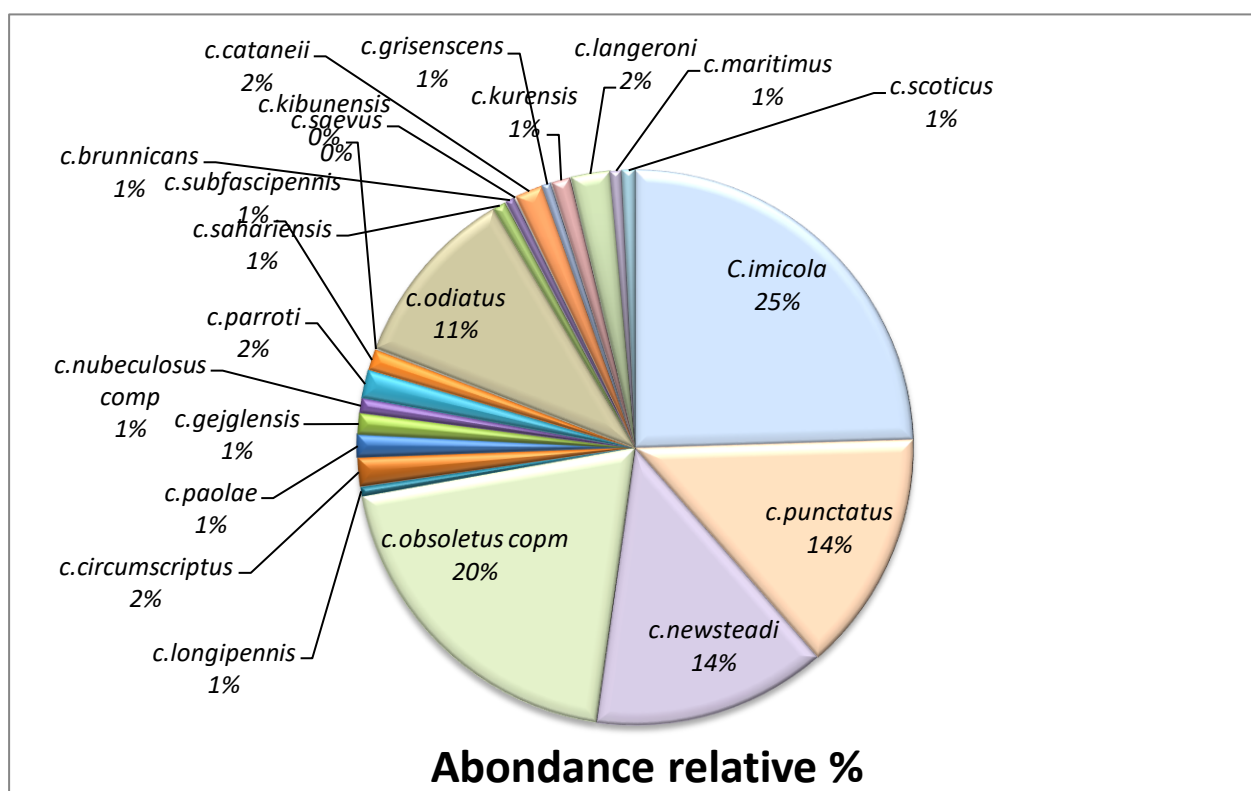


Figure 76 : Abondances relatives des Culicoides récoltés pendant la période d'étude (2023- 2024).

3.1.4.3. L'indice de diversité de Simpson et l'indice d'équitabilité

D'après la figure 77, la variation des effectifs de l'indice de Simpson est très remarquable dont les plus grandes valeurs sont enregistrées à Beni-hmidan (IS = 5,46), Ain baghla (IS = 5) et Minar zarezza (IS = 4,92), alors que la plus faible est enregistrée à Dmina, Ouled ali, Sidi-maarouf, Zitouna, Sidi zerrouk, Redjas, et Zeghaia (IS = 1). L'indice d'équitabilité permet de comparer les peuplements des différentes stations et d'en déduire l'équilibre existant (Himmi, 2007). Les résultats de la répartition des espèces testés par cet indice ont montré une présence déséquilibrée d'espèces avec des valeurs de E, varie entre 0 dans chacun de Dmina, Ouled ali, Sidi-maarouf, Zitouna, Sidi zerrouk, Redjas, et Zeghaia 0.78 à Minar zarezza, ce qui signifie une dominance de certaines espèces par rapport aux d'autres qui représentent une très faible dominance.

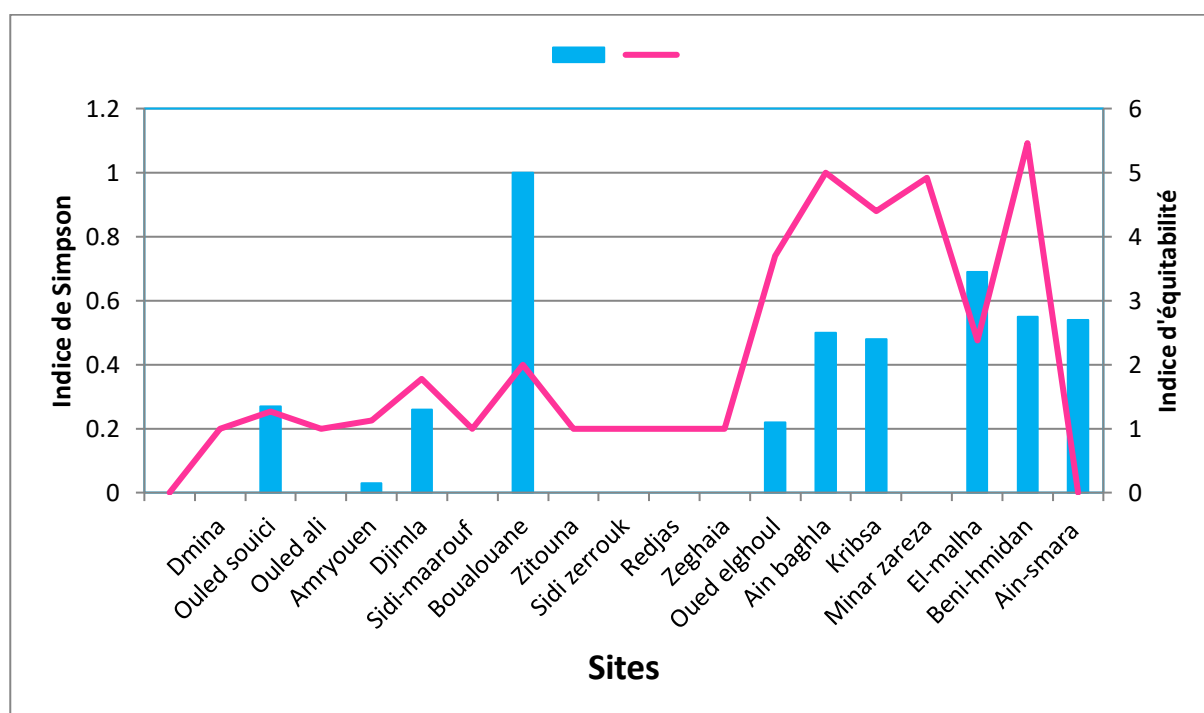


Figure 77 : Variations spatiales de l'indice de Simpson et d'équitabilité dans les sites prospectés.

L'ensemble, nos résultats montrent clairement la diversité plus élevée enregistrée à Béni-hmidan, Ain baghla et Minar zarezza, où les ovins, les bovins et les caprins étaient le bétail le plus courant. En réalité la population des espèces de Culicoides à la région d'étude composée de 23 espèces est légèrement diversifiée et peu équilibrée, en comparant avec la richesse spécifique composée de 61 espèces en Algérie. Cela est confirmé par l'indice de Simpson et les valeurs d'équitabilité (E) calculées dans les sites d'étude. La différence observée dans la composition faunistique des Culicoides dans chaque site est probablement liée au placement des pièges dans chaque site, ce qui reflète des différences dans la communauté des Culicoides sur chaque site d'échantillonnage (England et al., 2020). En effet, l'heure de la journée, les conditions météorologiques, la saisonnalité, la méthode de piégeage, la région géographique et la proximité d'autres animaux peuvent également influencer la composition spécifique des Culicoides collectés (Griffioen et al., 2011 ; Ayllón et al., 2014). En fait, la variation des Culicoides collectés dans les sites d'échantillonnages reflète aussi les différences environnementales. L'hétérogénéité climatique qui caractérise le nord de l'Algérie et les pays du Maghreb, allant du climat humide et subhumide aux climats semi-arides et arides, contribue également à la diversification des espèces de Culicoides et d'autres insectes vecteurs. Celles-ci peuvent

s'expliquer partiellement par la mosaïque de types d'habitats qui peuvent offrir une grande variété de sites de ponte et de développement larvaire (Garvin et Greiner, 2003 ; Mebarkia et al., 2021).

3.1.4.4. Variation de la diversité et de la composition des Culicoides selon le biotope

Les résultats ont montré que le lieu de capture (intérieur vs extérieur) influençait significativement l'équitabilité des communautés, tandis que le type de paysage (rural vs suburbain) n'exerçait aucun effet statistiquement significatif sur les indices de diversité mesurés (Fig. 78). L'analyse des indices de diversité a révélé que la richesse spécifique (SR) ne différait pas significativement entre les lieux de capture (intérieur : $3,6 \pm 3,8$ espèces ; extérieur : $5,5 \pm 2,9$ espèces ; $t = -0,934$, $ddl = 16$, $p = 0,364$). De même, l'indice de Shannon (IS) ne montrait pas de différence significative entre les abris intérieurs ($2,0 \pm 1,4$) et extérieurs ($3,4 \pm 2,1$) ($t = -1,535$, $p = 0,144$). En revanche, l'équitabilité était significativement plus faible à l'intérieur des abris ($0,2 \pm 0,2$) qu'à l'extérieur ($0,6 \pm 0,4$; $t = -2,316$, $p = 0,034$), indiquant que les assemblages intérieurs étaient dominés par un plus petit nombre d'espèces. Lors de la comparaison entre les paysages, la richesse spécifique avait tendance à être plus élevée dans les sites ruraux ($4,9 \pm 3,8$ espèces) que dans les sites suburbains ($1,6 \pm 1,3$ espèces), mais cette différence n'atteignait pas le seuil de signification statistique ($t = 1,862$, $p = 0,081$). De même, l'indice de Shannon était plus élevé dans les sites ruraux ($2,7 \pm 1,7$) que dans les sites suburbains ($1,3 \pm 0,7$), sans différence significative ($t = 1,678$, $p = 0,113$). Les valeurs d'équitabilité ne différaient pas non plus significativement entre les types de paysages (rural : $0,4 \pm 0,3$; suburbain : $0,1 \pm 0,2$; $t = 1,594$, $p = 0,13$) (Fig. 78). L'analyse de l'échelonnement multidimensionnel non métrique (NMDS) et la PERMANOVA ont révélé que la composition spécifique des *Culicoides* piqueurs ne variait pas significativement ($p > 0,05$) entre les sites ruraux et périurbains, ni selon l'emplacement du piège dans les abris d'animaux (Fig. 79).

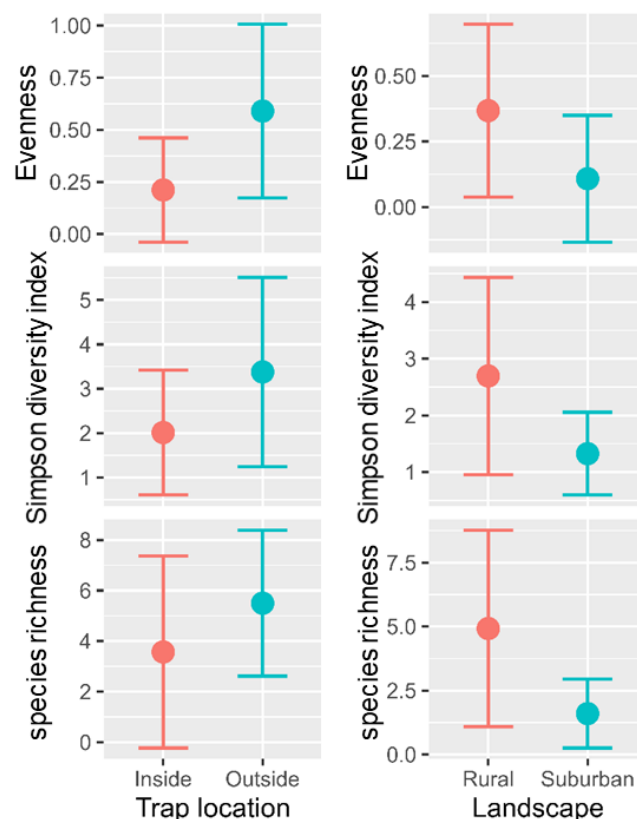


Figure 78 : Comparaison des indices de diversité (SR, richesse spécifique ; E, équitabilité ; IS, indice de diversité de Simpson) entre les sites suburbains et ruraux, ainsi qu'entre l'intérieur et l'extérieur des abris

pour animaux. Les graphiques combinent des diagrammes en violon avec les points de données individuels superposés et présentent les résultats du test t de Welch comme sous-titres pour chaque comparaison.

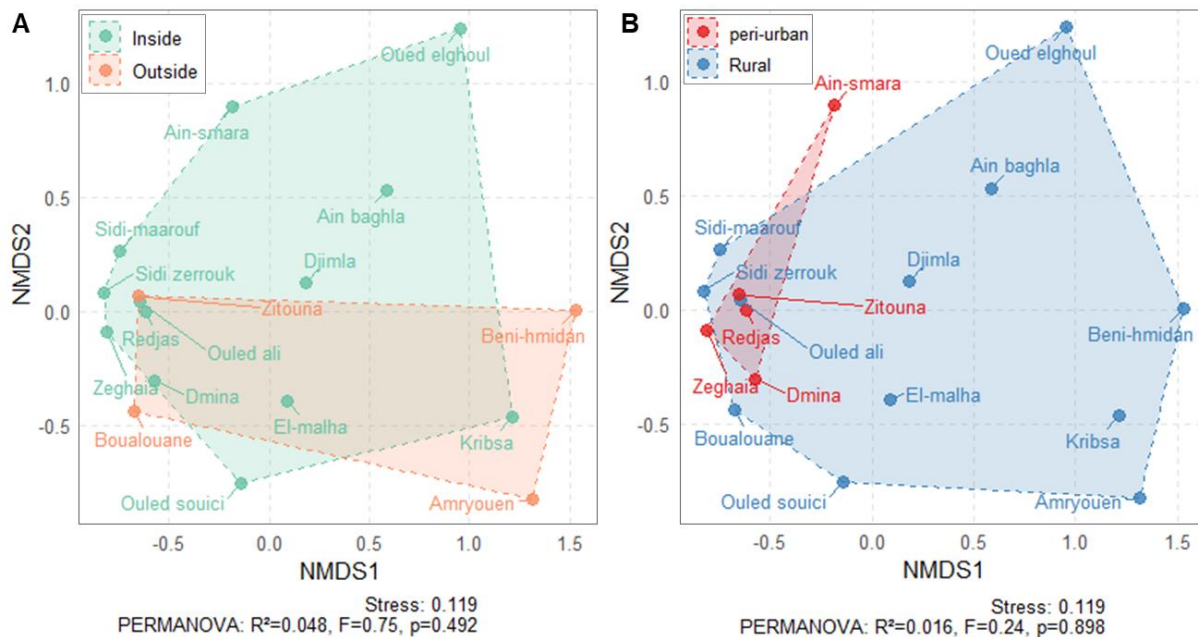


Figure 79 : Diagramme d'ordination de l'échelle multidimensionnelle non métrique (NMDS) comparant la composition des espèces de *Culicoides* entre les refuges pour animaux à l'intérieur et à l'extérieur (A) et entre les sites ruraux et suburbains (B). Le symbole astérisque (*) indique le centroïde de chaque polygone coloré.

Les schémas de similarité des assemblages de *Culicoides* entre les paysages et les emplacements de pièges ont montré que la composition spécifique n'était pas uniformément répartie entre les environnements. Les zones rurales abritaient un nombre beaucoup plus élevé d'espèces exclusives que les sites périurbains, ce qui suggère que les habitats hétérogènes et la moindre perturbation anthropique dans les milieux ruraux favorisent une plus grande richesse spécifique, comme cela a également été observé dans d'autres études menées en Méditerranée et en Afrique du Nord (Bourquia et al., 2019 ; Belkharchouche et al., 2020 ; Kadjoudj et al., 2022). En revanche, les sites périurbains n'abritaient pas d'espèces uniques, ce qui est conforme à l'idée selon laquelle ces habitats ne soutiennent que les taxons les plus généralistes et les plus largement distribués, tels que *C. imicola* et *C. obsoletus*, capables de s'adapter facilement aux paysages modifiés par l'homme (Jacquet et al., 2015 ; González et al., 2021). À l'échelle du microhabitat, les abris pour le bétail ont fortement influencé la diversité des *Culicoides*, les captures réalisées à l'intérieur des étables ayant révélé un plus grand nombre d'espèces exclusives que celles effectuées à l'extérieur. Ce schéma souligne le rôle de la présence des hôtes et des conditions microclimatiques (ombrage, humidité et structures abritées) dans la structuration des assemblages de *Culicoides*, en accord avec les observations précédentes faites en France et en Europe du Nord, qui ont montré une activité accrue à l'intérieur des bâtiments proches du bétail (Baldet et al., 2008 ; Carpenter et al., 2008). De telles différences de composition spécifique liées à l'habitat sont écologiquement pertinentes, car elles peuvent modifier les taux de contact entre vecteurs et hôtes, et par conséquent le risque épidémiologique de transmission des agents pathogènes (Mellor et al., 2000 ; Purse et al., 2015).

3.1.5. Dynamique saisonnière des Culicoides et effet des facteurs climatiques sur l'abondance de ces espèces

L'abondance des espèces de Culicoides a montré des schémas saisonniers clairs (Fig. 80). L'abondance des Culicoides collectés variait selon la saison, la province et l'espèce. À Constantine (Fig. 80), avec une température moyenne mensuelle de 15 °C et une humidité relative de 77 %, *C. imicola* a présenté un pic en avril 2024 et n'a pas été observé en 2023. *C. punctatus* a montré de petits pics en mai et septembre 2023, ainsi qu'en avril 2024. *C. newsteadi* a atteint ses pics en avril et août 2024 (avec des températures moyennes mensuelles de 15 °C et 30 °C, et des humidités relatives respectives de 77 % et 53 %), et n'a pas été observé en 2023. À Jijel (Fig. 80), *C. obsoletus* a présenté un pic en mars 2023 (température moyenne mensuelle de 16 °C et humidité relative de 72 %), avec de petits pics en février et mai 2024, ainsi qu'en février, juillet et août 2023. *C. punctatus* a montré de petits pics en mars, mai, juillet et octobre 2023, ainsi qu'en juillet 2024. *C. imicola* a montré un petit pic en avril 2024. À Mila (Fig. 80), après de faibles pics en août et septembre 2023, *C. odiatus* a atteint son maximum en octobre 2023 (température moyenne mensuelle de 22 °C et humidité relative de 57 %). En 2024, il n'a pas été observé. En octobre 2023 et juillet 2024, *C. imicola* a coïncidé avec les températures moyennes mensuelles et les humidités relatives les plus élevées, soit 30 °C et 49 %, respectivement. *C. punctatus* a atteint son pic en mai 2024 (21 °C et 71 %), avec de petits pics en août 2023 et 2024. Aucune corrélation significative n'a été observée entre les facteurs climatiques et le nombre mensuel d'individus des différentes espèces de Culicoides. L'abondance totale des espèces de Culicoides dans la région de Mila a montré une tendance négative non significative avec les précipitations ($r = -0,392$, $p = 0,115$), une tendance positive significative avec la température ($r = 0,513$, $p = 0,029$) et une tendance négative significative avec l'humidité ($r = -0,542$, $p = 0,020$). Dans la région de Jijel, l'abondance totale des Culicoides a présenté une tendance négative non significative avec la température ($r = -0,470$, $p = 0,052$) et des tendances positives non significatives avec les précipitations ($r = 0,121$, $p = 0,648$) et l'humidité ($r = 0,367$, $p = 0,136$). Enfin, dans la région de Constantine, l'abondance totale des espèces de *Culicoides* a montré des tendances positives non significatives avec la température ($r = 0,183$, $p = 0,478$) et des tendances négatives non significatives avec l'humidité ($r = -0,144$, $p = 0,573$) et les précipitations ($r = -0,202$, $p = 0,432$).

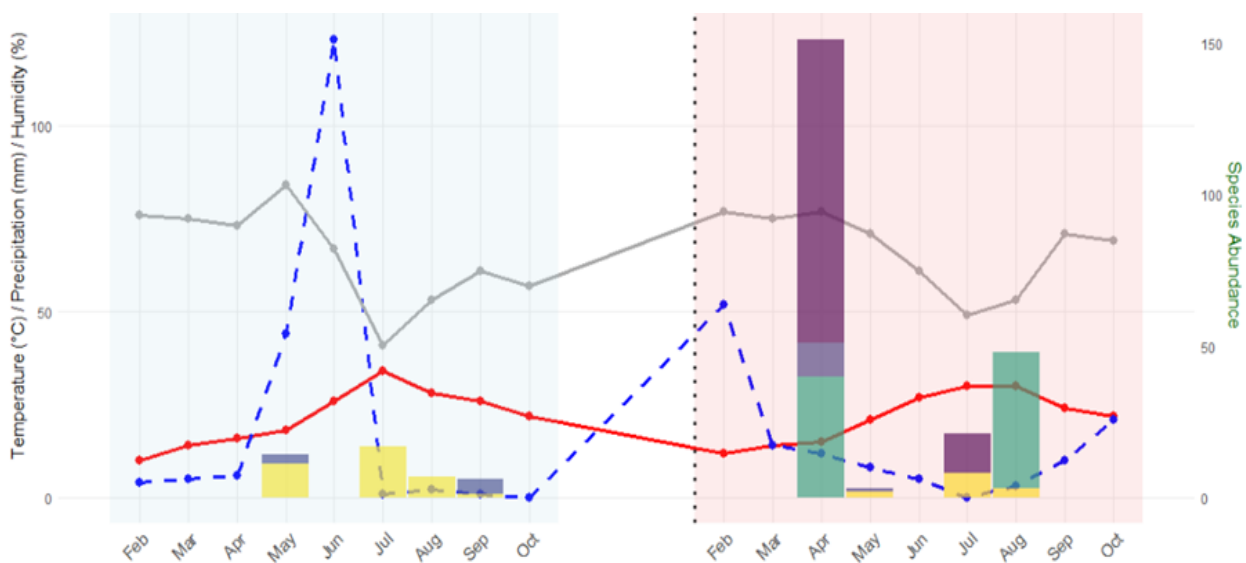




Figure 80 : Dynamiques saisonnières des *Culicoides* et variation de la température, des précipitations et de l’humidité relative au cours des deux saisons (février–octobre) des années 2023 et 2024 dans les provinces de Constantine (graphiques supérieurs), Jijel (graphiques centraux) et Mila (graphiques inférieurs).

Les insectes sont probablement fortement affectés par le changement climatique, car la durée de leur cycle de vie est étroitement liée à la température (Wilson & Maclean, 2011). Le changement climatique mondial devrait influencer les arthropodes vecteurs des maladies du bétail en modifiant leur répartition géographique et leur capacité de transmission des agents pathogènes (Tabachnick, 2010). Le climat diversifié du nord de l’Algérie, allant des zones semi-arides et arides aux zones humides et subhumides, favorise la diversification des insectes vecteurs, y compris les espèces de *Culicoides* (Garvin et Greiner, 2003 ; Mebarkia et al., 2021). Le changement climatique en Algérie, marqué par une élévation des températures et une fréquence accrue des inondations (Sahnoune et al., 2013), crée des conditions favorables à la croissance des populations de moucheron piqueurs (*Culicoides*) (Berrayah et al., 2020).

Wittmann et Baylis (2000) ont souligné que les facteurs climatiques, notamment la hausse des températures, peuvent prolonger la saison d’activité des *Culicoides* et accélérer le développement

larvaire, entraînant ainsi un plus grand nombre de générations par an (Vaughan & Turner, 1987 ; Bishop et al., 1996). Les précipitations influencent indirectement la répartition des *Culicoides* en conditionnant la disponibilité de leurs gîtes larvaires (Mellor et al., 2000). De plus, les adultes de *Culicoides* sont particulièrement sensibles à une faible humidité, une exposition même brève pouvant réduire considérablement leur longévité (Murray, 1991).

Des recherches menées dans des environnements chauds ou tempérés ont démontré que les *Culicoides* peuvent rester actifs durant l'hiver (Losson et al., 2007 ; Mehlhorn et al., 2009a, b ; Romón et al., 2012). Ces observations concordent avec nos résultats obtenus dans la wilaya de Jijel. En Europe, les *Culicoides* sont multivoltins, présentant de une à trois périodes d'abondance annuelle, avec une activité globale s'étendant d'avril à novembre selon les espèces, la saisonnalité et la latitude (Dik, 1989 ; Sarto et al., 2003 ; Cuellar et al., 2018 ; Dagalp ~ et al., 2021). Cependant, dans la présente étude, nous avons observé la présence de *Culicoides* de février à octobre. Selon cette étude, d'importantes précipitations précédant leur émergence, généralement à la fin du printemps, sont principalement responsables des pics d'abondance des *Culicoides* (Gonzalez et al., 2021).

Les analyses réalisées dans la région d'étude n'ont révélé aucune corrélation statistiquement significative entre l'abondance des *Culicoides* et les principaux facteurs climatiques (température, précipitations et humidité). Toutefois, à l'échelle provinciale, des corrélations significatives ont été observées dans la wilaya de Mila, où la composition des *Culicoides* était associée à la température et à l'humidité. La réponse des *Culicoides* aux variables climatiques pourrait dépendre des conditions environnementales propres à chaque zone. Ces résultats soulignent la complexité des interactions entre le climat et la dynamique des populations de *Culicoides*, et mettent en évidence la nécessité de poursuivre les investigations sur de plus longues périodes et dans un plus grand nombre de sites afin de mieux comprendre ces relations.

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

La distribution des espèces de *Culicoides* suivait un schéma clair le long du gradient altitudinal (Fig. 81). Les espèces de *Culicoides* étaient les plus nombreuses entre 600 et 800 m d'altitude. Moins d'espèces étaient présentes entre 200 et 600 m, tandis qu'un nombre encore plus faible a été observé entre 800 et 1000 m. Concernant les trois espèces les plus répandues, *C. imicola* a été trouvée dans les sites situés entre 200 et 800 m, avec un pic entre 600 et 800 m (Fig. 81). Sa distribution montrait une corrélation négative avec l'altitude ($r = -0,759$, $p < 0,001$). *C. obsoletus* Comp. était abondant entre 600 et 800 m, et sa distribution présentait également une corrélation négative avec l'altitude ($r = -0,541$, $p = 0,001$). De même, *C. punctatus* était abondant entre 600 et 800 m, et une corrélation négative a été observée entre sa distribution et l'altitude ($r = -0,676$, $p < 0,001$). Dans l'ensemble, nos résultats indiquent que les *Culicoides* étaient présents à toutes les altitudes (200–1000 m), ce qui souligne leur forte capacité d'adaptation à une large gamme de conditions altitudinales et environnementales. Cela pourrait s'expliquer par la capacité des espèces de *Culicoides* à tolérer les basses températures ou par une augmentation de la température moyenne à haute altitude (Mukhopadhyay et al., 2017). Les résultats montrent que l'altitude influence positivement l'abondance des espèces : les effectifs les plus élevés ont été observés aux altitudes moyennes (600–800 m) et basses (200–400 m), tandis que les autres tranches altitudinales présentaient une abondance moindre. En général, les insectes préfèrent les environnements tropicaux humides pour leur reproduction, bien qu'ils soient également signalés à des altitudes élevées. Le schéma de distribution de nombreuses espèces est fortement influencé par l'altitude, qui agit sur des variables bioclimatiques telles que la

température et les précipitations (Mukhopadhyay et al., 2017). Ces résultats sont comparables à ceux publiés par Kadjoudj et al. (2022).

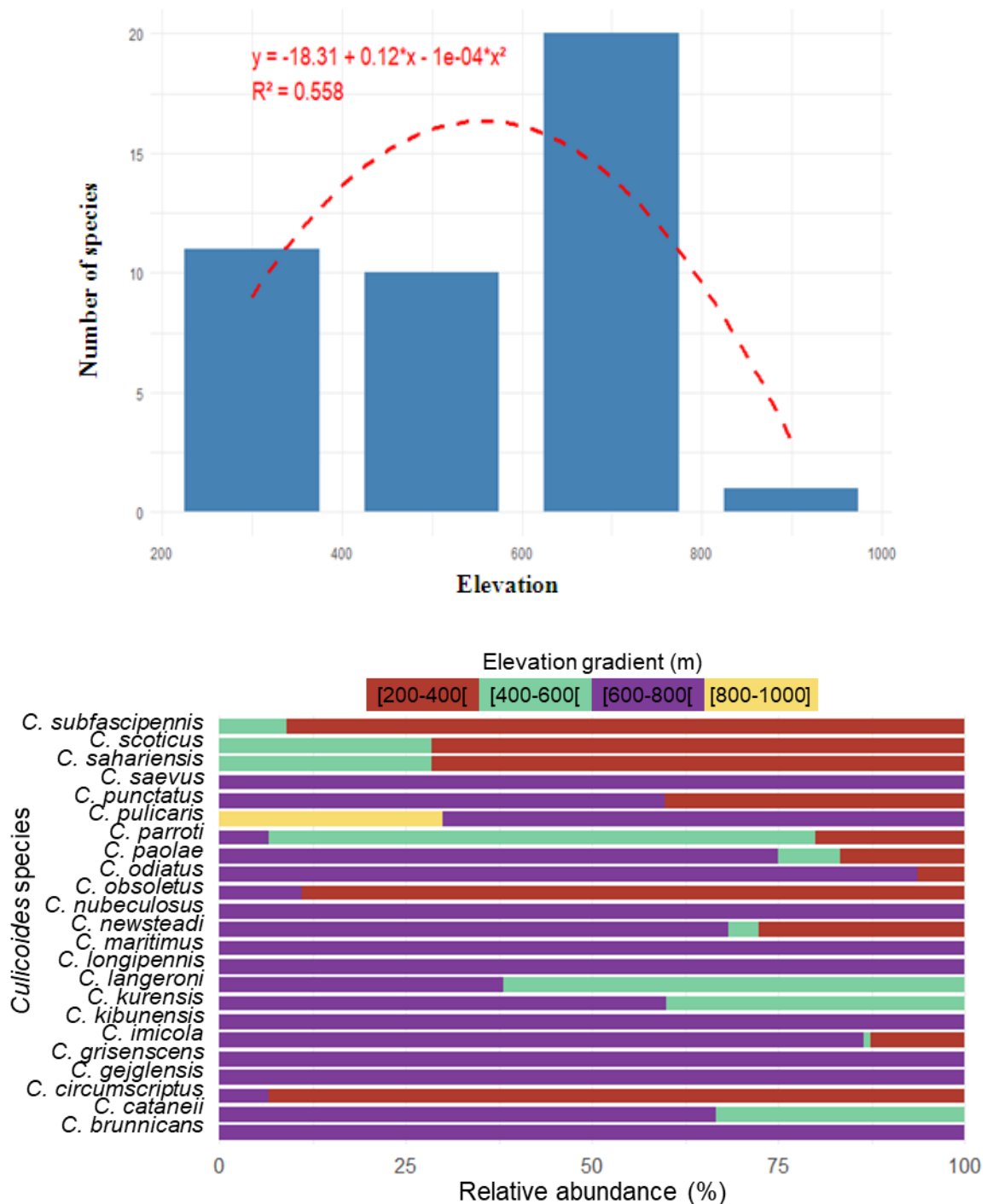


Figure 81 : Distribution altitudinale de l'abondance des espèces de Culicoides (graphique supérieur) et abondance relative (%) des espèces de Culicoides capturées à différentes tranches d'altitude (graphique inférieur).

3.2. Inventaire systématique des phlébotomes recensés dans la région d'étude

3.2. 1. Composition des communautés des espèces de phlébotomes

Les captures de phlébotomes se sont effectuées durant deux ans successives 2023-2024 de Février à Octobre sur 10 sites situées dans la région de Mila, Jijel, et Constantine. Au total 2520 spécimens est capturés et identifiés, comprenant 1751 femelles et 769 mâles. L'inventaire faunistique a démontré, que l'ensemble des spécimens capturés font partie de la famille de Psychodidae du genre des *Phlebotomus* et *Sergentomyia*, est reparti en 03 sous-genres et 06 espèces. La classification systématique des espèces identifiées est présentée comme suit (Tab 20).

Tableau 20 : Liste des espèces de phlébotomes recensés dans la région d'étude.

Genre	Sous-genre	Espèce
<i>Phlebotomus</i>	<i>Phlebotomus</i>	<i>P. papatasi</i> (Scopoli, 1786)
	<i>Larroussious</i>	<i>P. perniciosus</i> (Newstead, 1911)
		<i>P. longicuspis</i> (Nitzulescu, 1911)
		<i>P. perfiliewi</i> (Parrot, 1930)
		<i>P. chadlii</i> (Rioux, Juminer et Gibily 1966)
<i>Sergentomyia</i>	<i>Sergentomyia</i>	<i>S. minuta</i> (Adler et Theodor, 1927)

Les 2520 spécimens identifiés se répartissaient en six espèces appartenant aux vingt-cinq espèces de phlébotomes recensées en Algérie (Bounamous, 2008 ; Berdjane-Brouk et al., 2011), dont cinq du genre *Phlebotomus* et une du genre *Sergentomyia*. Les espèces déterminées sont *P. perniciosus*, *P. perfiliewi*, *P. longicuspis*, *P. papatasi*, *P. chadlii* et *S. minuta*.

Dans l'ensemble, la composition spécifique de la faune phlébotomienne étudiée ne diffère pas significativement de celles rapportées précédemment dans la région de Mila (Amira et al., 2022 ; Kadjoudj, 2022), à Constantine (Ramdane et al., 2018) ou plus largement dans le nord de l'Algérie (Kabbout et al., 2014 ; Mouloua et al., 2017 ; Bennai et al., 2018 ; Gherbi et al., 2020). En revanche, elle se distingue nettement de la composition observée dans les zones désertiques du pays (Zeroual et al., 2016). Il convient de souligner qu'il s'agit de la première étude consacrée à l'inventaire des phlébotomes dans la wilaya de Jijel, révélant la présence de six espèces.

Les différences de richesse spécifique observées peuvent être attribuées à divers facteurs influençant le développement et l'émergence des phlébotomes, qu'ils soient d'ordre climatique, géographique ou environnemental. Le choix des sites d'étude, principalement constitués d'exploitations d'élevage, joue également un rôle majeur. Ces milieux regroupent plusieurs conditions favorables à la prolifération des phlébotomes : la présence d'animaux, de points d'eau et d'abreuvoirs, de substrats humides, de fumiers et de bouses bovines, ainsi qu'une végétation et des arbres offrant des refuges pour le repos diurne ou des substrats propices au développement larvaire. L'ensemble de ces éléments contribue ainsi à la variation de la composition spécifique observée entre les différents sites étudiés.

3.2.2. Description des espèces recensées

3.2.2.1. Sous-genre Larroussious

Le sous-genre *Larroussious* se distingue par un ensemble de traits morphologiques spécifiques qui permettent de l'identifier facilement. Ces caractéristiques sont :

- Un style portant cinq épines longues, avec l'épine médiane plus proche de l'épine basale que des épines terminales.
- Une touffe bien visible de longues soies à l'extrémité du coxite.
- La partie postérieure du pharynx est dotée de denticulations irrégulières.
- Les spermathèques présentent une forme annelée, avec une tête arrondie de petite taille.

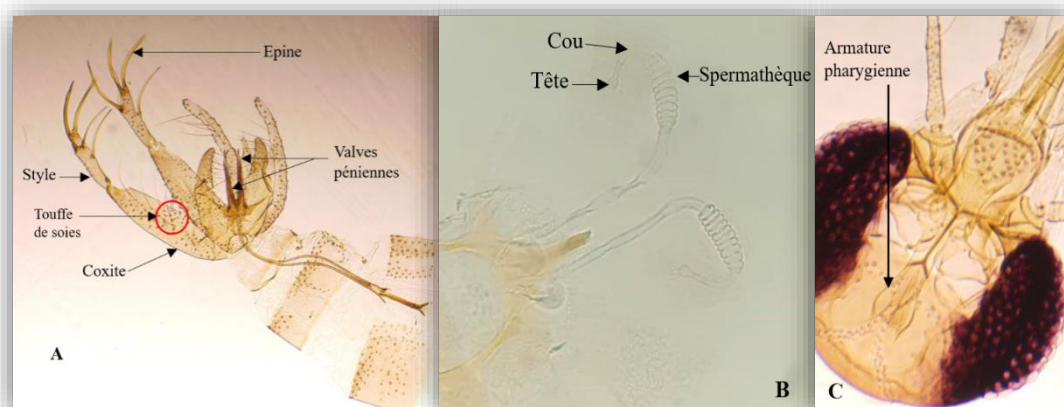


Figure 82: Critères d'identification du sous-genre Larroussious ; (A) Génitalia mâle (x10), (B) spermathèque femelle (x40), (C) pharynx (x10) (photos personnelles).

3.2.2.1.1. *Phlebotomus (Larroussious) perniciosus*

Phlebotomus perniciosus est une espèce de phlébotome endémique du bassin méditerranéen, largement impliquée dans la transmission de *Leishmania infantum*, agent de la leishmaniose viscérale humaine et canine (Benabid et al., 2017). Elle montre une grande adaptabilité écologique et se développe aussi bien dans les habitats naturels qu'anthropisés, avec une préférence pour les milieux périurbains et les abris d'animaux (Zarrouk et al., 2022). Cette espèce présente une activité saisonnière marquée, généralement biphasique, avec deux pics d'abondance observés entre mai et septembre selon les conditions locales (Cotteaux-Lautard et al., 2016). En Afrique du Nord, *P. perniciosus* est largement distribué, avec une dominance dans les zones humides et subhumides, bien qu'il puisse également être rencontré dans des régions plus arides, où il devient moins fréquent (Zarrouk et al., 2015). Opportuniste dans ses choix trophiques, il se nourrit sur une grande diversité d'hôtes, incluant les humains, les chiens, les volailles et les ruminants, ce qui favorise la transmission du parasite (Remadi et al., 2020). Des études ont également révélé la complexité génétique de cette espèce, composée de formes typiques et atypiques, parfois en sympatrie avec *Phlebotomus longicuspis*, compliquant son identification précise et son rôle vectoriel local (Gijón-Robles et al., 2023).

- Description morphologique

Sur le plan morphologique, *Phlebotomus perniciosus* présente un dimorphisme sexuel notable.

Chez le mâle, les valves pénienues se distinguent par deux configurations : une forme typique à extrémité bifurquée (**a**) (Fig. 83 A) et une forme atypique à pointe unique (**b**) (Fig. 83 B). Le coxite porte une touffe médiane de soies, dont le nombre varie de 10 à 17, ce qui constitue un caractère distinctif important dans l'identification de l'espèce.

Chez la femelle, la spermathèque est annelée, composée de 9 à 11 anneaux, et munie d'un long col grêle dont le diamètre diminue progressivement de la base vers l'extrémité distale, se terminant par une tête arrondie (**c**). Le conduit spermathecal, quant à lui, est strié transversalement et conserve un calibre uniforme sur toute sa longueur. La base d'insertion des conduits latéraux adopte une forme auriculaire, facilement reconnaissable à l'observation microscopique (**d**) (Fig. 83 C).

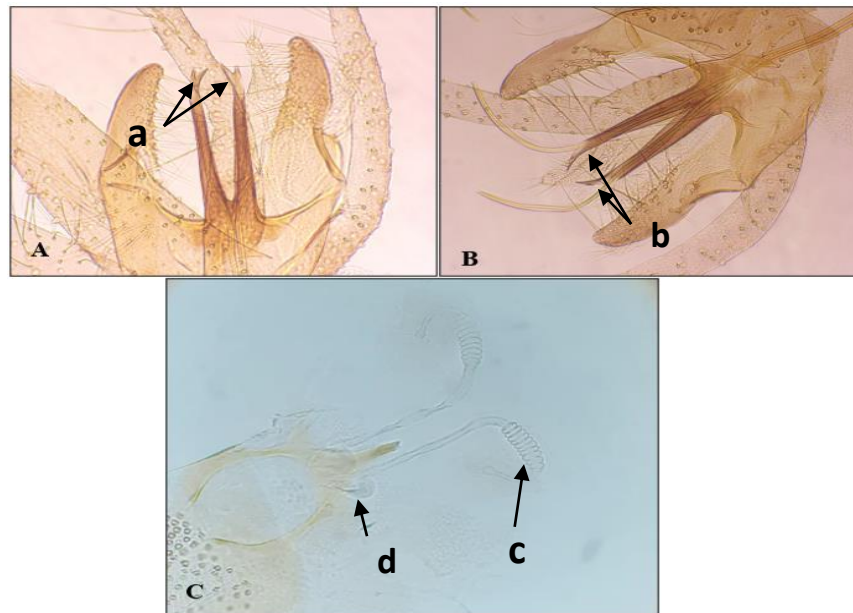


Figure 83 : Critères d'identification de *Phlebotomus perniciosus* ; (A) valves pénienues forme typique, (B) valves pénienues forme atypique, (C) spermathèque femelle (x40) (photos personnelles).

- Etude morphométrique

Les mesures ont été effectuées sur des exemplaires (8 mâles et 8 femelles) sélectionnés aléatoirement dans différents sites d'étude.

Tableau 21 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des mâles *Phlebotomus perniciosus*.

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,165	0,026
Largeur pharynx (l PH)	0,132	0,010
Distance inter-oculaire (DIO)	0,218	0,015
Longueur cibarium (L ci)	0,100	0,035
Largeur cibarium (l ci)	0,087	0,031
Longueur clypeus (L cl)	0,08	0,029
Largeur clypeus (lcl)	0,073	0,010
Epipharynx E	0,22	0,009
A3	0,276	0,005
A4	0,13	0,007
A5	0,117	0,011
A3/ A4 + A5	2,249	0,147
A3/E	1,258	0,069

Palpe 1	0,107	0,016
Palpe 2	0,136	0,010
Palpe 3	0,146	0,009
Palpe 4	0,14	0,007
Palpe 5	0,356	0,043
Aile		
Longueur aile (L)	1,713	0,051
Largeur aile (l)	0,502	0,027
L/l	3,423	0,271
Alpha (α)	0,305	0,017
Sigma (δ)	0,058	0,024
Beta (β)	0,203	0,029
Gamma (γ)	0,345	0,019
Pi (π)	0,073	0,022
α / β	1,517	0,175
δ / α	0,196	0,089
l / gamma	1,461	0,121
Génitalia		
Longueur coxite (L cox)	0,277	0,008
Nombre de soi (NS)	13,25	1,908
Longueur style (L st)	0,125	0,011
L coxite / L style (L cox/L st)	5,048	1,036
Longueur surstyle (L sur)	0,297	0,016
L coxite / L surstyle (L cox/L sur)	0,876	0,104
Longueur paramère (L pa)	0,175	0,010
Valve peniène (vp)	0,126	0,005
Paviillon génétal (pg)	0,025	0,005
Piston (pis)	0,073	0,005
Pompe (po)	0,027	0,004
Filament génital (fg)	0,281	0,067

Tableau 22 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles *Phlebotomus perniciosus*.

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,158	0,015
Largeur pharynx (l PH)	0,076	0,014
Distance inter-oculaire (DIO)	0,2	0,044
Longueur cibarium (L ci)	0,123	0,011
Largeur cibarium (l ci)	0,116	0,015
Longueur clypeus (L cl)	0,088	0,009
Largeur clypeus (lcl)	0,078	0,021
Epipharynx E	0,275	0,026
A3	0,238	0,021
A4	0,107	0,004
A5	0,106	0,007
A3/ A4 + A5	2,328	0,195
A3/E	0,872	0,087
Palpe 1	0,096	0,016
Palpe 2	0,201	0,013
Palpe 3	0,168	0,008
Palpe 4	0,145	0,013
Palpe 5	0,388	0,034

Aile		
Longueur aile (L)	2,096	0,154
Largeur aile (l)	0,621	0,052
L/l	3,384	0,238
Alpha (α)	0,402	0,054
Sigma (δ)	0,11	0,037
Beta (β)	0,272	0,036
Gamma (γ)	0,407	0,031
Pi (π)	0,072	0,036
α / β	1,497	0,251
δ / α	0,269	0,070
l / gamma	1,532	0,168
Génitalia		
Longueur spermathèque (Lsper)	0.032	0.05
Largeur spermathèque (l sper)	0.012	0.0008

3.2.2.1.2. *Phlebotomus (Larroussius) longicuspis*

Phlebotomus (Larroussius) longicuspis est une espèce de phlébotome largement répartie en Afrique du Nord et en Méditerranée occidentale. Elle est souvent sympatrique avec *Ph. perniciosus*, ce qui rend leur distinction difficile, notamment en raison de leur proximité génétique et de formes morphologiquement intermédiaires (Gijón-Robles et al., 2023). L'espèce est reconnue comme un vecteur potentiel de *Leishmania infantum*, en particulier dans les zones endémiques de la leishmaniose viscérale comme au Maroc, en Algérie et en Tunisie (Zarrouk et al., 2015), (Berdjane-Brouk et al., 2012). En Algérie, *Ph. longicuspis* a été isolé dans plusieurs foyers de leishmaniose viscérale, notamment en Kabylie, où sa capacité vectorielle a été confirmée par la détection de l'ADN de *L. infantum* chez des spécimens femelles (Berdjane-Brouk et al., 2012). L'espèce présente une grande diversité génétique, comprenant au moins deux formes (LCss et LCx), souvent rencontrées en sympatrie avec des populations de *Ph. perniciosus*, ce qui complexifie leur rôle respectif dans la transmission (Pesson et al., 2004). Sur le plan écologique, *Ph. longicuspis* montre une forte plasticité, colonisant des habitats variés, depuis les zones côtières humides jusqu'aux régions arides de l'intérieur (Zarrouk et al., 2022).

- Description morphologique

Le mâle de *P. longicuspis* a une valve pénienne avec une pointe longue, légèrement incurvée et une touffe de 21 à 31 soies médianes sur le coxite **(a)** (fig. 84 A).

Phlebotomus longicuspis femelle est morphologiquement semblable à *P. perniciosus* femelle, elle a une spermathèque annelée de 9 à 10 anneaux, terminée par un long cou et une petite tête ovale **(b)**. Les conduits semblent être réfractifs à leurs extrémités distales avec une grande lumière cordiforme **(c)** (fig. 84 B).

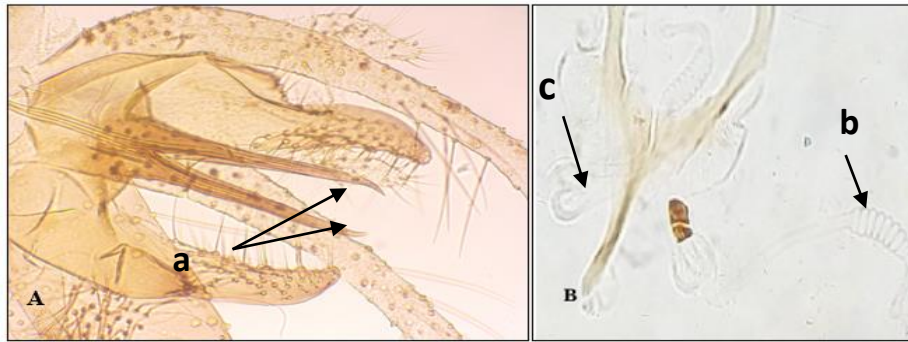


Figure 84 : Critères d'identification de *Phlebotomus longicuspis* ; (A) valves péniennes, (B) spermathèque femelle (x40) (photos personnelles).

- Etude morphométrique

Les mensurations ont été effectuées sur des exemplaires (8 mâles et 8 femelles) sélectionnés aléatoirement dans différents sites d'étude

Tableau 23: Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des mâles *Phlebotomus longicuspis*.

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,155	0,023
Largeur pharynx (l PH)	0,063	0,015
Distance inter-oculaire (DIO)	0,132	0,046
Longueur cibarium (L ci)	0,122	0,014
Largeur cibarium (l ci)	0,092	0,014
Longueur clypeus (L cl)	0,085	0,013
Largeur clypeus (lcl)	0,068	0,011
Epipharynx E	0,227	0,023
A3	0,28	0,019
A4	0,131	0,014
A5	0,127	0,017
A 3/ A 4 + A 5	2,275	0,183
A 3/E	1,238	0,114
Palpe 1	0,083	0,014
Palpe 2	0,162	0,012
Palpe 3	0,155	0,016
Palpe 4	0,142	0,011
Palpe 5	0,366	0,013
Aile		
Longueur aile (L)	1,813	0,103
Largeur aile (l)	0,531	0,034
L/l	3,419	0,170
Alpha (α)	0,36	0,033
Sigma (δ)	0,09	0,023
Beta (β)	0,232	0,031
Gamma (γ)	0,53	0,072
Pi (π)	0,078	0,039
α / β	1,579	0,305
δ / α	0,248	0,053
l / gamma	1,015	0,122
Génitalia		
Longueur coxite (L cox)	0,331	0,108

Nombre de soi (NS)	14,25	4,200
Longueur style (L st)	0,171	0,100
L coxite / L style (L cox/L st)	4,549	1,824
Longueur surstyle (L sur)	0,308	0,033
L coxite / L surstyle (L cox/L sur)	1,172	0,600
Longueur paramètre (L pa)	0,208	0,037
Valve pennière (vp)	0,152	0,027
Paviillon génétal (pg)	0,033	0,005
Piston (pis)	0,09	0,016
Pompe (po)	0,027	0,008
Filament génital (fg)	0,22	0,061

Tableau 24 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles *Phlebotomus longicuspis*.

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,167	0,012
Largeur pharynx (l PH)	0,08	0,013
Distance inter-oculaire (DIO)	0,241	0,025
Longueur cibarium (L ci)	0,121	0,008
Largeur cibarium (l ci)	0,122	0,008
Longueur clypeus (L cl)	0,185	0,288
Largeur clypeus (lcl)	0,081	0,016
Epipharynx E	0,295	0,016
A3	0,318	0,021
A4	0,117	0,008
A5	0,122	0,010
A 3/ A 4 + A 5	2,849	0,285
A 3/E	1,083	0,097
Palpe 1	0,115	0,014
Palpe 2	0,221	0,013
Palpe 3	0,163	0,018
Palpe 4	0,148	0,011
Palpe 5	0,39	0,018
Aile		
Longueur aile (L)	2,232	0,091
Largeur aile (l)	0,635	0,080
L/l	3,575	0,576
Alpha (α)	0,43	0,032
Sigma (δ)	0,205	0,028
Beta (β)	0,27	0,030
Gamma (γ)	0,405	0,030
Pi (π)	0,05	0,018
α / β	1,606	0,184
δ / α	0,477	0,061
l / gamma	1,581	0,268
Génitalia		

Longueur spermathèque (Lsper)	0,03	0,005
Largeur spermathèque (l sper)	0.012	0.006

Statistiquement, les résultats de test de Mann-Whitney de différents caractères morphométriques ont montré des différences significatives entre les populations de *P. perniciosus* et *P. longicuspis* ($P < 0,05$).

Tableau 25 : Analyse statistiques des mesures morphométriques pour les mâles de *P. perniciosus* et *P. longicuspis*, les valeurs de P sont indiquées par test de Mann-Whitney.

Paramètres morphométriques	L ph	I PH	DIO	L ci	I ci	L cl	lcl	E	A3	A4	
Valeur de P	0.187	0.0009	0.0009	0.0013	0.493	0.492	0.430	0.400	1.000	0.711	
Paramètres morphométriques	A5	A3/ A4 + A5	A3/E	Palpe 1	Palpe 2	Palpe 3	Palpe 4	Palpe 5	L	I	
Valeur de P	0.0026	0.598	0.635	0.0009	0.013	0.494	0.316	0.832	0.0009	0.206	
Paramètres morphométriques	L/I	α	δ	β	Σ	π	α / β	δ / α	I / gamma	L cox	
Valeur de P	0.010	0.0027	0.598	0.0009	0.0009	0.428	0.0009	0.00016	0.0009	0.0073	
Paramètres morphométriques	NS	L st	L cox/L st	L sur	L cox/L sur	L pa	vp	l pg	pis	po	fg
Valeur de P	0.0009	0.0062	0.0009	0.103	0.0009	0.0009	0.169	0.631	0.023	0.455	0.090

Chez les mâles, les tests de Mann–Whitney ont révélé des différences morphométriques significatives entre les deux populations (PN et LC) pour un total de 21 caractères ($p < 0,05$). Ces différences concernent la longueur (L PH) et la largeur du pharynx (l PH), la longueur (L cl) et la largeur du clypeus (l cl), ainsi que la longueur du troisième segment antennaire (A3) et les rapports A3/E et A3/(A4 + A5). Des différences significatives ont également été observées pour la longueur du premier article du palpe (Palpe 1), la longueur de l’aile (L aile), le rapport longueur/largeur de l’aile (L/I), ainsi que pour les rapports δ/α , α/β , l/δ , E (indice alaire) et π (Pi) (rapport morphométrique alaire). Les caractères génitaux mâles présentent aussi des différences marquées entre les deux populations, notamment la longueur du style (L Stylet), du surstyle (L Surstylet), de la paramère (L Paramère), de la valve pénienne (L Valve pénienne) et du filament génital (L Filament génital), ainsi que le nombre de soies (N soies). Ces résultats mettent en évidence une différenciation morphométrique nette entre les mâles des deux populations, touchant à la fois les structures céphaliques, antennaires, alaires et génitales.

Tableau 26: Analyse statistiques des mesures morphométriques pour les femelles de *P. perniciosus* et *P. longicuspis*, les valeurs de P sont indiquées par test de Mann-Whitney.

Paramètres morphométriques	L ph	I PH	DIO	L ci	I ci	L cl	lcl	E	A3	A4
Valeur de P	0.0394	0.0428	0.1028	0.6731	0.1025	0.0009	0.0134	0.0009	0.0009	1.0000
Paramètres morphométriques	A5	A3/ A4 + A5	A3/E	Palpe 1	Palpe 2	Palpe 3	Palpe 4	Palpe 5	L	I
Valeur de P	0.4302	0.0009	0.0009	0.0009	0.3166	0.3674	0.6701	0.5586	0.0009	0.7917
Paramètres morphométriques	L/I	α	δ	β	Σ	π	α / β	δ / α	I / gamma	L sper
Valeur de P	0.0009	0.1122	0.0009	0.5234	0.8325	0.0397	0.3170	0.0009	0.5252	0.6237
Paramètres morphométriques	I sper									
Valeur de P	0.7889									

Chez les femelles, les tests de Mann–Whitney ont révélé des différences morphométriques significatives entre les deux populations (PN et LC) pour plusieurs caractères ($p < 0,05$). Les différences concernent principalement la longueur du pharynx (L PH) et sa largeur (I PH), la longueur du clypeus (Lcl), la largeur du clypeus (l cl), Epipharynx (E), ainsi que la longueur du troisième segment antennaire (A3), le rapport A3/ A4 + A5, et le rapport A3/E (rapport entre la longueur du segment A3 et celle du segment E). Des différences significatives ont également été observées pour la longueur du premier article du palpe (Palpe 1), la longueur de l’aile (L aile), le rapport longueur/largeur de l’aile (L/I), ainsi que pour δ et les rapports δ/α , et π (Pi) (rapport morphométrique ailaire). Ces variations indiquent une différenciation morphométrique notable entre les femelles des deux populations, touchant principalement les structures céphaliques, antennaires et alaires.

Les espèces *Phlebotomus perniciosus* et *Phlebotomus longicuspis* appartiennent toutes deux au sous-genre *Larroussius* et présentent une grande similarité morphologique, rendant leur différenciation souvent délicate. Chez les mâles, la distinction classique repose principalement sur la forme des valves génitales, bifurquées chez *P. perniciosus* et allongées, effilées chez *P. longicuspis* (Bounamous , 2008).

Dans la présente étude, l’analyse morphométrique réalisée chez les mâles à l’aide du test de Mann–Whitney a mis en évidence des différences significatives entre les deux populations (PN et LC) pour un total de 21 caractères ($p < 0,05$). Les paramètres présentant des variations notables concernent la longueur (L_PH) et la largeur du pharynx (I_PH), la longueur (L_cl) et la largeur du clypeus (l_cl), la longueur du troisième segment antennaire (A3) ainsi que les rapports A3/E et A3/(A4 + A5). Des

différences significatives ont également été observées pour la longueur du premier article du palpe (Palpe_1), la longueur de l'aile (L_aile), le rapport longueur/largeur de l'aile (L/l) et plusieurs rapports morphométriques tels que δ/α , α/β , $1/\delta$, E (indice alaire) et π (Pi). Les caractères génitaux mâles se sont aussi révélés discriminants entre les deux populations, notamment la longueur du style (L_st), du surstyle (L_sst), de la paramère (L_pa), de la valve pénienne (L_vp) et du filament génital (L_fg), ainsi que le nombre de soies (N_soies). Ces résultats suggèrent que ces caractères, en particulier ceux liés aux structures céphaliques, alaires et génitales, constituent des critères fiables pour distinguer les mâles des deux populations étudiées. En revanche, certains autres caractères ne montrent pas de différence statistiquement significative, indiquant qu'ils ne jouent pas un rôle majeur dans la différenciation morphologique entre PN et LC.

Chez les femelles, les tests de Mann–Whitney ont mis en évidence des différences morphométriques significatives entre les deux populations (PN et LC) pour plusieurs caractères ($p < 0,05$). Les variations les plus marquées concernent la longueur (L_PH) et la largeur du pharynx (l_PH), la longueur (L_cl) et la largeur du clypeus (l_cl), ainsi que la longueur de l'épipharynx (E). Des différences significatives ont également été observées au niveau de la longueur du troisième segment antennaire (A3), du rapport $A3/(A4 + A5)$ et du rapport $A3/E$, traduisant une variabilité dans la morphologie antennaire entre les deux populations. Les différences relevées s'étendent aussi à la longueur du premier article du palpe (Palpe_1), à la longueur de l'aile (L_aile), au rapport longueur/largeur de l'aile (L/l), ainsi qu'à certains indices morphométriques tels que δ (Sigma), δ/α et π (Pi). Ces résultats suggèrent une différenciation morphométrique notable entre les femelles de PN et de LC, touchant principalement les structures céphaliques, antennaires et alaires. Ainsi, bien que les femelles des deux espèces présentent une grande similarité morphologique générale, les paramètres L_PH, A3, L_aile et δ/α apparaissent comme des caractères discriminants fiables pour leur distinction. Ces observations rejoignent celles de travaux antérieurs qui ont mis en évidence la valeur taxonomique des caractères céphaliques et alaires dans la séparation des espèces du sous-genre *Larroussius* en région nord-africaine. Ces résultats confirment que, malgré leur forte similarité morphologique, certaines structures génitales et appendiculaires demeurent utiles pour la discrimination des espèces du sous-genre *Larroussius*. Ainsi, les caractères L_cox et L_st chez les mâles, et L_ph chez les femelles, peuvent être considérés comme les plus discriminants entre *P. perniciosus* et *P. longicuspis* en Algérie, en accord avec les travaux de Berchi et al. (2007) et Amira. (2022).

3.2.2.1.3. *Phlebotomus (Larroussius) perfiliewi*

Phlebotomus perfiliewi est une espèce de phlébotome largement distribuée dans le bassin méditerranéen, connue comme l'un des principaux vecteurs de *Leishmania infantum*, l'agent de la leishmaniose viscérale zoonotique (González et al., 2023). Longtemps limitée aux zones humides et subhumides du nord de la Tunisie, son extension récente vers des zones arides a été favorisée par le développement de l'irrigation, qui crée de nouvelles niches écologiques propices à sa prolifération (Barhoumi et al., 2012), (Barhoumi et al., 2015). Des infections naturelles par *L. infantum* ont été observées chez cette espèce, confirmant son rôle épidémiologique dans plusieurs foyers de leishmaniose, notamment en Italie et en Tunisie (Maroli et al., 1987), (Remadi et al., 2020). En Algérie, bien que moins abondante que *P. perniciosus*, sa présence est régulièrement rapportée dans certaines régions du Nord-Est comme le Constantinois (Ramdane & Berchi, 2018). Par ailleurs, cette

espèce montre une variabilité génétique importante selon les régions, ce qui pourrait influencer sa compétence vectorielle (Chelbi et al., 2022).

- Description morphologique

Le génitalia mâle de *P. perfiliewi* se caractérise par valve pénienne à pavillon large, et à extrémité distale spatulée, et la présence d'une série de denticulations sur le bord externe. Le coxite porte 14 à 20 soies sur sa face interne **(a)** (fig. 85 A).

La spermathèque de *P. perfiliewi* femelle est de 14 à 17 anneaux, munie d'un cou grêle rétréci prolonge par une petite tête ovale. Les conduits émanent dans des poches de taille importante **(b)** (fig. 85 B).

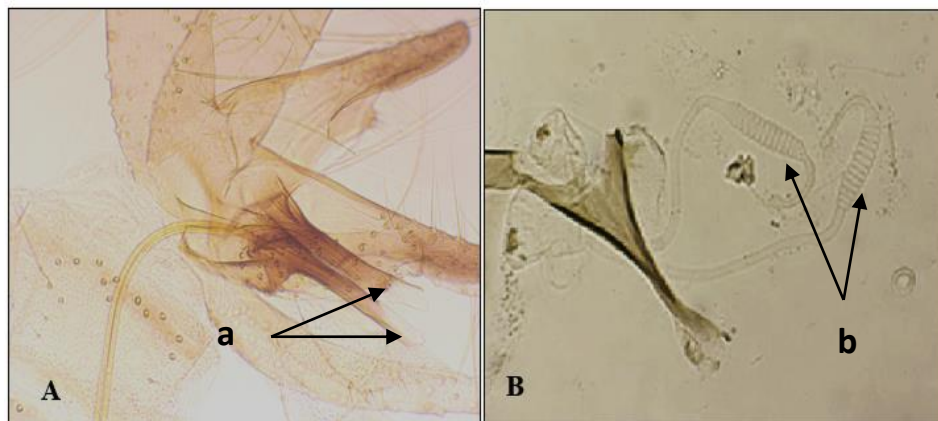


Figure 85 : Critères d'identification de *Phlebotomus perfiliewi* ; (A) valves péniennes, (B) spermathèque femelle (x40) (photos personnelles).

- Etude morphométrique

Les mesures ont été effectuées sur des exemplaires (8 mâles et 8 femelles) sélectionnés aléatoirement dans différents sites d'étude

Tableau 27 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des mâles *Phlebotomus perfiliewi*.

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,16	0,039
Largeur pharynx (l PH)	0,116	0,015
Distance inter-oculaire (DIO)	0,222	0,031
Longueur cibarium (L ci)	0,13	0,013
Largeur cibarium (l ci)	0,111	0,014
Longueur clypeus (L cl)	0,103	0,010
Largeur clypeus (lcl)	0,082	0,010
Epipharynx E	0,235	0,032
A3	0,265	0,031
A4	0,12	0,010
A5	0,118	0,011
A 3/ A 4 + A 5	2,323	0,113
A 3/E	1,133	0,083
Palpe 1	0,085	0,016
Palpe 2	0,148	0,018
Palpe 3	0,152	0,017
Palpe 4	0,132	0,016
Palpe 5	0,353	0,058

Aile		
Longueur aile (L)	1,783	0,090
Largeur aile (l)	0,563	0,041
L/l	3,174	0,212
Alpha (α)	0,348	0,048
Sigma (δ)	0,077	0,024
Beta (β)	0,211	0,022
Gamma (γ)	0,373	0,020
Pi (π)	0,046	0,015
α / β	1,649	0,134
δ / α	0,218	0,051
l / gamma	1,512	0,136
Génitalia		
Longueur coxite (L cox)	0,273	0,015
Nombre de soi (NS)	20,875	1,552
Longueur style (L st)	0,138	0,012
L coxite / L style (L cox/L st)	3,933	0,478
Longueur surstyle (L sur)	0,297	0,028
L coxite / L surstyle (L cox/L sur)	0,859	0,123
Longueur paramètre (L pa)	0,176	0,021
Valve pennière (vp)	0,122	0,010
Paviillon génétal (pg)	0,031	0,003
Piston (pis)	0,077	0,007
Pompe (po)	0,028	0,003
Filament génital (fg)	0,32	0,071

Tableau 28 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles *Phlebotomus perfiliewi*.

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,17	0,016
Largeur pharynx (l PH)	0,065	0,015
Distance inter-oculaire (DIO)	0,152	0,022
Longueur cibarium (L ci)	0,125	0,011
Largeur cibarium (l ci)	0,12	0,013
Longueur clypeus (L cl)	0,078	0,011
Largeur clypeus (lcl)	0,068	0,012
Epipharynx E	0,332	0,015
A3	0,278	0,024
A4	0,117	0,013
A5	0,118	0,014
A 3/ A 4 + A 5	2,521	0,355
A 3/E	0,839	0,072
Palpe 1	0,138	0,017
Palpe 2	0,243	0,018
Palpe 3	0,191	0,016
Palpe 4	0,168	0,011
Palpe 5	0,425	0,026
Aile		
Longueur aile (L)	2,27	0,160

Largeur aile (l)	0,691	0,084
L/l	3,307	0,260
Alpha (α)	0,516	0,037
Sigma (δ)	0,153	0,013
Beta (β)	0,33	0,022
Gamma (γ)	0,358	0,041
Pi (π)	0,078	0,024
α / β	1,572	0,177
δ / α	0,298	0,021
l / gamma	1,967	0,439

3.2.2.1.4. *Phlebotomus (Larroussious) chadlii*

Phlebotomus chadlii est une espèce endémique d'Afrique du Nord, rapportée dans plusieurs régions de Tunisie, d'Algérie et du Maroc. En Algérie, cette espèce a été capturée à Hammam Melouane et dans le Tell, couvrant la Grande Kabylie, la région constantinoise et l'Oranie, tandis que les Aurès constituent sa limite méridionale la plus connue. Elle est principalement présente dans les étages bioclimatiques humide et subhumide, mais peut également se rencontrer dans l'étage semi-aride (Dedet et al., 1984).

- Description morphologique

Le génital mâle de *Phlebotomus chadlii* est morphologiquement similaire à celui de *P. ariasi*, bien qu'il soit plus volumineux. Les valves présentent une forme de battant de cloche, plus courtes, trapues et gonflées que celles de *P. ariasi* (**a**). La face interne du coxite porte une touffe importante de soies, allant de 71 à 80, ce qui le distingue nettement de *P. ariasi*, dont le coxite ne possède que moins de 32 soies (Fig. 86 A).

La spermathèque comporte une partie évasée du conduit, plus large et lisse. Le corps en manchon est composé de 13 anneaux, le premier et le dernier étant plus larges que les intermédiaires (**b**). Le col, trapu, représente environ un cinquième du corps et se termine par une tête subarrondie, légèrement plus large que le col et recouverte de soies. Les conduits sont indépendants sur toute leur longueur, lisses, dépourvus de réticules et présentent une dilatation sur les trois quarts basaux de leur longueur (Fig. 86 B).



Figure 86: Critères d'identification de *Phlebotomus chadlii*; (A) valves péniennes (x40) (photos personnelles), (B) spermathèque femelle ($\times 200$). (berdjan –brouk et al., 2011).

- Etude morphométrique

Les mesures ont été effectuées sur des exemplaires (8 mâles et 8 femelles) sélectionnés aléatoirement dans différents sites d'étude

Tableau 29 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles *Phlebotomus chadlii*.

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	219,06	3,34
Largeur pharynx (l PH)	45,29	2,99
Distance inter-oculaire (DIO)	179,20	1,23
Longueur cibarium (L ci)	92,65	2,09
Largeur cibarium (l ci)	62,87	1,67
Longueur clypeus (L cl)	152,17	2,76
Largeur clypeus (lcl)	115,83	1,99
Epipharynx E	293,14	1,45
A3	423,87	3,66
A4	187,88	1,73
A5	189,54	1,55
A 3/ A 4 + A 5	1,13	0,01
A 3/E	1,76	0,01
Palpe 1	36,58	3,34
Palpe 2	195,63	3,56
Palpe 3	177,23	8,59
Palpe 4	169,78	12,09
Palpe 5	439,89	3,57
Génitalia		
Longueur coxite (L cox)	401,79	4,09
Nombre de soi (NS)	64,67	3,89
Longueur style (L st)	189,29	2,11
L coxite / L style (L cox/L st)	2,56	0,01
Longueur surstyle (L sur)	379,78	14,90
L coxite / L surstyle (L cox/L sur)	1,06	0,03
Longueur paramètre (L pa)	278,02	13,05
Valve peniène (vp)	168,75	3,29
Paviillon génétal (pg)	27,90	2,49

Piston (pis)	123,72	2,87
Pompe (po)	143,01	0,82
Filament génital (fg)	434,90	11,08

Tableau 30 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des males *Phlebotomus chadlii*.

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,19	0,061
Largeur pharynx (l PH)	0,067	0,075
Distance inter-oculaire (DIO)	0,156	0,072
Longueur cibarium (L ci)	0,128	0,031
Largeur cibarium (l ci)	0,15	0,016
Longueur clypeus (L cl)	0,089	0,051
Largeur clypeus (lcl)	0,065	0,052
Epipharynx E	0,362	0,075
A3	0,246	0,044
A4	0,114	0,014
A5	0,118	0,015
A 3/ A 4 + A 5	2,561	0,455
A 3/E	0,676	0,078
Palpe 1	0,146	0,078
Palpe 2	0,247	0,017
Palpe 3	0,197	0,07
Palpe 4	0,177	0,071
Palpe 5	0,425	0,026
Aile		
Longueur aile (L)	2,27	0,160
Largeur aile (l)	0,697	0,074
L/l	3,607	0,270
Alpha (α)	0,566	0,077
Sigma (δ)	0,167	0,033
Beta (β)	0,33	0,072
Gamma (γ)	0,358	0,051
Pi (π)	0,058	0,024
α / β	1,652	0,187
δ / α	0,238	0,031
l / gamma	1,367	0,449

3.2.2.2. Sous-genre *Phlebotomus*

Les caractères morphologiques distinctifs du sous-genre *Phlebotomus* sont les suivants :

- Des pièces génitales de grande taille.

- Un style allongé et fin, muni de cinq épines : trois situées à l'extrémité, de forme spatulée, et deux implantées vers le milieu du segment.
- Des valves pénienues courtes, de forme conique.
- Un pharynx présentant un aspect réticulé en forme de réseau linéaire.
- Des spermathèques annelées, se terminant par un bouton terminal caractéristique.

3.2.2.2.1. *Phlebotomus (Phlebotomus) papatasi*

Phlebotomus papatasi est une espèce de phlébotome très répandue dans les zones arides et semi-arides d'Afrique du Nord, du Moyen-Orient et d'Asie centrale, où elle constitue le principal vecteur de *Leishmania major*, agent de la leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) (Killick-Kendrick et al., 1985). Cette espèce est fortement anthropophile et se retrouve aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des habitations, avec une préférence pour les abris d'animaux domestiques et les terriers de rongeurs, notamment *Rhombomys opimus*, réservoir majeur du parasite (Sofizadeh et al., 2017). En Iran, en Arabie Saoudite et en Algérie, la compétence vectorielle de *P. papatasi* vis-à-vis de *L. major* a été confirmée par la détection du parasite chez des spécimens femelles naturellement infectés (Izri et al., 1992), (Zahra et al., 2015). Sur le plan écologique, sa distribution est influencée par des facteurs comme l'altitude, la température et la couverture végétale, avec une activité saisonnière maximale observée durant les périodes sèches, notamment en été (Karmaoui, 2020). Par ailleurs, des études génétiques ont montré une faible différenciation entre les populations régionales, ce qui suggère une homogénéité de leur compétence vectorielle dans les différents foyers (Depaquit et al., 2008).

-Description morphologique

L'une des caractéristiques les plus distinctives de *Phlebotomus papatasi* est sa grande taille corporelle. Le mâle présente un appareil génital bien développé. Le style est long, grêle, et porte cinq épines courtes : trois situées à l'extrémité et deux subapicales, proches du milieu du segment **(a)**. La valve pénienne est courte, conique, avec un sommet émoussé **(b)**. Le coxite montre une touffe de 9 à 16 soies longues, accompagnée d'un petit lobe basal portant quelques soies courtes **(c)**. Ce lobe se termine par deux épines bien visibles.

Le paramère est trilobé :

- Un lobe ventral court se termine par une petite épine distale.
- Un lobe médian de forme digitiforme porte deux épines longues, aplaties et bien différenciées.
- Et un lobe dorsal nettement arqué, couvert de soies sur sa face concave (Fig. 87A, B).

Chez la femelle, la spermathèque est dépourvue de col, formée de 7 à 10 anneaux bien visibles **(d)** (Fig. 87 C). Le pharynx postérieur est armé d'une zone de dents irrégulières, écailleuses, variant par leur forme et leur disposition.

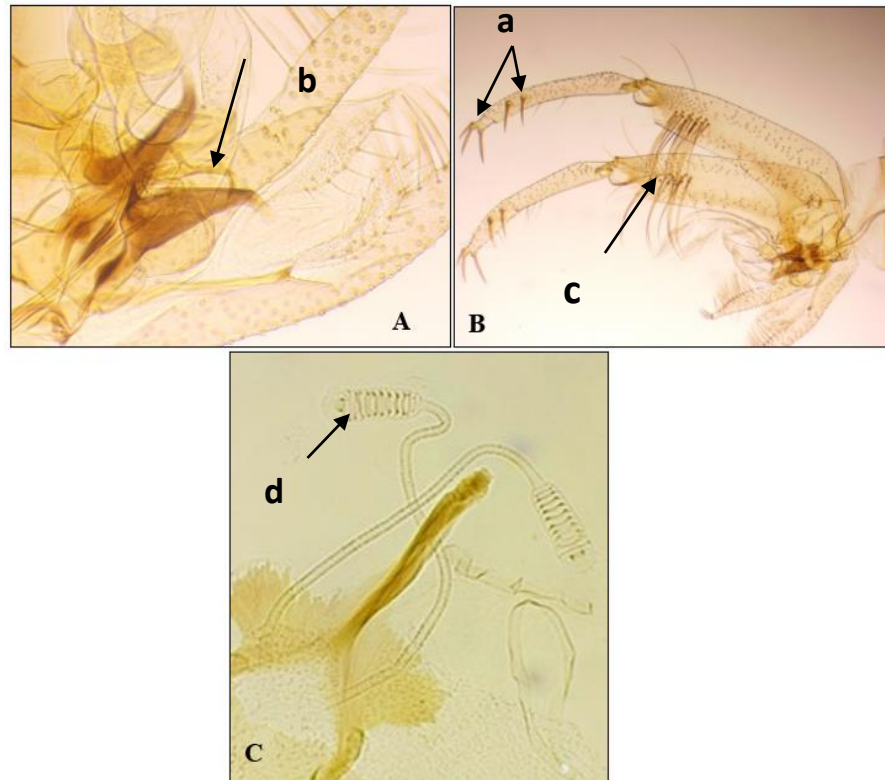


Figure 87 : Critères d'identification de *Phlebotomus papatasi* ; (A) valves pénienues (x40), (B) génitalia mâle (x10), (C) spermathèque femelle (x40) (photos personnelles).

- Etude morphométrique

Les mensurations ont été effectuées sur des exemplaires (8 mâles et 8 femelles) sélectionnés aléatoirement dans différents sites d'étude

Tableau 31 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des mâles *Phlebotomus papatasi*.

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,166	0,023
Largeur pharynx (l PH)	0,087	0,010
Distance inter-oculaire (DIO)	0,17	0,029
Longueur cibarium (L ci)	0,133	0,014
Largeur cibarium (l ci)	0,11	0,010
Longueur clypeus (L cl)	0,085	0,009
Largeur clypeus (lcl)	0,072	0,007
Epipharynx E	0,267	0,024
A3	0,296	0,036
A4	0,162	0,016
A5	0,16	0,015
A 3/ A 4 + A 5	1,980	0,092
A 3/E	1,106	0,089
Palpe 1	0,116	0,018
Palpe 2	0,18	0,018
Palpe 3	0,195	0,014
Palpe 4	0,15	0,014
Palpe 5	0,328	0,049
Aile		
Longueur aile (L)	2,082	0,350

Largeur aile (l)	0,565	0,053
L/l	3,705	0,615
Alpha (α)	0,39	0,047
Sigma (δ)	0,072	0,045
Beta (β)	0,297	0,040
Gamma (γ)	0,48	0,088
Pi (π)	0,131	0,026
α / β	1,320	0,156
δ / α	0,182	0,102
l / gamma	1,200	0,184
Génitalia		
Longueur coxite (L cox)	0,585	0,025
Nombre de soi (NS)	13,125	2,799
Longueur style (L st)	0,42	0,028
L coxite / L style (L cox/L st)	1,951	0,172
Longueur surstyle (L sur)	0,26	0,030
L coxite / L surstyle (L cox/L sur)	5,269	1,286
Longueur paramètre (L pa)	0,153	0,017
Valve peniène (vp)	0,126	0,014
Pavillon génétal (pg)	0,048	0,006
Piston (pis)	0,125	0,016
Pompe (po)	0,036	0,007
Filament génétal (fg)	0,251	0,029

Tableau 32 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles *Phlebotomus papatasi*.

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,17	0,015
Largeur pharynx (l PH)	0,072	0,012
Distance inter-oculaire (DIO)	0,24	0,038
Longueur cibarium (L ci)	0,141	0,012
Largeur cibarium (l ci)	0,096	0,016
Longueur clypeus (L cl)	0,08	0,009
Largeur clypeus (lcl)	0,083	0,013
Epipharynx E	0,353	0,026
A3	0,235	0,007
A4	0,118	0,008
A5	0,123	0,010
A 3/ A 4 + A 5	2,109	0,123
A 3/E	0,668	0,067
Palpe 1	0,155	0,014
Palpe 2	0,186	0,014
Palpe 3	0,213	0,015
Palpe 4	0,131	0,013
Palpe 5	0,311	0,048
Aile		
Longueur aile (L)	2,317	0,077
Largeur aile (l)	0,62	0,093
L/l	3,819	0,632
Alpha (α)	0,371	0,026
Sigma (δ)	0,077	0,014

Beta (β)	0,321	0,031
Gamma (γ)	0,446	0,042
Pi (π)	0,101	0,025
α / β	1,161	0,100
δ / α	0,208	0,037
1 / gamma	1,405	0,278

3.2.2.3. Sous-genre *Sergentomyia*

Le sous-genre *Sergentomyia* se distingue des autres phlébotomes par un ensemble de caractéristiques morphologiques spécifiques. Chez les mâles, les pièces génitales sont relativement simples, avec un style fin muni de 3 à 4 soies terminales, et un surstyle généralement droit ou légèrement incurvé. Le coxite présente une touffe de soies médianes peu dense ou parfois absente. Chez les femelles, la spermathèque est typiquement formée d'anneaux bien distincts, souvent de forme annelée ou striée, avec un canal de jonction court et un col mince. Les palpes sont bien développés, et la formule palpaire typique est souvent du type 1,4,2,3,5 ou variations proches. L'antenne présente un anneau ascoïde double sur les articles flagellaires, ce qui constitue un critère important dans le diagnostic du genre. Une autre caractéristique importante est la présence d'un cibarium armé de dents ou de denticules chez la plupart des espèces, souvent associé à une armature pharyngienne développée.

Ces critères, combinés à l'examen des pièces buccales et des ailes, permettent une identification fiable des espèces appartenant au sous-genre *Sergentomyia*, particulièrement en zone endémique de leishmaniose.

3.2.2.3.1. *Sergentomyia (Sergentomyia) minuta*

Sergentomyia minuta est une espèce de phlébotome largement répandue dans le bassin méditerranéen, historiquement considérée comme herpétophile. Toutefois, plusieurs études ont démontré sa capacité à se nourrir aussi sur des mammifères, y compris l'humain, et à héberger des ADN de *Leishmania infantum* et *Leishmania major*, ce qui suggère un rôle vectoriel potentiel encore débattu (Jaouadi et al., 2015), (Campino et al., 2013), (Pereira et al., 2017). Sa distribution et son abondance sont fortement influencées par les facteurs climatiques (température, humidité, précipitations), et elle peut être présente dans des habitats variés, urbains ou ruraux (Pasini et al., 2020), (Daoudi et al., 2020). La détection du virus Toscana dans cette espèce souligne également son importance possible dans la transmission d'autres agents pathogènes (Charrel et al., 2006).

- Description morphologique

Sergentomyia minuta est une espèce de petite taille, typique des régions méditerranéennes, et l'une des plus abondantes du sous-genre *Sergentomyia*. Chez la femelle, l'identification repose principalement sur la morphologie de la spermathèque (fig. 88 B), qui est annelée, composée d'anneaux serrés, avec un canal spermathecal mince et faiblement différencié **(e)**. Le cibarium présente une armature distincte, généralement formée de plusieurs dents bien visibles, accompagnées d'une zone pigmentée **(d)**. Les palpes sont bien développés avec une formule palpaire usuelle de type 1, 4, 2, 3, 5 **(c)**. Les ailes sont étroites, avec des nervures claires et bien définies. (Fig. 88D).

Chez le mâle, le style est fin et droit, pourvu de quatre soies terminales (**b**), et le surstyle est allongé, lisse, sans expansions ni crochets. Le coxite contient une touffe médiane de soies peu dense (**a**). L'examen des pièces génitales internes est également crucial pour différencier *S. minuta* des espèces proches.(Fig. 88 A). L'espèce se distingue aussi par sa petite taille (souvent <2 mm), sa couleur brun clair à grisâtre, et sa préférence pour les habitats chauds et secs, souvent en milieu rural ou semi-urbain.

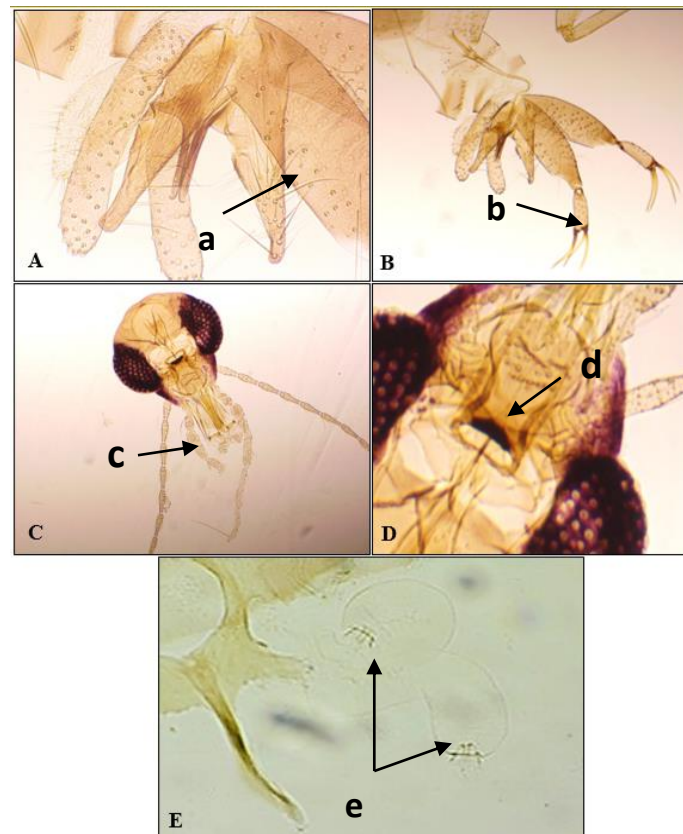


Figure 88 : Critères d'identification de *Sergentomyia minuta* ; (A) valves péniennes (x40) (B) genitalia male (x10), (C) tête femelle (x10), (D) cibarium (x10), (E) spermathèque femelle (x40) (photos personnelles).

- Etude morphométrique

Les mensurations ont été effectuées sur des exemplaires (8 mâles et 8 femelles) sélectionnés aléatoirement dans différents sites d'étude.

Tableau 33: Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des mâles *Sergentomyia minuta*.

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,143	0,018
Largeur pharynx (l PH)	0,075	0,016
Distance inter-oculaire (DIO)	0,158	0,021
Longueur cibarium (L ci)	0,098	0,007
Largeur cibarium (l ci)	0,093	0,010
Longueur clypeus (L cl)	0,076	0,013
Largeur clypeus (lcl)	0,066	0,005
Epipharynx E	0,151	0,014
A3	0,145	0,013
A4	0,086	0,008

A5	0,088	0,004
A 3/ A 4 + A 5	1,775	0,244
A 3/E	0,961	0,102
Palpe 1	0,101	0,007
Palpe 2	0,095	0,010
Palpe 3	0,125	0,005
Palpe 4	0,121	0,009
Palpe 5	0,276	0,015
Aile		
Longueur aile (L)	1,483	0,166
Largeur aile (l)	0,348	0,035
L/l	4,258	0,209
Alpha (α)	0,22	0,044
Sigma (δ)	0,073	0,045
Beta (β)	0,298	0,028
Gamma (γ)	0,338	0,064
Pi (π)	0,063	0,021
α / β	0,753	0,216
δ / α	0,311	0,146
l / gamma	1,071	0,292
Génitalia		
Longueur coxite (L cox)	0,233	0,021
Nombre de soi (NS)	9	1,264
Longueur style (L st)	0,098	0,009
L coxite / L style (L cox/L st)	5,705	0,920
Longueur surstyle (L sur)	0,206	0,019
L coxite / L surstyle (L cox/L sur)	1,298	0,268
Longueur paramètre (L pa)	0,121	0,007
Valve pennière (vp)	0,091	0,017
Paviillon génétal (pg)	0,018	0,004
Piston (pis)	0,063	0,010
Pompe (po)	0,02	0,006
Filament génital (fg)	0,226	0,057

Tableau 34 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles *Sergentomyia minuta*.

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,125	0,022
Largeur pharynx (l PH)	0,066	0,014
Distance inter-oculaire (DIO)	0,183	0,015
Longueur cibarium (L ci)	0,083	0,009
Largeur cibarium (l ci)	0,122	0,013
Longueur clypeus (L cl)	0,077	0,007
Largeur clypeus (lcl)	0,08	0,011
Epipharynx E	0,171	0,011
A3	0,116	0,015
A4	0,077	0,008
A5	0,077	0,012
A 3/ A 4 + A 5	1,590	0,236
A 3/E	0,682	0,110
Palpe 1	0,075	0,009
Palpe 2	0,1	0,009
Palpe 3	0,123	0,010
Palpe 4	0,117	0,010

Palpe 5	0,267	0,027
Aile		
Longueur aile (L)	1,748	0,099
Largeur aile (l)	0,397	0,034
L/l	4,428	0,452
Alpha (α)	0,276	0,075
Sigma (δ)	0,036	0,015
Beta (β)	0,261	0,016
Gamma (γ)	0,358	0,035
Pi (π)	0,09	0,040
α / β	1,059	0,302
δ / α	0,145	0,086
l / gamma	1,119	0,166

3.2. 3. Structure bioécologique des phlébotomes recensés.

3.2. 3.1. Répartition des phlébotomes en fonction du genre

La répartition des phlébotomes en fonction du genre montre que 96 % de total de captures appartient au genre *Phlebotomus* (fig. 89) qui reforme 2431 spécimens, alors que le genre *Sergentomyia* représente seulement 4 %.

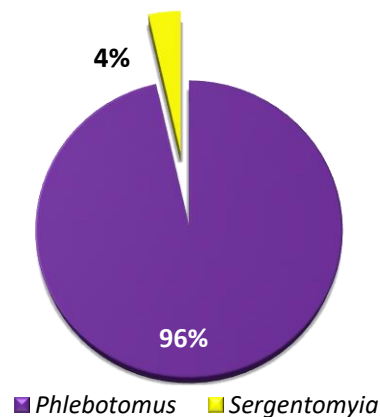


Figure 89 : Répartition des phlébotomes collectés selon le genre.

Le genre *Sergentomyia* a présenté une faible représentativité au sein de la faune de phlébotomes collectée (4 % du total capturé). Cette rareté peut s'expliquer par le fait que, dans la majorité des sites échantillonnés, les captures ont été effectuées à proximité des abris d'animaux ou à l'intérieur des habitations humaines — des milieux peu favorables aux espèces de *Sergentomyia* (Norouzi et al., 2020). En effet, ces derniers sont dépourvus d'animaux à sang froid, principalement des reptiles, qui constituent la source alimentaire essentielle des espèces de ce genre (Lewis et Dyce, 1988 ; Norouzi et al., 2020). À l'inverse, les espèces du genre *Phlebotomus* se nourrissent surtout d'animaux vertébrés à sang chaud (Lewis et Dyce, 1988 ; Norouzi et al., 2020), abondants dans ces environnements. Par ailleurs, les conditions climatiques de la région pourraient également être défavorables aux espèces de *Sergentomyia*. D'un point de vue médical et vétérinaire, ce genre présente peu d'intérêt, puisque tous les vecteurs connus de la leishmaniose humaine et canine en Algérie appartiennent au genre *Phlebotomus*.

3.2.3.2. Répartition des phlébotomes capturés selon la sex-ratio

La fluctuation des phlébotomes capturés selon leur sexe présente une nette prédominance du sexe féminine, qu'à l'exception de *P. perfiliewi* où les effectifs des deux sexes sont presque équivalents.

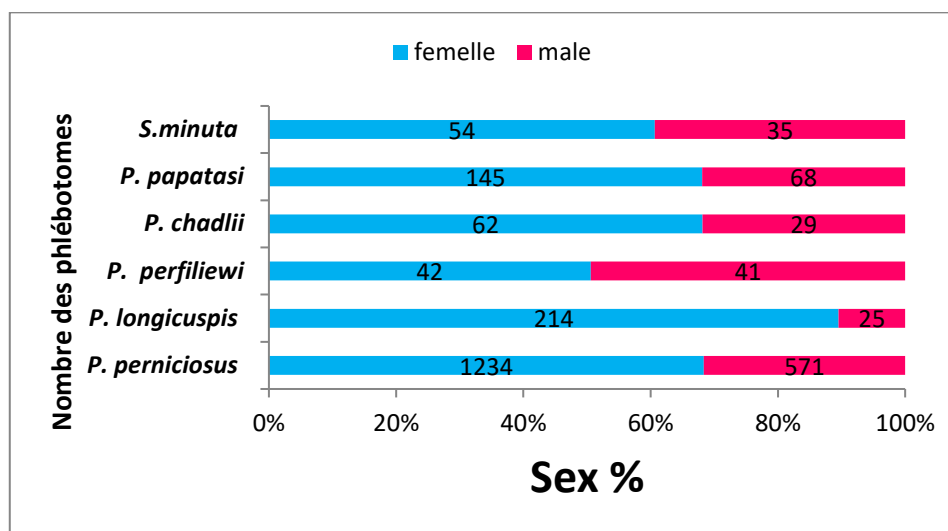


Figure 90: Répartition des phlébotomes capturés selon le sexe.

Le piégeage lumineux des phlébotomes a révélé une nette prédominance des femelles par rapport aux mâles (sur un total de 2520 spécimens : 1751 femelles, soit 69,48 %, contre 769 mâles, soit 30,51 %). Cette abondance peut être attribuée à la différence de régime alimentaire entre les deux sexes. En effet, les mâles et les femelles se nourrissent de sucres végétaux (Calborn, 2010) ainsi que de miellats produits par les homoptères ou les pucerons (Maroli et al., 2013). Toutefois, les femelles sont hématophages et se rencontrent le plus souvent à proximité du sol, près des animaux domestiques, car elles nécessitent au moins un repas sanguin au cours de leur vie pour assurer le développement de leurs œufs (Calborn, 2010). Cette particularité explique leur forte représentativité dans les captures effectuées par pièges lumineux. Des résultats similaires ont été rapportés par Gherbi et al. (2020) dans la région de Sétif, ainsi que par Amira (2022) et Kadjoudj (2022) à Mila, où les femelles dominaient largement les récoltes. En revanche, les travaux d'Allal-Ikhlef et al. (2017) menés à Draa El Mizan (Kabylie) ont montré une tendance inverse, avec une prédominance des mâles, deux fois plus nombreux que les femelles.

3.2.3.3. Répartition spatiale des phlébotomes dans la région d'étude

La répartition spatiale des phlébotomes collectés dans la région d'étude révèle une distribution inégale des différentes espèces entre les dix sites échantillonnés. L'espèce *Phlebotomus perniciosus* est la plus dominante dans l'ensemble des sites. Elle atteint un effectif maximal de 539 individus dans la ferme d'élevage de Boualouane, suivie de 380 individus à la ferme de Djimla, 277 à celle de Kribsa et 200 à la ferme d'Oued El Ghoul. Dans les autres sites, le nombre d'individus de cette espèce varie entre 133 et 10. Elle est suivie par *P. longicuspis*, dont la présence est particulièrement marquée à la ferme de Djimla avec 95 individus. *P. papatasi* présente, quant à elle, son effectif le plus élevé à Boualouane avec 108 individus. Enfin, *S. minuta*, *P. chadlii* et *P. perfiliewi* se caractérisent par une faible abondance, leurs effectifs oscillant entre 83 et 91 individus dans l'ensemble des sites étudiés.

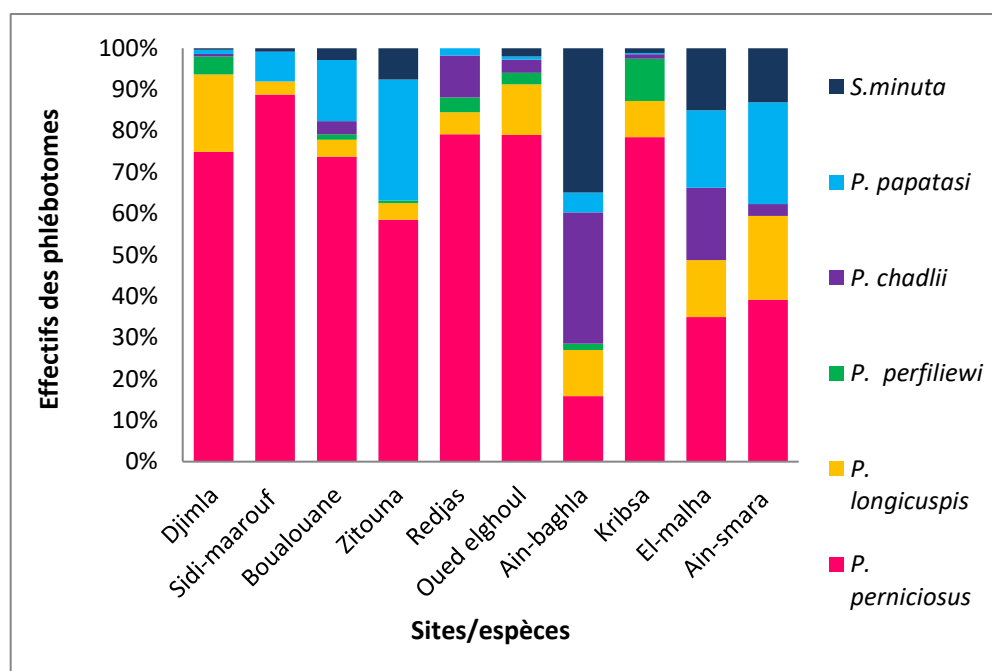


Figure 91 : Distribution stationnaire des phlébotomes récoltés (2023-2024).

Pour mieux comprendre la répartition spatiale des phlébotomes dans la région étudiée, les données d'échantillonnage ont été traitées à l'aide de deux méthodes statistiques complémentaires : l'analyse en composantes principales (ACP) et l'analyse factorielle des correspondances (AFC). Les résultats issus de ces analyses sont présentés dans le paragraphe suivant.

3.2.3.3.1. L'analyse en composantes principales appliquées sur les espèces en fonction des sites d'étude

Cette analyse a été appliquée aux espèces collectées en fonction des sites et des saisons de capture. Elle vise principalement à visualiser et interpréter les corrélations existant entre les différentes variables, à savoir les sites, les espèces et les saisons. Dans notre étude, les variables correspondent à six espèces inventoriées et dix sites d'échantillonnage. Les dix sites présentent des corrélations positives hautement significatives ($p < 0,0001$), indiquant que les variables évoluent globalement dans le même sens. Cette forte corrélation s'explique probablement par la similarité de la composition spécifique en phlébotomes observée dans la majorité des sites. On peut donc en conclure que le peuplement de phlébotomes collectés partage un noyau commun d'espèces.

Tableau 35 : Valeurs propres et pourcentages de variabilités extraites sur les 2 axes.

Variance totale expliquée						
Facteurs	Sommes extraites du carré des			Sommes de rotation du carré des chargements		
	Total	% de variance	% cumulé	Total	% de la variance	% cumulé
F1	3,179	52,991	52,991	41,708	41,708 %	41,708 %
F2	1,696	28,270	81,260	39,553	39,553 %	81,260 %
Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.						

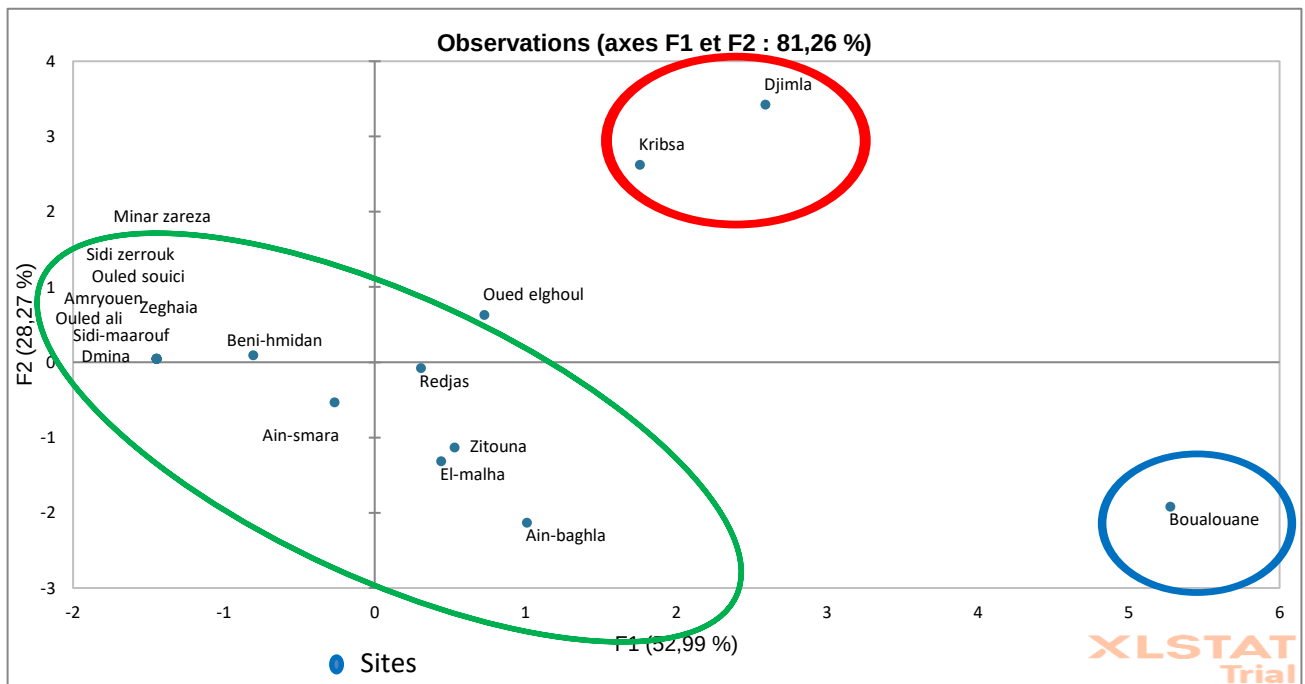


Figure 92 : Carte factorielle axe (F1-F2) des sites de captures des phlébotomes.

Pour l'interprétation de l'ACP, seuls les axes F1 et F2 ont été retenus, car ils suffisent à expliquer l'essentiel de la variance observée. L'axe F1 représente à lui seul 66,10 % de la variance, tandis que l'axe F2 en explique 28,27 % (après rotation Varimax). Ensemble, ces deux axes totalisent 81,26 % de l'information initiale, offrant ainsi une représentation claire et fidèle de la distribution des stations de capture. L'analyse en composantes principales (ACP) a permis de distinguer trois groupes de sites selon leur composition spécifique en phlébotomes :

- (i) **Premier groupe** : composé de Sidi Maarouf, Aïn Smarra, Radjas, Zitouna, El Malha et Aïn Baghla, situés du côté négatif de l'axe F1. Ces sites se caractérisent par une faible abondance des principales espèces dominantes, notamment *P. perniciosus*, *P. perfiliewi* et *P. longicuspis*.
- (ii) **Deuxième groupe** : formé par les sites de Djimla et Kribsa, positionnés du côté positif de l'axe F2 et fortement corrélés à *P. perfiliewi* et *P. longicuspis*, particulièrement abondantes dans ces localités.
- (iii) **Troisième groupe** : représenté par Boualouane, qui se démarque nettement sur l'axe F1 par sa forte association avec *P. perniciosus*, espèce dominante dans ce site. Le site d'Oued El Ghoul, quant à lui, occupe une position intermédiaire, traduisant une composition spécifique mixte.

Dans l'ensemble, *P. perniciosus*, *P. perfiliewi* et *P. longicuspis* sont les espèces qui contribuent le plus à la différenciation des sites, tandis que *P. papatasi*, *P. chadlii* et *S. minuta* présentent une influence négligeable sur la structuration spatiale observée.

Ainsi, il apparaît que l'abondance des trois espèces dominantes (*P. perniciosus*, *P. perfiliewi* et *P. longicuspis*) joue un rôle déterminant dans la distinction entre les groupes de sites, notamment entre le premier et le deuxième groupe. La densité élevée de *P. perniciosus* caractérise spécifiquement le site de Boualouane, alors que *P. perfiliewi* et *P. longicuspis* sont associées aux sites de Djimla et Kribsa.

En revanche, les faibles densités de *P. papatasi*, *S. minuta* et *P. chadlii* n'ont eu qu'une contribution marginale à cette différenciation.

3.2.3. 3. 2. L'analyse en composantes principales appliquées sur les 10 sites en fonction des espèces (ACP)

Notons que les variables de notre analyse sont : le nombre d'observation qui est de 10 sites et le nombre des variables représentées par les 6 espèces inventoriées. D'après le tableau 36 et la figure 93, nous remarquons que les 6 espèces sont non corrélatives significativement entre elles, ce qui signifie que toutes les variables varient dans des sens différents. En effet, Cette faible corrélation entre la majorité des espèces est principalement due à la différence dans les biotopes des sites étudiés.

Tableau 36: Valeurs propres et pourcentages de variabilités extraites sur les 2 axes.

Variance totale expliquée						
Facteurs	Sommes extraites du carré des chargements			Sommes de rotation du carré des chargements		
	Total	% de la variance	% cumulé	Total	% de la variance	% cumulé
F1	8,110	81,099	81,099	4,8654	81,090	81,090
F2	1,144	11,443	92,542	0,6871	11,451	92,542
Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.						

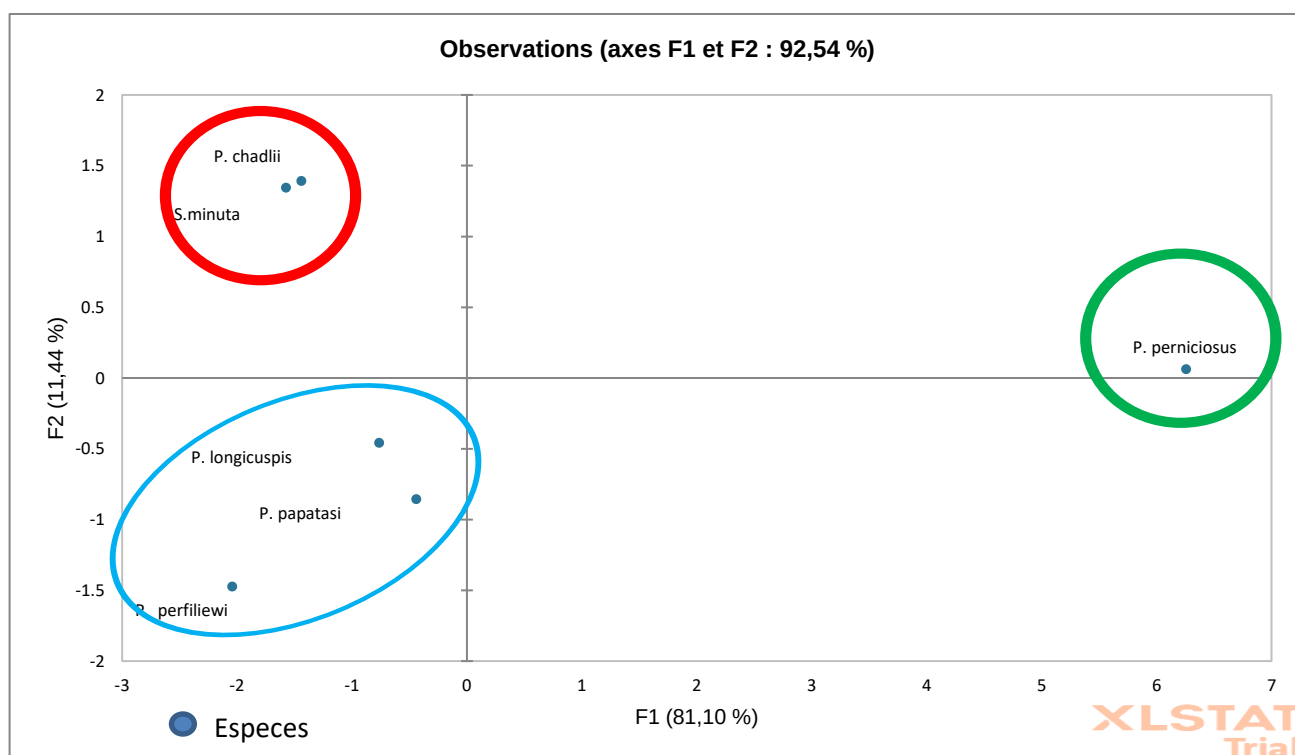


Figure 93: Analyse en composantes principales appliquées sur les espèces.

L'observation de la figure 93 montre que la répartition des espèces de phlébotomes s'organise en plusieurs groupes selon leur abondance. *P. perniciosus* apparaît nettement isolé sur l'axe F1, ce qui confirme son statut d'espèce la plus abondante parmi l'ensemble des taxons collectés. À l'inverse, les

autres espèces (*P. perfiliewi*, *P. longicuspis*, *P. papatasi*, *P. chadlii* et *S. minuta*) se regroupent du côté négatif de cet axe, traduisant leur abondance relativement faible.

Au sein de ce groupe, une proximité est observée entre *P. chadlii* et *S. minuta*, d'une part, ainsi qu'entre *P. perfiliewi*, *P. longicuspis* et *P. papatasi*, d'autre part, suggérant des abondances comparables et des comportements écologiques similaires.

3.2.3.3.3. Analyse factorielle des correspondances appliquées sur les espèces inventoriées dans les 10 stations durant la période d'étude (AFC)

Une analyse factorielle des correspondances (AFC) a été faite pour mieux faire ressortir les différences de la diversité et la répartition des espèces des phlébotomes recensées sur les différents sites étudiés.

Tableau 37 : Valeurs propres et pourcentages d'inertie.

	F1	F2	F3	F4	F5
Valeur propre	0,215	0,111	0,036	0,018	0,006
Inertie %	55,711	28,717	9,437	4,612	1,523
% cumulé	55,711	84,427	93,864	98,477	100,000

D'après le tableau 37, deux axes F1 et F2 représentent une inertie totale de 84.42 % de la variance où l'axe F1 à lui seul renferme 55.71 %, donc suffisant pour cette analyse.

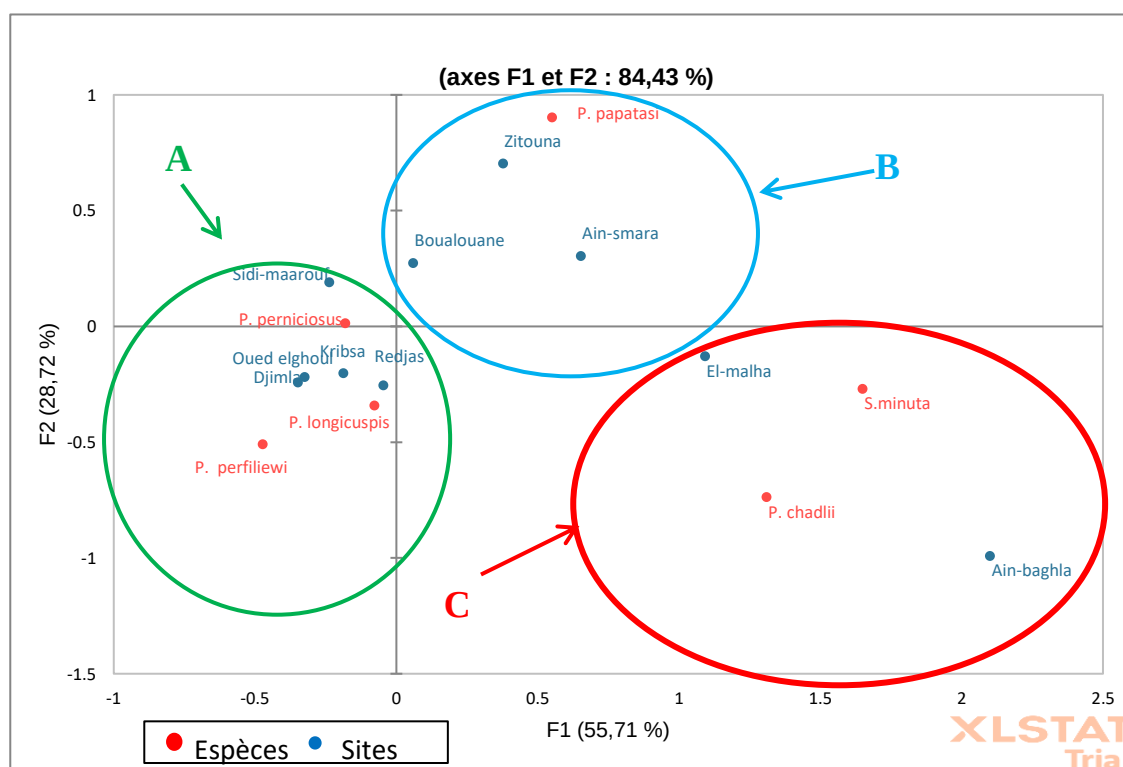


Figure 94 : Carte factorielle axe (F1xF2) de la répartition des différentes espèces de phlébotomes recensés dans les sites d'étude.

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) montre que l'axe 1 représente 55,71 % de la variance totale, constituant ainsi l'axe principal de structuration des données. L'axe 2, quant à lui, explique

28,72 % de la variance. Ensemble, ces deux axes cumulent plus de 80 % de la variabilité totale, ce qui est suffisant pour interpréter la répartition des phlébotomes et des sites d'étude. Les valeurs propres confirment donc la pertinence de retenir deux axes pour l'analyse.

La projection graphique de l'AFC (fig. 94) montre que les dix sites se répartissent dans différents quadrants, reflétant des différences notables dans leur composition spécifique en phlébotomes. Cette analyse met également en évidence la répartition des espèces selon les facteurs biotiques et abiotiques, chaque espèce contribuant à l'inertie expliquée des axes en fonction de son abondance dans les sites correspondants. Trois principaux groupements (A, B et C) se dégagent de cette analyse :

- **Groupe A** : il regroupe la moitié des sites (5 sur 10) et les espèces *P. perniciosus*, *P. longicuspis* et *P. perfiliewi*. *P. perniciosus*, espèce la plus abondante et largement distribuée, apparaît fortement corrélée à l'axe F2 et se projette à proximité de la majorité des sites. Cette position traduit son omniprésence et son abondance élevée dans la région d'étude.
- **Groupe B** : il se distingue par la forte densité de *P. papatasi*, dont l'abondance est notable, bien qu'inférieure à celle de *P. perniciosus* et *P. longicuspis*. Cette espèce est particulièrement représentée dans les sites de Boualouane, Zitouna et Aïn Smarra.
- **Groupe C** : il est caractérisé par la présence marquée de *S. minuta* et *P. chadlii*, fréquemment observées dans les sites d'Aïn Baghla et El Malha, qui forment ensemble ce groupement.

Concernant les sites, l'analyse en composantes principales (ACP) avait montré une superposition importante, justifiant le recours à l'AFC pour mieux différencier les localités selon leur composition spécifique. La représentation graphique de l'AFC révèle ainsi que les dix sites se répartissent dans des quadrants distincts, chacun se caractérisant par des espèces dominantes et des niveaux d'abondance propres.

Ces différences traduisent une certaine similarité entre les sites appartenant à un même groupement, notamment en termes de composition spécifique et d'abondance relative. Cette structuration peut s'expliquer par la richesse spécifique élevée du groupement A, dominé par *P. perniciosus*, *P. longicuspis* et *P. perfiliewi*, par l'abondance de *P. papatasi* dans le groupement B, et par la présence de *P. chadlii* et *S. minuta* dans le groupement C.

Enfin, l'agrégation des sites de cette manière pourrait résulter de l'influence combinée de facteurs biotiques et abiotiques, mais également de la proximité géographique et des caractéristiques environnementales des fermes prospectées, telles que le climat, la végétation et la nature des habitats.

3.2.4. Variation de la diversité et de la composition des phlébotomes

3.2.4.1. Richesse spécifiques des espèces de phlébotomes capturées

La richesse spécifique en phlébotomes varie d'un site à l'autre. Les sites les plus diversifiés sont Djimla, Boualouane, Kribsa, Aïn-baghla et Oued el-ghoul, qui abritent chacun six espèces. Ils sont suivis par Zitouna, Radjas, Aïn-smara et El-malha, où cinq espèces ont été recensées. Le site de Sidi-maarouf présente la plus faible diversité, avec seulement quatre espèces identifiées.

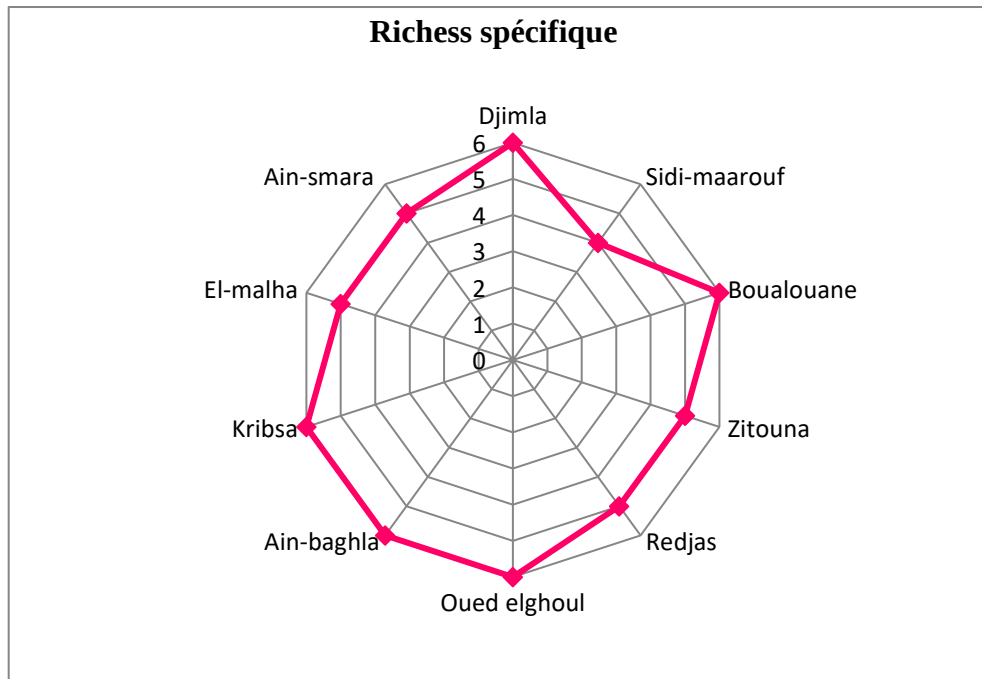


Figure 95 : Répartition spatiale de la richesse spécifique des phlébotomes recensés dans la région de Mila (2023-2024).

A la lecture des résultats présentés dans le tableau 38, On constate que l'espèce *P. perniciosus*, *P. longicuspis* et *P. papatasi* sont ubiquistes car elles sont présentes dans tous les sites d'échantillonnage. Contrairement *S. minuta* qui se retrouve en 9/10 sites, suivi par *P. chadlii* qui présente en 8/10 sites, et *P. perfiliewi* qui se trouve en 7/10 sites.

Tableau 38 : Répartition spatiale de la richesse spécifique des phlébotomes recensés dans la région d'étude (2023-2024).

espèces Sites	<i>P. perniciosus</i>	<i>P. longicuspis</i>	<i>P. perfiliewi</i>	<i>P. chadlii</i>	<i>P. papatasi</i>	<i>S. minuta</i>	Richess spécifique
Djimla	1	1	1	1	1	1	6
Sidi-maarouf	1	1	0	0	1	1	4
Boualouane	1	1	1	1	1	1	6
Zitouna	1	1	1	0	1	1	5
Redjas	1	1	1	1	1	0	5
Oued elghoul	1	1	1	1	1	1	6
Ain-baghla	1	1	1	1	1	1	6
Kribsa	1	1	1	1	1	1	6
El-malha	1	1	0	1	1	1	5
Ain-smara	1	1	0	1	1	1	5

(0): absence, (1): présence

La distribution et la densité des espèces de phlébotomes se sont révélées variables au cours de l'échantillonnage : certaines espèces étaient représentées par un grand nombre d'adultes, tandis que d'autres n'étaient observées qu'en faible effectif. Cette variation de densité entre les différents sites

d'étude s'explique probablement par la phénologie des espèces durant la période d'échantillonnage, ainsi que par les caractéristiques des biotopes et les conditions climatiques locales. Des facteurs tels que la température, les précipitations et la vitesse du vent constituent en effet des éléments limitants pour de nombreux insectes volants (Compton, 2002 ; Kabout et al., 2014 ; Zeroual et al., 2016 ; Amira, 2022 ; Kadjoudj, 2022).

3.2.4.2. Abondances relatives des phlébotomes récoltées dans la région

L'inventaire global des espèces de phlébotomes capturées dans la région d'étude nous a permis de calculer les fréquences relatives des différentes espèces tous sites confondus durant toute la période d'étude. Elles sont rassemblées dans la figure 96. Il y a lieu de noter que la figure 96 montre pour l'ensemble des sites que l'espèce *P. perniciosus* est la mieux représentée avec un taux de 71.62 %. Elle est suivie de *P. longicuspis* avec un pourcentage de 9.48 %, *P. papatasi* avec 8.45 %, *P. chadlii*, *S. minuta*, et *P. perfiliewi* avec un pourcentage de 3.61%, 3.53%, et 3.29% respectivement.

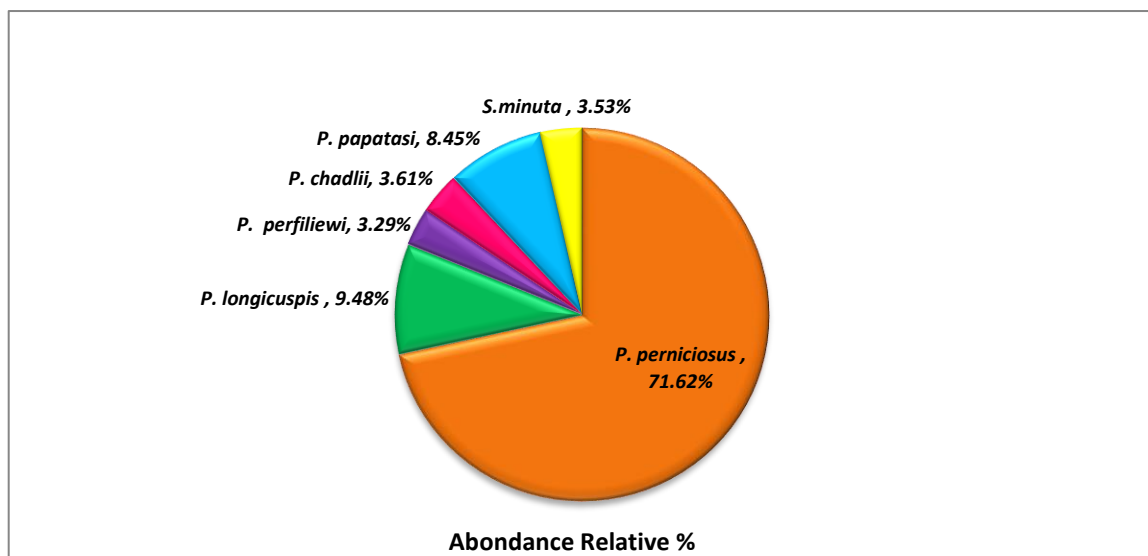


Figure 96 : Abondances relatives des phlébotomes récoltés pendant la période d'étude (2023- 2024).

Phlebotomus perniciosus est l'espèce la mieux adaptée aux conditions environnementales de la région d'étude. Elle est présente dans l'ensemble des sites inventoriés, ce qui témoigne de son comportement endo-exophile et anthro-po-zoophile, ainsi que de sa grande capacité d'adaptation à divers types d'habitats tels que les écuries, les habitations et les fissures des murs de soutènement (Gherbi et al., 2020). L'abondance marquée de *P. perniciosus* dans la région traduit sa large tolérance écologique (Kebout et al., 2014) et sa forte aptitude à coloniser différents étages bioclimatiques — humides, subhumides et semi-arides — comme l'ont également rapporté Dedet et al. (1984), Amira et al. (2022) et Kadjoudj (2022). Des observations similaires ont été faites dans d'autres régions du Nord-Est algérien (Kebout et al., 2014 ; Bennai et al., 2018 ; Gherbi et al., 2020). *Phlebotomus longicuspis* constitue la deuxième espèce la plus abondante après *P. perniciosus*. Elle est largement distribuée dans la région d'étude et co-domine souvent les captures avec cette dernière. Cette co-dominance n'est pas surprenante, car les deux espèces partagent non seulement une forte ressemblance morphologique — les mâles de *P. longicuspis* étant parfois confondus avec ceux de *P. perniciosus* — mais aussi des comportements écologiques similaires. Elles sont fréquemment observées dans les milieux péri-domestiques (Berchi et al., 2007) et présentent des régimes alimentaires comparables (Kebout et al.,

2014). Ces caractéristiques confirment le caractère endémique de *P. longicuspis* en Algérie et, plus largement, en Afrique du Nord (Dedet et al., 1984 ; Killick-Kendrick, 1999). En termes d'abondance, *P. papatasi* occupe la troisième position après *P. perniciosus* et *P. longicuspis*. Elle est particulièrement dominante dans le site de Boualouane, ce qui pourrait s'expliquer par sa capacité à survivre dans les étages bioclimatiques semi-arides, humides et subhumides (Bounamous, 2010), caractéristiques de la région d'étude.

Par ailleurs, *S. minuta*, *P. chadlii* et *P. perfiliewi* semblent moins bien adaptées aux conditions environnementales caractéristiques de notre région d'étude, comparativement aux trois espèces précédemment citées. En effet, leur faible abondance et leur occurrence limitée dans la majorité des sites échantillonnés traduisent une capacité d'adaptation restreinte à ce milieu. Cette faible densité observée pour chacune de ces trois espèces peut s'expliquer par leurs préférences écologiques spécifiques, chaque espèce étant associée à un étage bioclimatique particulier. Il est bien établi que *P. chadlii* est principalement inféodé aux zones du Tell (Grande Kabylie, Constantinois et Oranie), les Aurès représentant la limite méridionale de son aire de distribution. Cette espèce est généralement plus abondante dans les étages bioclimatiques humide et subhumide, mais peut également être rencontrée en zone semi-aride (Dedet et al., 1984 ; Bounamous, 2010). De même, *P. perfiliewi* montre une distribution restreinte aux zones bioclimatiques humides, subhumides et semi-arides (Russo et al., 1991), mais demeure absente des régions arides (Bellazoug et al., 1986b ; Berchi, 1993). Ainsi, leur faible présence dans notre étude serait principalement liée à des conditions environnementales défavorables et/ou à l'absence d'hôtes appropriés, traduisant une moindre tolérance aux étages bioclimatiques semi-arides, humides et subhumides. Dans le même contexte, la rareté de *S. minuta* dans nos captures pourrait être due au type de piégeage utilisé (pièges lumineux), peu adapté à cette espèce. En effet, *S. minuta* présente un comportement herpétophile, se nourrissant préférentiellement sur les reptiles qu'elle recherche dans les anfractuosités des murs ou des rochers, où sont généralement placés des papiers huilés pour sa capture (Allal-Ikhlef et al., 2017).

3.2.4.3. L'indice de diversité de Simpson et l'indice d'équitabilité

L'indice de diversité de Simpson (IS), et l'indice d'équitabilité (E) appliqués aux espèces des phlébotomes récoltés dans les sites d'étude sont calculés et rapportés dans la figure 97. Les résultats portés dans figure 95 suggèrent que les valeurs de l'indice de diversité de Simpson varient de 1,23 à 4,4. Les valeurs la plus élevée sont donc mentionnée au niveau des sites de El-Malha (IS = 4,4), Ain-Baghla (IS = 4,02) et Ain-Smara (IS = 3,7), En revanche, la valeur la plus faible est notée au niveau de site de Sidi-Maarouf (IS = 1,23). En effet, la population phlébotomienne dans la région d'étude renfermant 6 espèces reste peu diversifiée, par rapport à celle de l'Algérie qui composé de 24 espèces. En ce qui concerne les taux d'équitabilité, sont assez importantes montant graduellement de 0,07 jusqu'à 0,85 dans le site d'El-Malha. A la lumière de ces résultats on peut dire que la population est très peu équilibrée et qu'une seule espèce domine tout le peuplement, où *P. perniciosus* seul monopolise la récolte par 71,62 %. La diversité stationnelle des espèces inventoriées au cours de l'étude révélant que *P. perniciosus* est l'espèce la plus occurrente dans tous nos sites d'étude, et présente ainsi le spectre le plus large de répartition. A l'exception du site d'Ain-Baghla où *P. chadlii* et *S. munita* étaient les plus abondants.

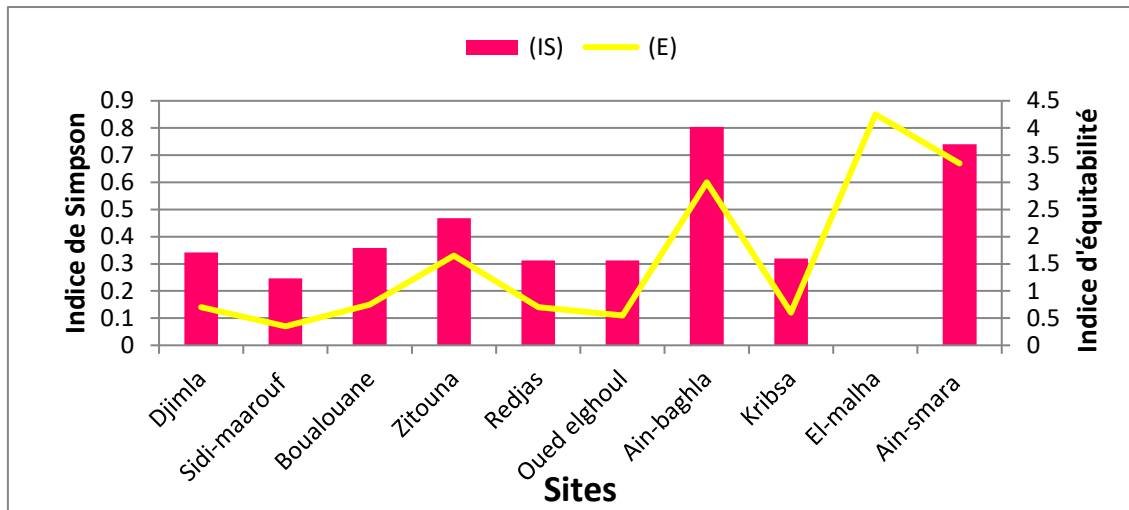
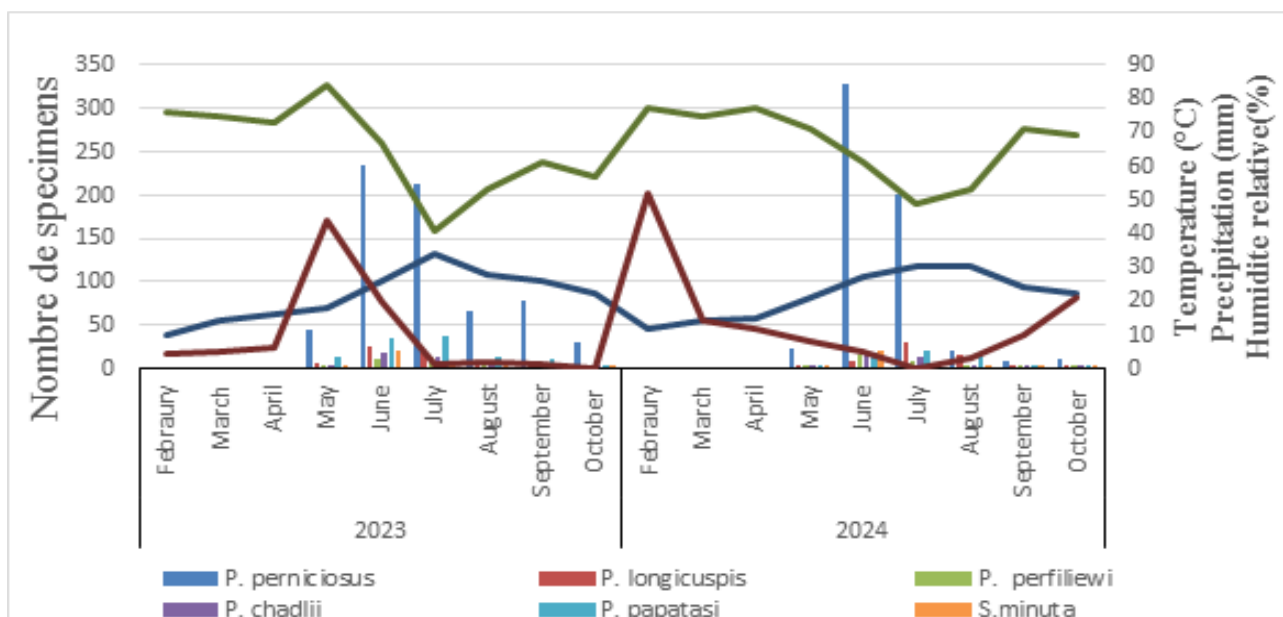


Figure 97 : Variations spatiale de l'indice de Simpson et d'équitabilité dans les sites prospectés.

3.2.4.4 Dynamique saisonnière des phlébotomes et effet des facteurs climatiques sur l'abondance de ces espèces

La figure 98 montre qu'aucune corrélation statistiquement significative n'a été mise en évidence entre le nombre mensuel d'individus des différentes espèces de phlébotomes — *P. perniciosus*, *P. perfiliewi*, *P. longicuspis*, *P. papatasi*, *P. chadlii* et *S. minuta* — et les principaux facteurs climatiques, à savoir la température, l'humidité relative et les précipitations. Selon plusieurs études menées dans le bassin méditerranéen, l'activité des phlébotomes débute généralement au mois de mai et se prolonge jusqu'en Octobre (Belen & Alten, 2011), voire de mars à Décembre selon certaines régions (Díaz-Sáez et al., 2021). Ces travaux ont également mis en évidence un modèle d'activité bimodal, caractérisé par deux pics, en Juillet et Septembre, avec une abondance maximale observée en Juillet lorsque la température moyenne atteint environ 28,9 °C (Belen & Alten, 2011). Ces observations confirment que les modèles saisonniers d'activité et les périodes de pic des phlébotomes varient sensiblement d'une région à une autre, en fonction des conditions climatiques locales et des caractéristiques écologiques propres à chaque zone (Pekağırbaş et al., 2021)



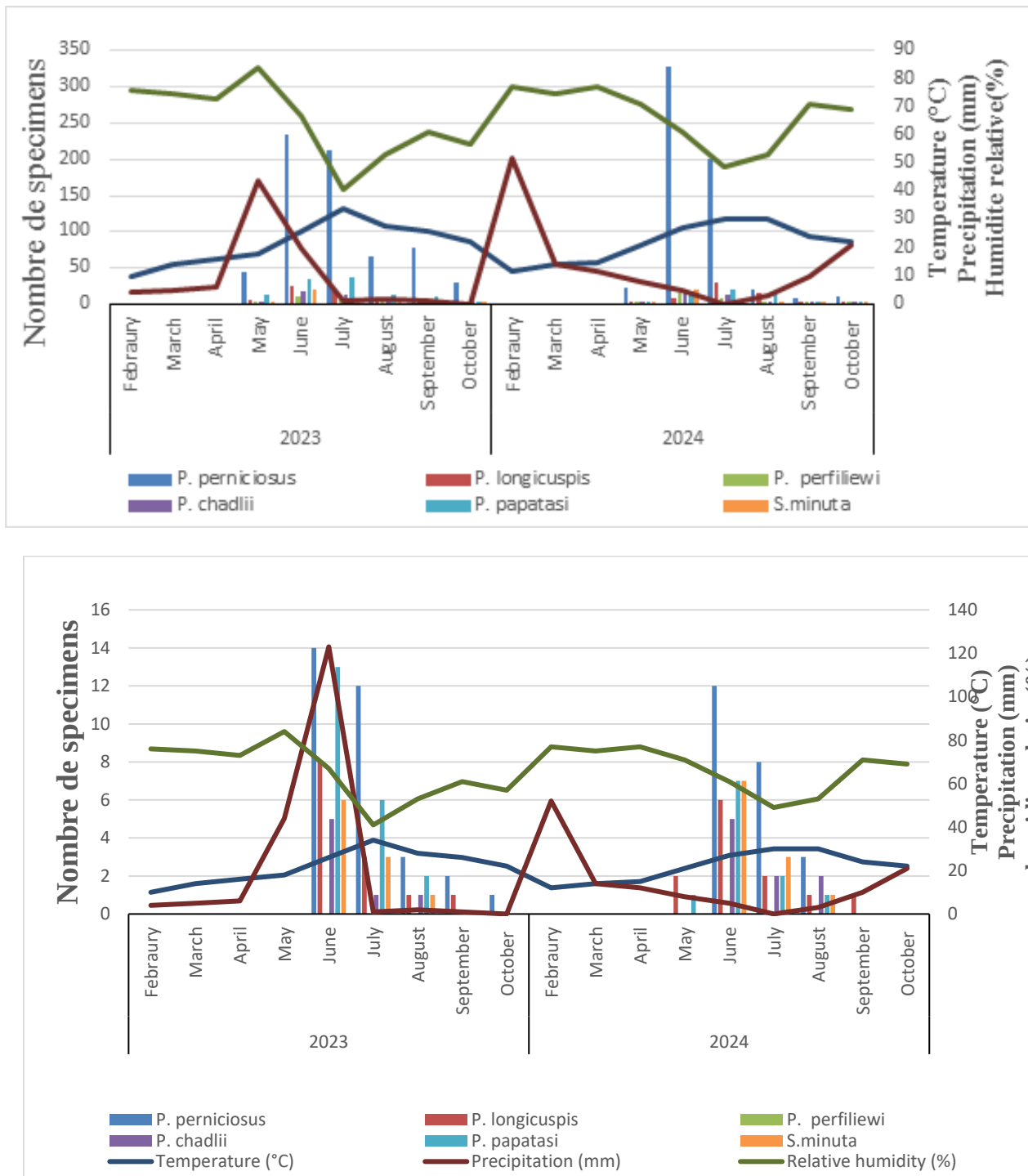


Figure 98: Répartition mensuelle spécifique des phlébotomes récoltés dans les provinces de Mila (graphiques supérieurs), Jijel (graphiques centraux) et Constantine (graphiques inférieurs) (2023-2024).

Nos résultats ont montré qu'au cours des deux années d'étude (2023–2024), la dynamique saisonnière des populations de phlébotomes a présenté un pic d'abondance durant les mois de juin et juillet dans les trois wilayas étudiées (Mila, Jijel et Constantine). Cette période correspond à la phase d'activité maximale des phlébotomes en Algérie, généralement observée entre juin et septembre (Bennai et al., 2018 ; Gherbi et al., 2020 ; Amira et al., 2022 ; Kadjoudj, 2022). La dynamique temporelle des

phlébotomes se caractérise donc par une forte concentration estivale des individus capturés, période qui coïncide avec l'activité intense des adultes. Ces résultats corroborent plusieurs travaux antérieurs : ceux de Ramdane et al. (2018) dans la région de Constantine, de Gherbi et al. (2020) à Sétif, de Amira et al. (2022) et Kadjoudj (2022) à Mila, ainsi que de Zeroual et al. (2016) à Biskra. Ces auteurs ont mis en évidence que l'activité des phlébotomes adultes en zone méditerranéenne est fortement saisonnière, culminant durant la saison sèche dans les régions tempérées — période la plus propice à la prolifération de ces diptères. Selon Rigg et al. (2021), la saisonnalité des phlébotomes varie selon le comportement trophique des espèces : les espèces anthropophiles tendent à être plus abondantes durant la saison humide, tandis que certaines espèces zoophiles dominent plutôt pendant la saison sèche. Dans notre étude, nous avons également observé cette tendance, marquée par une augmentation relative des espèces zoophiles durant la période sèche. Par ailleurs, l'analyse statistique de l'impact des trois paramètres climatiques (température, précipitations et humidité relative) sur l'abondance totale des phlébotomes n'a révélé aucune corrélation significative entre ces variables dans la région d'étude. Ce résultat concorde avec les observations de Gherbi et al. (2020) à Sétif, à l'exception de l'espèce *P. perniciosus*, pour laquelle ces auteurs ont mis en évidence une corrélation positive significative avec la température.

Cependant, ces résultats n'excluent pas l'existence d'une relation entre les facteurs climatiques et l'abondance des phlébotomes. Cette absence de corrélation statistiquement significative pourrait être attribuée à la durée relativement courte de l'étude, qui ne permet pas de confirmer de manière robuste l'influence du climat sur la diversité et la dynamique des populations. Il convient également de souligner que les valeurs obtenues sont probablement inférieures à la réalité, dans la mesure où il est difficile de recenser l'ensemble de la population phlébotomienne présente dans la région. En outre, plusieurs facteurs non climatiques, notamment anthropiques, peuvent influencer la répartition et la densité des phlébotomes. Parmi ces facteurs, on peut citer les migrations humaines massives, la déforestation, l'urbanisation et d'autres formes de déséquilibre environnemental, susceptibles d'affecter la distribution, le développement et la densité des populations vectrices, entraînant ainsi une modification des aires de répartition (Desjeux, 2001 ; Prudhomme, 2015). De plus, la présence de barrières physiques, la nature de l'habitat et la disponibilité des hôtes vertébrés constituent également des éléments déterminants pouvant influencer la distribution des espèces (Boussa et Boumezzough, 2014).

3.2.4.5. Effet de l'altitude sur la distribution et l'abondance des espèces de phlébotomes

La distribution des espèces phlébotomes en fonction de l'altitude est présentée dans (fig.99A). Le plus grand nombre d'espèces de phlébotomes a été observé à des altitudes moyennes de 200-400 et 600 à 800 m. Peu d'espèces étaient présentes dans la plage d'altitude faible (400-600) et moyen (800-1000 m). Lorsqu'elles ont été examinées séparément on remarque que la majorité des espèces ont été trouvées dans toutes les plages d'altitudes allant de 201 m à 1000 m, avec un pic à 600-800 m d'altitude. Il y avait une différence dans la diversité de la faune de phlébotomes entre les altitudes comme indiqué par les valeurs de l'indice de Simpson (fig.99B). La richesse et la diversité étaient maximales entre 600 et 800 m d'altitude.

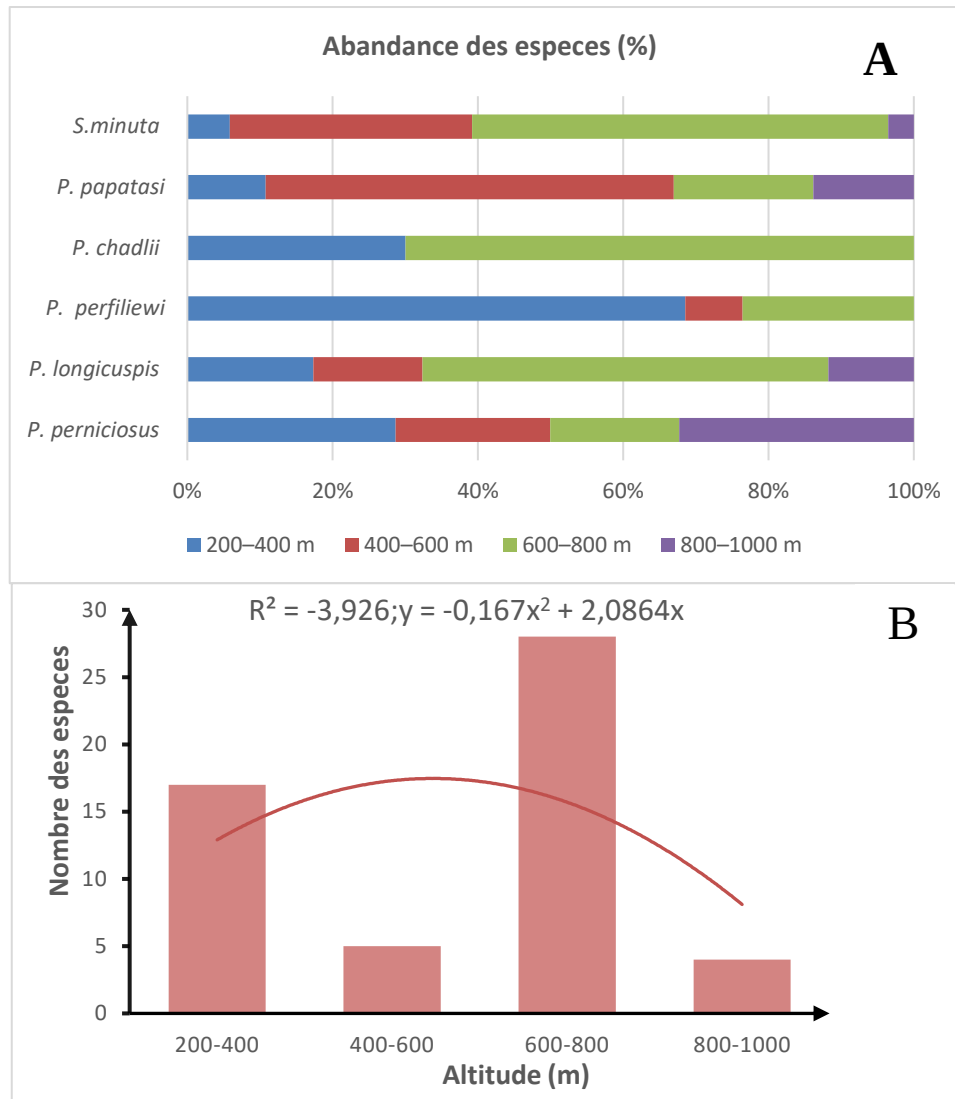


Figure 99 : Répartition altitudinale de l'abondance des espèces de phlébotomes (A) et répartition des espèces de phlébotomes à différentes plages d'altitude (B).

Bien que l'altitude exerce généralement une influence importante sur la dynamique des populations d'insectes, notamment en réduisant la durée de leur saison d'activité à mesure que l'on s'élève en altitude (Belen et Alten, 2011), cet effet n'a pas pu être mis en évidence dans la présente étude. En effet, les différences d'altitude entre les sites d'échantillonnage n'étaient pas suffisamment marquées pour entraîner des variations significatives de la durée de la saison d'activité. Les résultats obtenus confirment la présence des différentes espèces de phlébotomes durant les deux saisons d'étude et sur l'ensemble des plages altitudinales, ce qui témoigne de leur forte capacité d'adaptation à des environnements variés (Ali et al., 2016 ; Amira et al., 2022 ; Kadjoudj, 2022). Toutefois, une diminution progressive de l'abondance totale des phlébotomes a été observée avec l'augmentation de l'altitude, illustrant l'effet limitant de ce facteur sur la diversité faunistique (Guernaoui et al., 2006 ; Yared et al., 2017). Néanmoins, plusieurs études ont rapporté la présence de leishmanioses et de leurs vecteurs à des altitudes élevées, notamment dans le sud de l'Espagne, où ils ont été observés jusqu'à 1170 m (Martín-Sánchez et al., 2020). D'autres travaux récents dans la même région indiquent que *P. perniciosus* peut être présent jusqu'à 2130 m d'altitude, tandis que *P. sergenti* et *P. papatasi* ont été capturés à des altitudes atteignant 1813 m (Díaz-Sáez et al., 2022). Ces observations traduisent une

forte plasticité écologique et une large tolérance altitudinale de ces espèces, en accord avec les résultats obtenus dans la région de Mila (Amira et al., 2022 ; Kadjoudj, 2022).

3.2.5. Etude microbiologique

3.2.5.1. Occurrence et distribution des micro-organismes chez les phlébotomes

Au total, 40 spécimens, dont 15 mâles et 25 femelles, appartenant à cinq espèces — *Phlebotomus perniciosus*, *Phlebotomus longicuspis*, *Phlebotomus papatasi*, *Phlebotomus perfiliewi* et *Sergentomyia munita* — ont été capturés sur les trois sites d'étude. *P. perniciosus* était l'espèce dominante ($n = 14$), suivie de *S. munita* ($n = 8$), *P. longicuspis* ($n = 7$), *P. papatasi* ($n = 6$) et *P. perfiliewi* ($n = 5$). Pour l'ensemble des espèces, les deux sexes étaient présents, mais les femelles étaient globalement plus nombreuses. Parmi les 40 phlébotomes analysés, seuls six individus (3 mâles et 3 femelles) ne présentaient aucune infection, ni bactérienne ni fongique, que ce soit au niveau de la cuticule ou du tube digestif moyen (Tableau 39).

Comparativement au tube digestif moyen, les champignons ont été détectés plus fréquemment sur la cuticule (17 isolats). À l'inverse, les bactéries ont été principalement isolées du tube digestif moyen (15 isolats) plutôt que de la cuticule (Fig. 100). Les proportions de phlébotomes sans micro-organismes, avec une seule infection ou avec plusieurs infections (bactériennes et/ou fongiques) varient nettement ; néanmoins, les individus exempts de toute infection constituent la fraction la plus faible. Une infection unique (bactérienne ou fongique) est plus courante que l'absence totale de micro-organismes ou que la présence de multiples infections, tant au niveau du tube digestif moyen que de la cuticule (Fig. 101).

En outre, parmi les femelles étudiées, un plus grand nombre de souches bactériennes a été détecté dans le tube digestif moyen des individus gravides par rapport aux autres stades physiologiques, tandis que la cuticule des femelles non gorgées portait plus de souches bactériennes que celles des autres stades (Tableau 39).

Tableau 39 : Taxons bactériens et fongiques isolés de la cuticule et du tube digestif moyen des phlébotomes selon le site, l'espèce, le sexe et le statut alimentaire.

Site	Espèce	Nom bre	Isolats			
			Mâle	Femelle non gorgée	Femelle gorgée	Femelle gravide
Tassala-lamtai	<i>P. perniciosus</i>	4	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Cladosporium</i> (cuticule)	<i>staphylococcus aureus</i> (+) (tube digestif moyen)		<i>Aspergillus niger</i> (cuticule)
			<i>Escherichia coli</i> (-) (tube digestif moyen)			
	<i>P.papatasi</i>	1	<i>Aspergillus niger</i> (cuticle)			
Zeghaia	<i>P. perniciosus</i>	4	neg (cuticule + tube digestif moyen)	<i>klebseilla pneumonia</i> (-), <i>Pseudomonas sp.</i> (-) (cuticule)	<i>Penicillium</i> (cuticule)	

				Mycor Aspergillus (tube digestif moyen)	sp., niger		
S.munita		4	Escherichia coli(-) (cuticule)		Escherichia coli(-), staphylococcus aureus (+), Alternaria (tube digestif moyen)	Cladosporium (cuticule) Cladosporium, Escherichia coli(-), staphylococcus aureus (+) (tube digestif moyen)	
P.longicuspis		1	Cladosporium, Mycor sp. (cuticule)				
Tiberguent	P. perniciosus	6	Aspergillus flavus (cuticule) Aspergillus flavus, Cladosporium (tube digestif moyen)	neg (cuticule + tube digestif moyen)	neg (cuticule + tube digestif moyen)	Alternaria (cuticule) neg (cuticule+ tube digestif moyen)	
	S.munita	4	neg (cuticule + tube digestif moyen) Aspergillus flavus (tube digestif moyen)	Pseudomonas sp. (-) (cuticule)	Proteus sp. (-) (cuticule)		
	P.longicuspis	6	Aspergillus flavus (cuticule) Alternaria, Pseudomonas sp. (-) , staphylococcus aureus(+) (tube digestif moyen)	Cladosporium (tube digestif moyen)	Cladosporium, Proteus sp. (-), Aspergillus flavus (cuticule) Cladosporium (tube digestif moyen)	Aspergillus niger, staphylococcus aureus (+), Penicillium (tube digestif moyen)	
P.papatasi		5	Mycor sp. (cuticule)	Escherichia coli, B.subtilis(+), Alternaria (cuticule)	B.subtilis (+), staphylococcus aureus (+) (tube digestif moyen)	Escherichia coli(-), Mycor sp. , S.marcescens(-), klebsella pneumonia (-) (cuticule) S.marcescens(-), Pseudomonas sp. (-) , Aspergillus flavus (tube digestif moyen)	
P.perfiliewi		5	neg (cuticule + tube digestif moyen) Escherichia coli (-) (tube digestif moyen)		S.marcescens (-) (cuticule)	klebsella pneumonia(-) (cuticule) Aspergillus niger, staphylococcus aureus(+) (tube digestif moyen)	

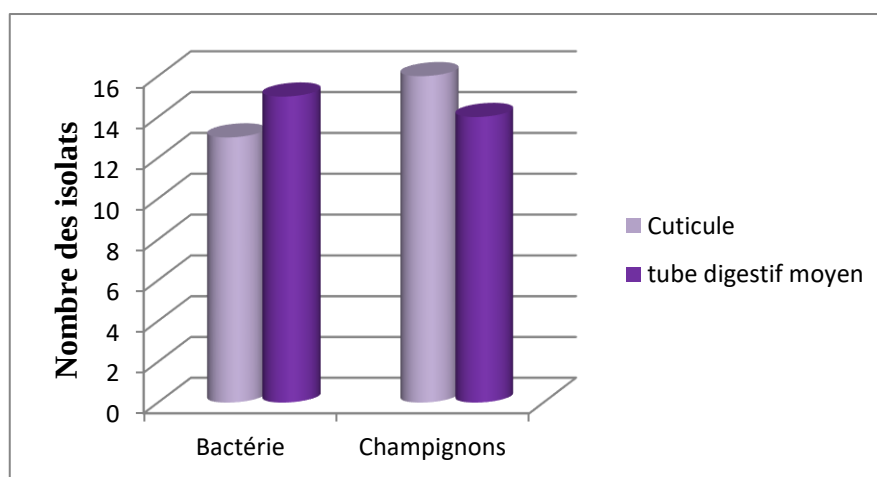


Figure 100 : Comparaison des isolats bactériens et fongiques entre la cuticule et le tube digestif moyen des phlébotomes.

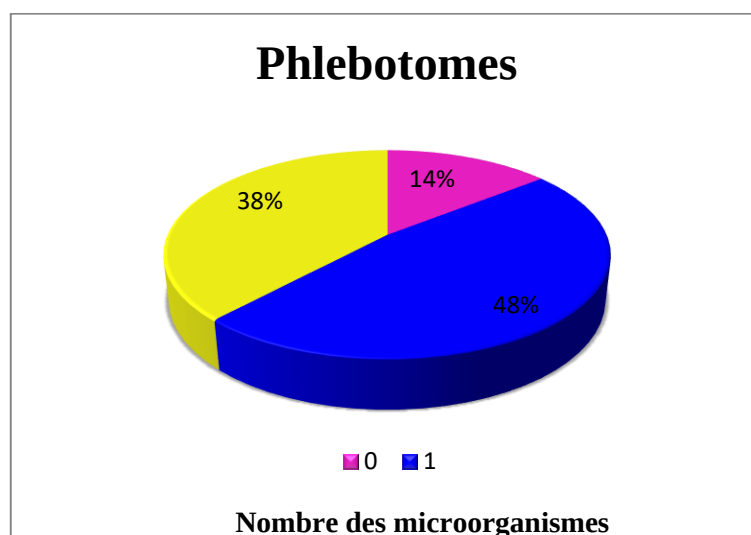


Figure 101 : Pourcentage de phlébotomes présentant une absence, une seule ou plusieurs souches microbiennes sur la cuticule et dans le tube digestif moyen.

3.2.5.2. Diversité des micro-organismes isolés

Dans cette étude, 31 isolats fongiques appartenant à cinq genres ont été identifiés : *Aspergillus* (avec 7 isolats pour *A. flavus* et 5 pour *A. niger*), *Cladosporium* (8 isolats), *Alternaria* (4 isolats), *Mycor* (5 isolats) et *Penicillium* (2 isolats). Concernant les bactéries, 27 isolats ont été répartis en sept taxons : *Escherichia coli* (7 isolats), *Bacillus subtilis* (2 isolats) et *Pseudomonas* sp. (4 isolats) ont été détectés à la fois sur la cuticule et dans le tube digestif moyen. *Klebsiella pneumoniae* (3 isolats), *Proteus* sp. (2 isolats) et *Serratia marcescens* (2 isolats) ont été isolés uniquement de la cuticule. À l'inverse, *Staphylococcus aureus* (7 isolats) n'a été retrouvé que dans le tube digestif moyen (Fig. 102). Les images des espèces identifiées sont présentées dans la Figure 103.

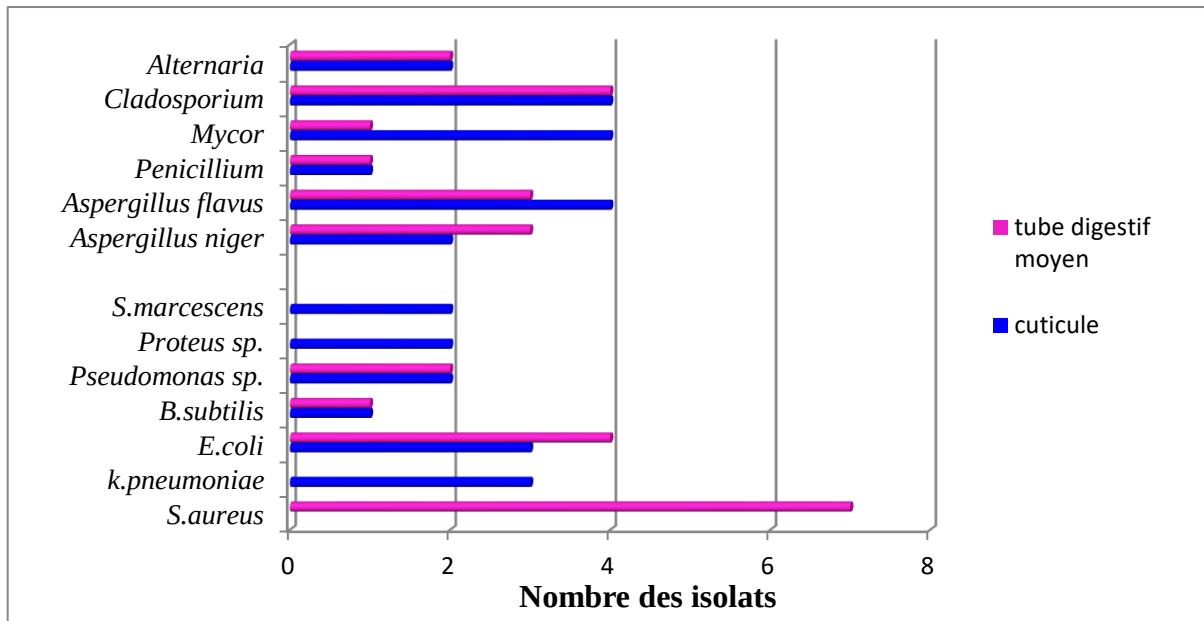
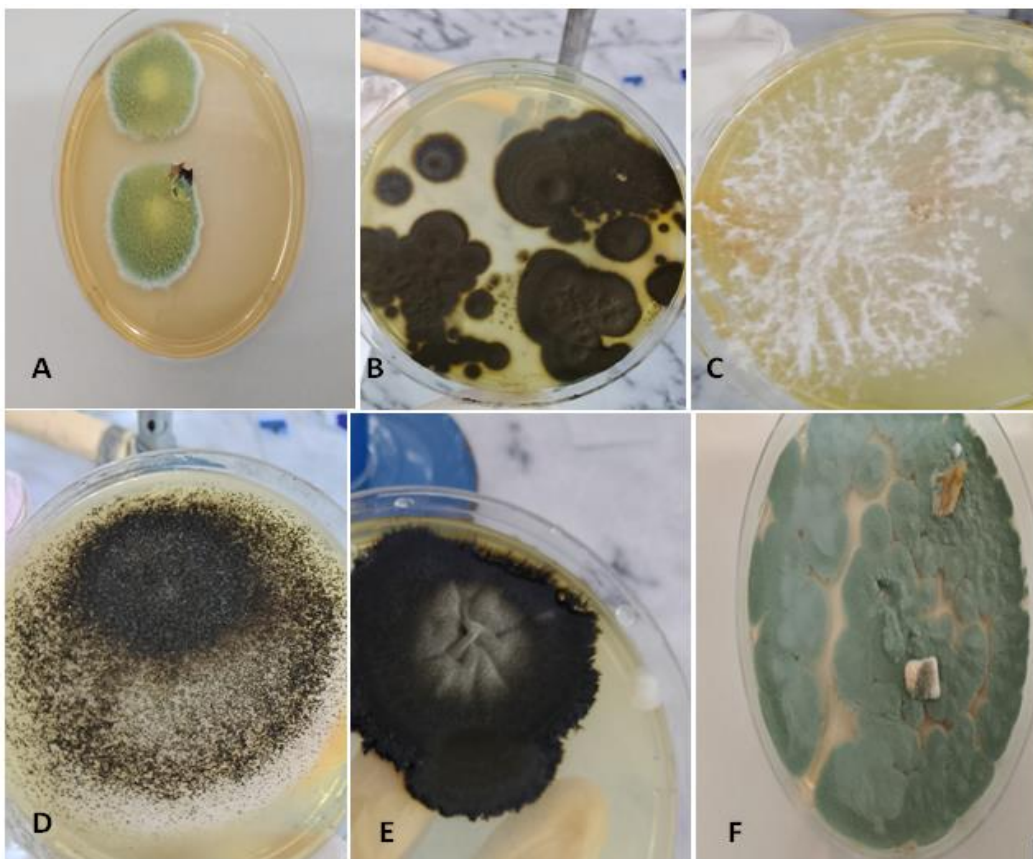


Figure 102 : Présence et origine des différents isolats microbiens.



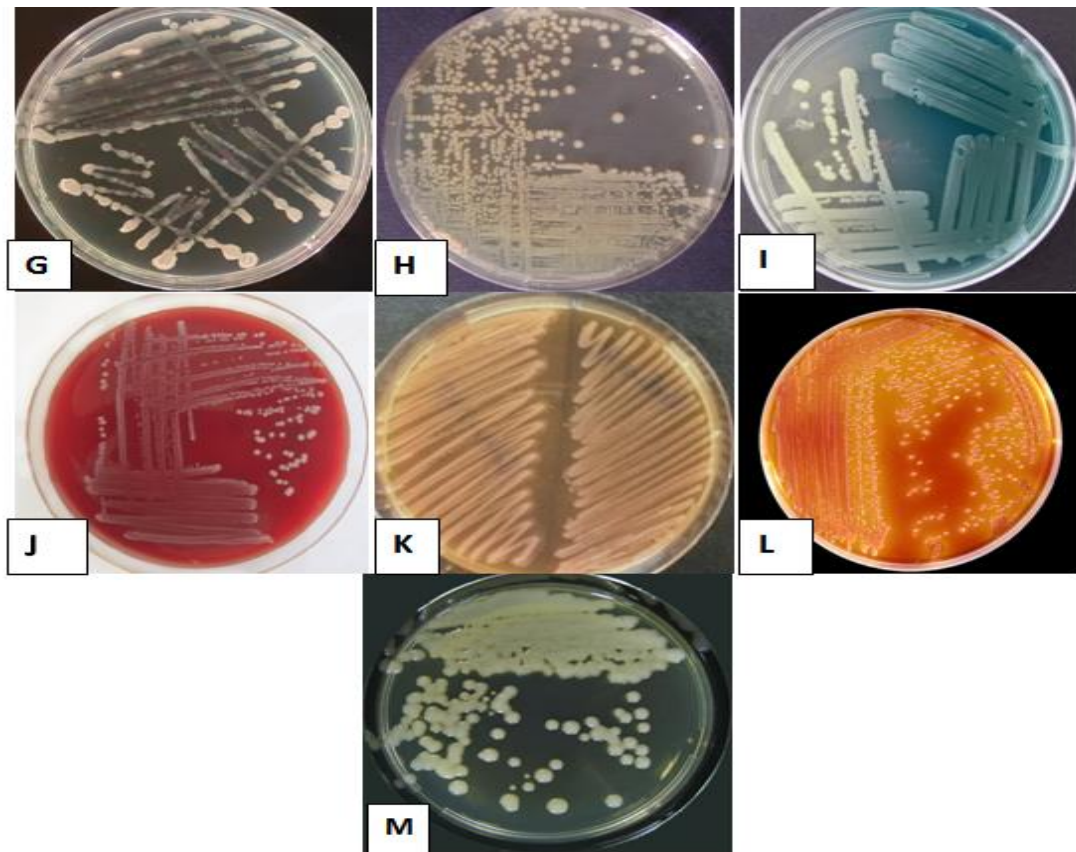


Figure 103 : Isolats fongiques et bactériens identifiés. A. *Penicillium*, B. *Cladosporium*, C. *Mycor*, D. *Aspergillus niger*, E. *Alternaria*, F. *Aspergillus flavus*, G. *Bacillus subtilis*, H. *Escherichia coli*, I. *Pseudomonas* sp., J. *Klebsiella pneumoniae*, K. *Proteus* sp., L. *Serratia marcescens*, M. *Staphylococcus aureus*.

3.2.5.3. Associations microbiennes avec les variables des phlébotomes

Le test du Chi carré a été utilisé pour déterminer si la présence de chaque taxon microbien variait en fonction du sexe, de l'espèce ou de la partie du corps des phlébotomes. Les résultats ont montré qu'*Aspergillus flavus* était significativement associé aux mâles plutôt qu'aux femelles ($\chi^2 = 4,167$, ddl = 1, $P = 0,041$). *Cladosporium* a présenté une association significative avec *Phlebotomus longicuspis* ($\chi^2 = 10,196$, ddl = 4, $P = 0,045$), tandis que *Bacillus subtilis* était significativement associé à *P. papatasi* ($\chi^2 = 11,93$, ddl = 4, $P = 0,018$).

De plus, *Staphylococcus aureus* a montré une association hautement significative avec le tube digestif moyen ($\chi^2 = 12,72$, ddl = 1, $P < 0,001$). Aucune association statistiquement significative n'a été observée pour les autres taxons. Concernant la communauté microbienne globale, le test PERMANOVA à un facteur basé sur les données de présence/absence n'a mis en évidence aucune différence significative de composition entre les sexes ($F = 1,34$, $P = 0,21$), entre les espèces de phlébotomes ($F = 1,34$, $P = 0,21$) ni entre la cuticule et le tube digestif moyen ($F = 1,34$, $P = 0,21$).

3.2.5.4. Nombre moyen de colonies bactériennes selon le sexe et le stade physiologique

Le test de Kruskal-Wallis a été utilisé pour analyser les variations du nombre de bactéries chez les mâles et les différents stades physiologiques des femelles. Aucune différence significative n'a été observée dans le nombre de colonies isolées de la cuticule et du tube digestif moyen entre les quatre groupes (mâles, femelles non gorgées, femelles gorgées et femelles gravides) ($P > 0,05$).

Le nombre moyen de colonies obtenu à partir du tube digestif moyen des femelles gravides était plus élevé que celui des femelles gorgées, des femelles non gorgées et des mâles ($13,5 \times 10^3$ pour les femelles gravides, $7,67 \times 10^3$ pour les femelles non gorgées, $4,0 \times 10^3$ pour les femelles gorgées et $1,16 \times 10^3$ pour les mâles).

Cependant, les femelles non gorgées présentaient davantage de colonies sur leur cuticule que les femelles gorgées, les femelles gravides et les mâles ($21,5 \times 10^3$ pour les femelles non gorgées, $12,6 \times 10^3$ pour les femelles gorgées, $5,6 \times 10^3$ pour les femelles gravides et $0,27 \times 10^3$ pour les mâles) (Tableau 40).

Tableau 40 : Comptage des colonies bactériennes (CFU $\times 10^3$) sur la cuticule et dans le tube digestif moyen des phlébotomes mâles et femelles à différents stades physiologiques, présenté en moyenne $\pm$ écart-type.

CFU (x 10^3)	Mâle	Femelle non gorgée	Femelle gorgée	Femelle gravide	Kruskal–Wallis
Cuticule	0.27 ± 0.06	21.5 ± 22.9	12.6 ± 15.9	5.6 ± 11.3	$p=0.541$
Tube digestif	1.16 ± 1.62	7.67 ± 10.69	4.0 ± 8.9	13.5 ± 29.6	$p=0.673$

Data are expressed in thousands of colony-forming units (CFU $\times 10^3$). P-values were calculated using the **Kruskal–Wallis** test. A difference was considered statistically significant at $p < 0.05$.

▪ Discussion

Il y a près de trois décennies, une étude avait suggéré que les micro-organismes intestinaux des phlébotomes pouvaient inhiber le développement du parasite *Leishmania* (Schlein et al., 1985). Sur cette base, plusieurs recherches se sont intéressées à la microflore des phlébotomes (Midori et al., 2001 ; Gouveia et al., 2008 ; Hillesland et al., 2008 ; Akhoundi et al., 2012 ; Layouni et al., 2023). La présente étude constitue la première description approfondie de la composition et de la diversité de la microflore des phlébotomes dans les zones rurales algériennes. Nos résultats ont révélé une grande diversité de bactéries et de champignons associés à ces insectes. Plusieurs genres bactériens courants ont été isolés, notamment *Escherichia*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Serratia*, *Klebsiella*, *Proteus* et *Staphylococcus*. Quatre souches ont été prélevées dans le tube digestif moyen, avec une prédominance

de *S. aureus*, suivie de *E. coli*. À l'inverse, six souches ont été identifiées sur la cuticule, dominées par *K. pneumoniae* et *E. coli*. Ces observations peuvent s'expliquer par la capacité des micro-organismes présents dans l'environnement à contaminer davantage la cuticule des phlébotomes que leur tube digestif, où les enzymes digestives peuvent dégrader les parois bactériennes. Ces micro-organismes pourraient ainsi jouer un rôle dans la nutrition de l'insecte (Moraes et al., 2012).

Il est à noter que *S. aureus* constitue la bactérie la plus fréquemment isolée chez les phlébotomes, tandis que *Proteus* spp. a été enregistré pour la première fois chez ces insectes dans cette étude (Rajendran & Modi, 1982 ; Schlein et al., 1985 ; Hillesland et al., 2008 ; Akhouni et al., 2012 ; Sant'Anna et al., 2014 ; Fraihi et al., 2017). Nos résultats indiquent que les bactéries à Gram négatif représentaient près de 67 % des souches identifiées, avec une prédominance de *E. coli*, *K. pneumoniae* et *Pseudomonas* sp. Ces observations sont cohérentes avec de nombreuses études ayant montré la prédominance des bactéries à Gram négatif par rapport aux bactéries à Gram positif dans la microbiote intestinale des insectes vecteurs, notamment les phlébotomes (Schlein et al., 1985 ; Midori et al., 2001 ; Akhouni et al., 2012). Par ailleurs, plusieurs recherches ont démontré que des concentrations élevées de bactéries à Gram négatif dans l'intestin des moustiques et des phlébotomes peuvent influencer le développement des parasites en abaissant le pH intestinal et en entrant en compétition pour les nutriments disponibles (Dillon et al., 1996 ; Guernaoui et al., 2011). Le cycle de vie des phlébotomes comprend quatre phases : œuf, quatre stades larvaires, nymphe et adulte. Les œufs et les larves se développent dans le sol, riche en matière organique et en micro-organismes. Dans cette étude, en tenant compte de l'écologie des bactéries identifiées, il est probable que des micro-organismes intestinaux tels que *S. aureus*, *K. pneumoniae* et *E. coli* aient infecté les phlébotomes dès leurs stades larvaires. Par ailleurs, des espèces telluriques comme *B. subtilis*, *Pseudomonas* sp., *Proteus* sp. et *S. marcescens* ont probablement affecté à la fois les larves et les adultes dans leurs sites de repos.

Selon nos résultats, le nombre moyen de souches bactériennes dans le tube digestif moyen augmente au cours des différents stades physiologiques des femelles, ce qui est conforme aux observations d'Akhouni et al., 2012. Une étude antérieure a montré que la diversité bactérienne dans l'intestin des moustiques et des phlébotomes augmente entre 24 et 48 heures après un repas sanguin (Dillon et al., 1996), probablement parce que le sang fournit des nutriments favorisant la prolifération microbienne dans le tube digestif moyen (Dillon et al., 1996). En comparaison, les mâles présentent moins de souches bactériennes dans leur tube digestif et sur leur cuticule, ce qui pourrait être lié à une moindre exposition aux micro-organismes en raison de leurs habitudes alimentaires et de leurs activités de reproduction.

En ce qui concerne la composition du microbiome fongique des phlébotomes, seules deux études ont été publiées à ce jour (Akhouni et al., 2012 ; Layouni et al., 2023). Dans notre étude, 31 isolats fongiques ont été identifiés, dont 17 provenant de la cuticule et 14 de l'intestin. Les principaux genres détectés sont *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium*, *Mycor*, *Cladosporium* et *Alternaria*. Six souches fongiques ont été isolées à la fois de l'intestin et de la cuticule, avec une dominance de *Cladosporium*, suivie de *Aspergillus niger* et *Aspergillus flavus* dans l'intestin moyen, et une prédominance de *Cladosporium*, *Aspergillus flavus* et *Mycor* sp. sur la cuticule. En comparaison avec l'étude d'Akhouni et al., 2012 menée en Iran, nos résultats confirment la présence des genres communs *Aspergillus* et *Penicillium* à la fois dans l'intestin et sur la cuticule. Par ailleurs, par rapport à l'étude de Layouni et al., 2023 en Tunisie, nous avons identifié trois genres partagés : *Aspergillus*,

Penicillium et *Cladosporium*. Le nombre élevé de souches fongiques détectées sur la cuticule pourrait provenir de l'environnement et de l'habitat des phlébotomes. Au cours de leur développement, ces insectes entrent en contact avec une grande variété de champignons présents dans le sol et les environs, tels que *Aspergillus* et *Penicillium*, qui sont des micro-organismes telluriques. À ce jour, il n'a pas été possible de déterminer si ces champignons interagissent avec *Leishmania*. Toutefois, Schlein et al., 1985, ont montré que les femelles de phlébotomes infectées par certaines souches fongiques présentaient une résistance significative à l'infection par *L. major*. Nos résultats révèlent également que certains taxons microbiens sont spécifiquement associés à certaines caractéristiques des phlébotomes : *Aspergillus flavus* avec les mâles, *Cladosporium* avec *P. longicuspis*, *Bacillus subtilis* avec *P. papatasi*, et *Staphylococcus aureus* avec le tube digestif moyen. Ces observations suggèrent que certains micro-organismes pourraient présenter des affinités particulières pour l'hôte ou pour certaines parties de son corps, possiblement liées à des facteurs écologiques ou physiologiques. Bien que certaines espèces microbiennes présentent des associations spécifiques, la communauté microbienne globale ne montre pas de différences significatives selon le sexe, l'espèce, ni entre la cuticule et le tube digestif moyen des phlébotomes. Cela suggère que la communauté microbienne dans son ensemble reste relativement stable. Alors que les phlébotomes sont reconnus comme vecteurs de *Leishmania*, la présence de nombreuses espèces bactériennes et fongiques qui leur sont associées pourrait constituer un risque supplémentaire pour les animaux et les humains. Plusieurs isolats bactériens identifiés dans cette étude, tels que *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, les espèces de *Proteus* et *Klebsiella pneumoniae*, sont connus comme agents pathogènes opportunistes susceptibles d'infecter l'homme et les animaux (Sussman, 1985 ; Hamilton et al., 2018 ; Chen et al., 2022 ; Assoni et al., 2024). Les bactéries à Gram négatif peuvent influencer le développement des parasites en modifiant le pH intestinal et en entrant en compétition pour les nutriments, ce qui suggère que la microbiote intestinale pourrait affecter la compétence vectorielle des phlébotomes. Par ailleurs, certaines souches fongiques identifiées dans cette étude, principalement *Aspergillus flavus* et *Aspergillus niger*, sont capables de produire des mycotoxines présentant un intérêt vétérinaire et médical (Merad et al., 2021).

Conclusion

Conclusion et perspectives

En Algérie, l'émergence et la réémergence de nombreuses maladies vectorielles, tant humaines qu'animales, révèlent des lacunes persistantes dans nos connaissances concernant les espèces vectrices et leur potentiel de transmission. Pour réduire efficacement les risques associés à ces maladies, il est essentiel de mieux comprendre l'écologie des vecteurs ainsi que les facteurs environnementaux influençant leur distribution et leur dynamique. Dans ce contexte, le présent travail vise à étudier la structure écologique des Culicoides et des phlébotomes, à évaluer l'impact des facteurs environnementaux et climatiques sur leur abondance et leur diversité, et à fournir des données précises sur ces deux groupes d'insectes dans les wilayas de Mila, Constantine et Jijel.

C'est dans ce contexte qu'une étude bioécologique a été menée sur les populations de phlébotomes et de Culicoides, afin de déterminer leurs biotopes ainsi que l'impact des facteurs climatiques et de l'altitude sur leur distribution spatio-temporelle. Une analyse morphométrique a également été réalisée pour évaluer l'intérêt de la morphométrie dans la classification des phlébotomes. Par ailleurs, une étude microbiologique a été effectuée pour caractériser la microflore présente au niveau de la cuticule et du tube digestif des phlébotomes, en vue de mieux comprendre, à l'avenir, les interactions potentielles entre ces microorganismes et le parasite *Leishmania* porté par ces insectes vecteurs.

Cette étude a permis de recueillir des données essentielles sur les populations de phlébotomes et de Culicoides, en révélant les liens entre leur dynamique et divers facteurs tels que le climat, le biotope et l'altitude. Elle a également mis en évidence des caractères morphologiques fiables pour distinguer les espèces de ces deux groupes d'insectes. Enfin, l'analyse statistique de la diversité et de l'abondance des espèces collectées a permis d'évaluer l'influence des variables environnementales, et plus particulièrement des facteurs climatiques, sur leur distribution spatio-temporelle.

Dans un premier temps, une enquête entomologique a été menée dans les régions de Mila, Jijel et Constantine sur une période de neuf mois, de février à octobre, au cours de deux années consécutives (2023 et 2024). Au total, 18 sites ont été prospectés, dont 10 seulement se sont révélés positifs pour la présence de phlébotomes.

L'inventaire de la faune de Culicoides a permis de collecter un total de 917 spécimens, répartis en 9 sous-genres et 23 espèces, dont une nouvelle pour la faune algérienne et même pour la région Maghreb, *C. brunnicans*. Parmi les espèces identifiées dans la région d'étude, *C. imicola* s'est révélée la plus dominante.

L'inventaire de la faune de phlébotomes a révélé la présence de six espèces parmi les 2 520 spécimens collectés, appartenant à deux genres : *Phlebotomus*, représenté par cinq espèces (*P. perniciosus*, *P. perfiliewi*, *P. longicuspis*, *P. papatasi* et *P. chadlii*), et *Sergentomyia*, représenté par *S. aminuta*. Parmi ces espèces, *P. perniciosus* s'est avérée être la plus abondante.

Le plus grand nombre d'espèces de phlébotomes a été observé à des altitudes comprises entre 200 et 400 m, ainsi qu'entre 600 et 800 m, tandis que moins d'espèces étaient présentes aux altitudes faibles (<400 m) et élevées (800-1000 m). La richesse et la diversité spécifiques atteignent leur maximum entre 400 et 800 m. Ces observations confirment que l'altitude influence significativement l'abondance

et la diversité des espèces de phlébotomes, entraînant des variations notables dans leurs dynamiques saisonnières et leur répartition spatio-temporelle.

Les résultats de l'étude montrent que l'altitude influence significativement la distribution, l'abondance et la diversité des phlébotomes et des *Culicoides*. Pour les phlébotomes et les *Culicoides*, les effectifs les plus élevés ont été observés aux altitudes basses (200–400 m) et moyennes (600–800 m), tandis que les autres plages altitudinales présentaient une abondance moindre. Ces observations confirment que l'altitude constitue un facteur clé dans la régulation de l'abondance et de la diversité des deux groupes d'insectes, en interaction avec d'autres paramètres environnementaux.

L'analyse de l'impact des facteurs climatiques qui implique la température, l'humidité relative et les précipitations sur l'abondance des phlébotomes et des *Culicoides* n'a pas révélé d'effet significatif de ces paramètres sur les deux groupes de vecteurs.

Les résultats de l'étude morphométrique ont montré que la morphométrie constitue une méthode essentielle pour l'identification des espèces de phlébotomes. Les analyses statistiques ont permis de mettre en évidence des caractères clés pour distinguer *P. perniciosus* de *P. longicuspis*, notamment : L Ph, l Ph, l ci, l cl, A3, A3/E, P2, P4, L, l, L/l, β , Σ , π , α/β , δ/α , l Σ , NS, L st, L sur, Lpa, vp et fg. Par ailleurs, il a été constaté que les mesures morphométriques des organes génitaux mâles sont particulièrement utiles pour la distinction entre ces deux espèces, contrairement aux organes génitaux des femelles.

L'étude microbiologique menée sur les phlébotomes a révélé une grande diversité de bactéries et de champignons associés à ces insectes. Les résultats ont montré que, bien que certaines espèces microbiennes présentent des associations spécifiques, la composition globale de la communauté microbienne ne varie pas de manière significative selon le sexe, l'espèce ou entre la cuticule et le tube digestif, suggérant que cette communauté reste relativement stable. Cependant, étant donné que les phlébotomes sont des vecteurs de *Leishmania*, la présence de ces nombreuses espèces microbiennes pourrait représenter un risque supplémentaire pour les animaux et les humains.

Les résultats de cette étude ouvrent plusieurs perspectives pour de futures recherches. Il serait pertinent de poursuivre l'investigation sur l'influence des facteurs climatiques, saisonniers et anthropiques sur la dynamique et la répartition des phlébotomes et des *Culicoides*, tout en approfondissant les analyses morphométriques pour renforcer la distinction des espèces et détecter d'éventuelles variations intra-spécifiques. Par ailleurs, l'étude de la microbiote associée à ces insectes mérite d'être approfondie afin de mieux comprendre son rôle dans la vectorialité et la transmission du parasite *Leishmania*, ainsi que son impact potentiel sur la santé humaine et animale. Enfin, l'intégration de ces données dans des programmes de surveillance et dans des modèles prédictifs pourrait permettre d'anticiper l'abondance et la distribution des vecteurs, contribuant ainsi à la mise en place de stratégies de contrôle et de gestion du risque épidémiologique plus efficaces.

Références bibliographiques

A

- Abbasi, I., de Queiroz, A.T.L., Kirstein, O.D., Warburg, A., 2018. Plant-feeding phlebotomine sand flies, vectors of leishmaniasis, prefer *Cannabis sativa*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 115(46), 11790–11795. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810435115>.
- Abdelhafid, B. (2024). For the control of environmental changes in the coastal global system: Case of the wilaya of Jijel (Algeria). https://doi.org/10.31435/rsglobal_ijitss/30092024/8257.
- Abed, S. S., et Matzarakis, A., 2017. Seasonal regional differentiation of human thermal comfort conditions in Algeria. *Advances in Meteorology*, p : 1–14.
- Abera, T., Bitew, M., Gebre, D., Mamo, Y., Deneke, Y., Nandi, S., 2018. Bluetongue disease in small ruminants in southwestern Ethiopia: cross-sectional sero-epidemiological study. *BMC Res. Notes* 11(1), 322. <https://doi.org/10.1186/s13104-018-3222-z>.
- 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>
- Abonnenc, E., 1972. Les Phlébotomes de la région Ethiopienne (Diptera: Psychodidae). *Mém. ORSTOM Sér. Entomol. Méd. Parasitol.* 55, 289 p.
- Acebey, L., Jullian, V., Sauvain, M., 2008. Ethnopharmacologie et leishmanioses en Amérique latine. *Ethnopharmacologia* 41, 5–15.
- Acebey-Castellon, I.L., 2007. Caractérisation de terpènes antileishmaniens isolés par bioguidage d'une plante bolivienne *Hedyosmum angustifolium* (Ruiz et Pavon) Solms (Chloranthaceae). Thèse de doctorat, Univ. Toulouse, Toulouse.
- Ahmed, S., Oukid, F., Saidi, Y., Mahdadi, F., Bouhadad, Y., et Guettouche, M. S. 2025. Statistical-based methods for landslides susceptibility mapping in the Wilaya of Mila (northeast Algeria). *Journal of Earth System Science*.
- Aitouakli-Derbal, T., 2022. Contribution à l'étude de la tourterelle des bois (*Streptopelia turtur*) : Biologie, écologie de la reproduction et utilisation de l'habitat dans la région de Constantine. Thèse de Doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 20 janvier 2022.
- Akhoundi M., Bakhtiari R., Guillard T., Baghaei A., Tolouei R., Sereno D., Toubas D., Depaquit J., Abyaneh M. R., 2012. Diversity of the bacterial and fungal microflora from the midgut and cuticle of phlebotomine sand flies collected in North-Western Iran. *PLoS ONE*. 7:e50259.
- Akhoundi, M., Kuhls, K., Cannet, A., Votýpka, J., Marty, P., Delaunay, P., Sereno, D., 2016. A historical overview of the classification, evolution, and dispersion of *Leishmania* parasites and sandflies. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 10(3), e0004349. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004349>.
- Albina, E., Zientara, S., Sailleau, C., Perrin, A., Cêtre-Sossah, C., Bréard, E., Grillet, C., 2007. La fièvre catarrhale ovine (bluetongue): quand une maladie du sud s'invite au nord. *Virologie* 11(1), 63–74.
- Alemayehu, B., Alemayehu, M., 2017. Leishmaniasis: A review on parasite, vector and reservoir host. *Health Sci. J.* 11(4), 519. <https://doi.org/10.21767/1791-809X.1000519>.
- Ali, N., Khan, K., Wahid, S., Khan, N. H., Shah, S. U., 2016. Species composition and activity patterns of sand flies (Psychodidae: Phlebotomine) in four tehsils of Dir Districts, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Acta Trop.* 156: 144–151.

- Alikhan M., Al Ghamdi K., Mahyoub J. A., Alanazi, N., 2016. Public health and veterinary important flies (order : Diptera) prevalent in Jeddah Saudi Arabia with their dominant characteristics and identification key. *Saudi Journal of Biological Sciences*. doi:10.1016/j.sjbs.2016.08.014.
- Allal –Ikhlef, A.B., Senouci, K., Benallal, K., Triki-Yamani, R., Harrat, Z., Houti L., 2017. Inventaire des phlébotomes dans le foyer leishmanien de Draa El Mizan, Kabylie. *JFMO* : N°0, 37-43.
- Álvarez-Hernández, D.A., S-Rivera, A., 2017. An Introduction to Vector-Borne Diseases. *Austin J Vector Borne Dis Open Access*, 1(1), 1001.
- Amira, A., 2022. Étude bioécologique et morphométrique des phlébotomes en milieu urbain, périurbain et rural dans les régions subhumides et semi-arides. Thèse de doctorat, Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf, Mila.
- Amira, A., Bounamous, A., Kouba, Y., Kadjoudj, N., Zeroual, S., Boubendir, A., Boularouk, Y., 2022. Sand flies (Diptera: Psychodidae): Fauna and ecology in the northeast of Algeria. *J. Med. Entomol.* 59(3), 855–864. <https://doi.org/10.1093/jme/tjac030>.
- ANDI., 2013. Monographie de la wilaya de Jijel. Agence Nationale de Développement de l'Investissement.
- Assoni L., Couto A. J. M., Vieira B., Milani B., Lima A. S., Converso T. R., Darrieux M., 2024. Animal models of *Klebsiella pneumoniae* mucosal infections. *Front. Microbiol.* 15:1367422.
- Athmania, D., 2010. Mineralogie des argiles phénomène de retrait- gonflement dans le bassin de Mila (Nord constantinois). Thèse de Doctorat. Univ. Constantine, 172p.
- Athmania, D., Benaissa, A., Bouassida, M., 2011. Géologie et géotechnique de quelques formations superficielles du Nord-Ouest Constantinois, Algérie. *Afrique Science* 07(1), 105 - 115 ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.info>.
- Augot, D., Depaquit, J., 2010. Problématique et enjeux de l'identification des espèces vectrices de FCO en France. *Bull. Epidemiol.* 35, 5–7.
- Ayllón, T., Nijhof, A.M., Weiher, W., Bauer, B., Allène, X., Clausen, P.H.P., 2014. Feeding behavior of *Culicoides* spp. (Diptera: Ceratopogonidae) on cattle and sheep in northeast Germany. *Parasites Vectors* 7, 34. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-34>
- Azzouzi, C., Rabah-Sidhoum, N., Boucheikhchoukh, M., Mechouk, N., Sedraoui, S., Benakhla, A., 2025. Checklist of medico-veterinary important biting flies (Ceratopogonidae, Hippoboscidae, Phlebotominae, Simuliidae, Stomoxyini, and Tabanidae) and their associated pathogens and hosts in Maghreb. *Parasitologia* 5(1), 1. <https://doi.org/10.3390/parasitologia5010001>

B

- Baldet, T., Albina, E., Delécolle, J.C., 2003. Appui à la surveillance de la fièvre catarrhale ovine en Algérie. CIRAD, Montpellier, p. 10.
- Baldet, T., Delécolle, J.C., Cêtre-Sossah, C., Mathieu, B., Meiswinkel, R., Gerbier, G., 2008. Indoor activity of *Culicoides* associated with livestock in the bluetongue virus (BTV) affected region of northern France during autumn 2006. *Prev. Vet. Med.* 87, 84–97. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2008.06.014>.
- Baldet, T., Delécolle, J.C., Mathieu, B., de La Rocque, S., Roger, F., 2004. Entomological surveillance of bluetongue in France in 2002. *Vet. Ital.* 40(3), 226–231.

- Balenghien, T., Delécolle, J.C., 2009. Les Culicoides moucheron vecteurs du virus de la fièvre catarrhale ovine. *Insecte* 154(3), 25–29.
- Balenghien, T., Garros, C., Mathieu, B., Setier-Rio, M.L., Allene, X., Gardes, L., Rakotoarivony, I., Venail, R., Akaddar, A., Drouet, M., Baldet, T., Delécolle, J.C., 2010. La surveillance des Culicoides en France. *Bull. Epidemiol.* 35 (hors-série spécial FCO), 8–9, 117.
- Bandeira, M.C.A., Brito, G.A., Penha, A., Santos, C.L.C., Rebêlo, J.M.M., 2017. The influence of environmental management and animal shelters in vector control of Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) in northeastern Brazil. *J. Vector Ecol.* 42(1), 113–119.
- Bandeira, M.C.A., Cerqueira, A.B., Moraes, J.L.P., Brazil, R.P., Rebêlo, J.M.M., 2022. Diversity of Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) in rural settlements and degraded seasonal deciduous forests. *J. Med. Entomol.* 59(1), 240–247. <https://doi.org/10.1093/jme/tjab150>.
- Banuls, N.L., Hide, M., Prugnolle, F., 2007. Leishmania and the Leishmaniasis: A parasite genetic update and advances in taxonomy, epidemiology and pathogenicity in humans. *Adv. Parasitol.* 64, 1–109. <https://doi.org/10.1016/S0065-308X%2806%2964001-3>.
- Barhoumi, W., Chelbi, I., et Zhioua, E., 2012. Effet du développement des systèmes d'irrigation dans les zones arides sur l'établissement de Phlebotomus (Larroussius) perfiliewi Parrot, 1939. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 105,p : 403-405.
- Barhoumi, W., Qualls, W., Archer, R., Fuller, D., Chelbi, I., Cherni, S., Derbali, M., Arheart, K., Zhioua, E., et Beier, J., 2015. Irrigation in the arid regions of Tunisia impacts the abundance and apparent density of sand fly vectors of Leishmania infantum. *Acta tropica*, 141, p: 73-8.
- Belazzoug S., 1991. The sandflies of Algeria. *Parasitologia* 33 (Suppl), 85- 87.
- Belazzoug, S., 1983. Isolation of Leishmania major Yakimoff & Schokhor, 1914 from Psammomys obesus Gretschmar, 1928 (Rodentia, Gerbillidae) in Algeria. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 77(6), 878.
- Belazzoug, S., Ammar-Khodja, A., Rioux, J A., Pratlong, F., 1986. Forme chronique de leishmaniose cutanée humaine à Leishmania major. Yakimoff et Schokhor, 1914 L'homme, réservoir éventuel. Coll Inter CNRS/INSERM 1984 IME.EE.Montpellier ; 459-61.
- Belen, A., Alten, B., 2011. Seasonal dynamics and altitudinal distributions of sand fly (Diptera: Psychodidae) populations in a cutaneous leishmaniasis endemic area of the Cukurova region of Turkey. *Journal of Vector Ecology*. Vol. 36, 87-94.
- Belkharchouche M., 2014. Contribution à l'étude de la biodiversité des Culicoides (Diptera, Ceratopogonidae) responsable de la fièvre catarrhale dans la région Est-algerien foyer d'Oum-El-Bouaghi. MSc Thesis, Université d'Oum El Bouaghi, Algeria.
- Belkharchouche, M., 2021. Etude bioécologique des Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae), vecteur de virus de la fièvre catarrhale ovine. Dynamique et chorologie des populations culicoidiennes dans la région ouest de l'Algérie (Région de Tiaret). Thèse de Doctorat, Univ. Constantine, Algérie, 243 pp.
- Belkharchouche, M., Berchi, S., Mathieu, B., Rakotoarivony, I., Duhayon, M., Baldet, T., Balenghien, T., 2020. Update of the Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) species checklist from Algeria with 10 new records. *Parasites Vectors* 13, 463. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04335-4>.
- Benabid, M., Ghrab, J., Rhim, A., Ben-Romdhane, R., Aoun, K., et Bouratbine, A., 2017. Temporal dynamics and Leishmania infantum infection prevalence of Phlebotomus perniciosus (Diptera, Phlebotominae) in highly endemic areas of visceral leishmaniasis in Tunisia. *PLoS ONE*(Public Library of Science ONE), 12.

- Benallal, K.E., Garni, R., Harrat, Z., Volf, P., Dvorak, V., 2022. Phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) of the Maghreb region: A systematic review of distribution, morphology, and role in the transmission of the pathogens. *PLoS Negl Trop Dis* 16(1): e0009952. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009952>
- Benikhlef, R., Harrat, Z., Toudjine, M., Djerbouh, A., Bendali-Braham, S., Belkaid, M., 2004. Présence de *Leishmania infantum* MON-24 chez le chien. *Méd. Trop.* 64(4), 381–383.
- Bennai, K., Tahir, D., Lafri, I., Bendjaballah-Laliam, A., Bitam, I., Parola, P., 2018. Molecular detection of *Leishmania infantum* DNA and host blood meal identification in *Phlebotomus* in a hypoendemic focus of human leishmaniasis in northern Algeria. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 12: e0006513.
- Benyahia, A., 2016. Étude géologique et pédologique de la région de Jijel : Implications sur l'aménagement du territoire. *Revue Algérienne des Sciences de la Terre*, 12(1), p : 55–68.
- Benyahia, A., et Bensalah, S., 2017. Géographie physique et aménagement du territoire dans la wilaya de Jijel. *Revue Algérienne de Géographie*, 25(2), p : 102-115.
- Berchi, S., 1993. Les phlébotomes (Insecta, Diptera, Phlebotomidae), vecteurs de leishmanioses dans l'est algérien. *Bulletin de la Société Zoologique de France* .118: 341-349.
- Berchi, S., Bounamous, A., Louadi, K., B. Pesson., 2007. Différenciation morphologique de deux espèces sympatriques : *Phlebotomus perniciosus* Newstead 1911 et *Phlebotomus longicuspis* Nitzulescu 1930 (Diptera : Psychodidae). *Ann.soc.Entomol.Fr.* (n.s.) ,43 (2) :201-203.
- Berdjane-Brouk Z., Charrel R. N., Bitam I., Hamrioui B., Izri A., 2011. Record of phlebotomus (transphlebotomus) *mascittii* *grassi*, 1908 and phlebotomus (*larrousius*) *chadlii* *rioux*, *juminer* & *gibily*, 1966 female in Algeria. *Parasite*, 18, 337-339
- Berdjane-Brouk, Z., Charrel, R.N., 2012. First detection of *Leishmania infantum* DNA in *Phlebotomus longicuspis* Nitzulescu, 1930 from visceral leishmaniasis endemic focus in Algeria. *Parasitol. Res.* <https://doi.org/10.1007/s00436-012-2858-1>.
- Berdjane-Brouk, Z., Charrel, R.N., Hamrioui, B., Izri, A., 2011. First detection of *Leishmania infantum* DNA in *Phlebotomus longicuspis* Nitzulescu, 1930 from visceral leishmaniasis endemic focus in Algeria. *Parasitol. Res*, 111: 419–422.
- Berrayah, H., Hwang, H.S., Lee, K.Y., 2020. Molecular identification of *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) species in Algeria. *Acta Trop.* 202, 105261. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.105261>.
- Bishop, A.L., McKenzie, H.J., Barchia, I.M., Harris, A.M., 1996. Effect of temperature regimes on the development, survival and emergence of *Culicoides brevitarsis* Kieffer (Diptera: Ceratopogonidae). *Aust. J. Entomol.* 35, 261–368.
- Borkent, A., 2012. World Species of Biting Midges (Diptera: Ceratopogonidae). <http://www.inhs.uiuc.edu/research/flytree/CeratopogonidaeCatalog.pdf>
- Borkent, A., Spinelli, G., 2007. Neotropical Ceratopogonidae (Diptera: Insecta). In: Adis, J., Arias, J.R., Rueda-Delgado, G., Wnatzén, K.M. (Eds.), *Aquatic Biodiversity in Latin America* (ABLA), Vol. 4. Pensoft, Sofia-Moscow, pp. 1–198.
- Bouaroudj, S., Menad, A., Bounamous, A., Ali-Khodja, H., Gherib, A., Weigel, D.E., Chenchouni, H., 2019. Assessment of water quality at the largest dam in Algeria (Beni Haroun Dam) and effects of irrigation on soil characteristics of agricultural lands. *Chemosphere* 219, 76–88. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.193>

Références bibliographiques

- Boubidi, S.C., Benallal, K., Boudrissa, A., Bouiba, L., Bouchareb, B., Garni, R., Bouratbine, A., Ravel, C., Dvorak, V., Votypka, J., Volf, P., Harrat, Z., 2011. *Phlebotomus sergenti**(Parrot, 1917) identified as *Leishmania killicki* host in Ghardaia, south Algeria. *Microbes Infect.* 13, 691–696.
- Boudjelal, F., Benaissa, N., et Bouderbala, M., 2023. Variability of total suspended matter with chlorophyll a and climatic conditions in the Jijel coastal waters, Algeria. *Modeling Earth Systems and Environment*, 10, p:539–550.
- Boukhatem, L., 2014. Les infrastructures hydrauliques dans la région de Jijel : état et perspectives. *Revue des Ressources en Eau*, 7(2), p : 88–97.
- Boukhatem, L., 2015. État et dynamique du couvert végétal dans la région de Jijel. *Revue Algérienne de l'Environnement*, 10(2), p : 85–97.
- Boulfelfel Y., 1979. Le Paradoxe du Djebel Ouahch et la recherche d'un nouvel équilibre Agro-Sylvo-Pastoral. Thèse doctorat, Université Paul Valéry Montpellier 3, 23- 25p.
- Bounamous, A., 2008. Caractérisation moléculaire et morphologique de deux espèces affines de *Paraphlebotomus*: *Phlebotomus chabaudi* Croset, Abonnenc & Rioux, 1970 et *P. riouxi* Depaquit, Killick-Kendrick & Léger, 1998 (Diptera: Psychodidae). *Parasite*, 15(4):565–571.
- Bounamous, A., 2010. Biosystématique et caractérisation par la biologie moléculaire des phlébotomes de l'Est Algérien. Thèse de doctorat, Univ. Mentouri Constantine, 302 p.
- Bourcet, A.J.E., 2012. Fièvre catarrhale ovine (FCO) et reproduction chez les bovins. Thèse de Doctorat, École Nationale Vétérinaire d'Alfort, 131 pp.
- Bourquia, M., Garros, C., Bru, D., Chabih, H., Bounaim, F., Annouri, S., Azizi, S., Zineeddine, M., Zahri, A., Balenghien, T., 2025. Characterization of Culicoides and mosquito fauna at the National Zoological Garden of Rabat, Morocco. *Vet. Parasitol. Reg. Stud. Rep.* 57, 101181. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2024.101181>
- Bourquia, M., Garros, C., Rakotoarivony, I., Boukhari, I., Chakrani, M., Huber, K, et al., 2020. Composition and seasonality of Culicoides in three host environments in Rabat region (Morocco). *Santé Animale et Épidémiologie*, 73(1), 37–46. <https://doi.org/10.19182/remvt.31838>
- Bourquia, M., Garros, C., Rakotoarivony, I., Gardès, L., Huber, K., Boukhari, I., et al., 2019. Update of the species checklist of Culicoides Latreille, 1809 biting midges (Diptera: Ceratopogonidae) of Morocco. *Parasites Vectors* 12, 459. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3720-4>
- Boussaa, S., 2008. Épidémiologie des leishmanioses dans la région de Marrakech (Maroc): effet de l'urbanisation sur la répartition spatio-temporelle des phlébotomes et caractérisation moléculaire de leurs populations. Thèse de doctorat, Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 199 p.
- Boussaa, S., Boumezzough, A ., 2014. Identification et caractérisation des gîtes larvaires de phlébotomes (Diptera: Psychodidae) à Marrakech (Maroc). *Entomol. Faun.*, 67, 93-101.
- Boussouf R., 2012. Constantine : D'une ville attractive à une ville répulsive. Laboratoire d'Aménagement du territoire, Université de Constantine, Algérie.
- Braverman, I.M., Yen, A., 1977. Ultrastructure of the human dermal microcirculation. *J. Invest. Dermatol.* 68(1), 44–52.
- Braverman, Y., 1994. Nematocera (Ceratopogonidae, Psychodidae, Simuliidae and Culicinae) and control methods. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 13, 1175–1199.
- Braverman, Y., Boreham, P.F.L., Galun, R., 1971. The origin of blood meals of female *Culicoides pallidipennis* trapped in a sheepfold in Israel. *J. Med. Entomol.* 8(4), 379–381.

Bréard, E., Sailleau, C., Gorna, K., Bounaadja, L., Bahuon, C., Zientara, S., 2007. La fièvre catarrhale ovine (ou « bluetongue ») dans le nord de l'Europe. *Bull. Acad. Vét. Fr.* 160(2). [www.academie-veterinaire-defrance.org/](<http://www.academie-veterinaire-defrance.org/>).

Briffod, C., 2011. Revue actuelle en matière de leishmaniose canine. *Vet. Med. Anim. Health.* ffdumas-04572669f.

C

Calborn, M.D., 2010. The Biology and Control of Leishmaniasis Vectors. *Global Journal of infectious diseases*, 2(2):127–134.

Cameron M. M., Pessoa F. A., Vasconcelos A. W., Ward R. D., 1995. Sugar meal sources for the phlebotomine sandflies *Lutzomyia longipalpis* in Ceara State, Brazil. *Med Vet Entomol.* 9:263–272.

Campbell, A.E., Pelham-Clinton, E.C., 1960. A taxonomic review of the British species of *Culicoides* Latrielle (Diptera: Ceratopogonidae). *Proceedings of the Royal Society of London*, 67: 181-302.

Campino, L., Cortes, S., Dionísio, L., Neto, L., Afonso, M., et Maia, C., 2013. The first detection of *Leishmania major* in naturally infected *Sergentomyia minuta* in Portugal. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*.

Caporale, V., & Giovannini, A., 2010. Bluetongue control strategy, including recourse to vaccine: a critical review. *Revue Scientifique et Technique*, 29(3), 573–591. <https://doi.org/10.20506/rst.29.3.2001>.

Cappai, S., Loi, F., Coccollone, A., Contu, M., Capece, P., Fiori, M., Canu, S., Foxi, C., Rolesu, S., 2018. Retrospective analysis of Bluetongue farm risk profile definition, based on biology, farm management practices and climatic data. *Prev. Vet. Med.* 155, 75–85. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.04.004>.

Caracappa, S., Torina, A., Guercio, A., Vitale, F., Calabró, A., Purpari, G., Ferrantelli, V., M., Mellor, P.S., 2003. Identification of a novel bluetongue virus vector species of *Culicoides* in Sicily. *Veterinary Record*, 153: 71-74.

Carpenter, S., Groschup, M.H., Garros, C., Felipe-Bauer, M.L., Purse, B.V., 2013. *Culicoides* biting midges, arboviruses and public health in Europe. *Antiviral Res.* 100, 102–113.

Carpenter, S., Szmaraagd, C., Barber, J., Labuschagne, K., Gubbins, S., Mellor, P., 2008. An assessment of *Culicoides* surveillance techniques in northern Europe: have we underestimated a potential bluetongue virus vector? *J. Appl. Ecol.* 45, 1237–1245. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01511.x>.

Castro D. P., Moraes C. S., Gonzalez M. S., Ratcliffe N. A., Azambuja P., Garcia E. S., 2012. *Trypanosoma cruzi* immune response modulation decreases microbiota in *Rhodnius prolixus* gut and is crucial for parasite survival and development. *PLoS ONE*. 7:e36591.

Cazan, C.D., Păstrav, I.R., Ionică, A.M., Oguz, G., Kasap, O.E., Dvorak, V., Halada, P., Dumitrache, M.O., Volf, P., Alten, B., Mihalca, A.D., 2019. Updates on the distribution and diversity of sand flies (Diptera: Psychodidae) in Romania. *Parasites Vectors*. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3507-7>.

Cecílio, P., Cordeiro-da-Silva, A., Oliveira, F., 2022. Sand flies: Basic information on the vectors of leishmaniasis and their interactions with *Leishmania* parasites. *Commun. Biol.* 5, 305. <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03240-z>.

- 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. <https://doi.org/10.1051/parasite/2005124359>.
- Chambre de Commerce et d'Industrie de Jijel. (n.d.). Présentation de la wilaya de Jijel.CCI Jijel. <https://www.ccijijel.com/index.php/wilaya-de-jijel/presentation-de-la-wilaya>.
- Chao, A., Chazdon, R.L., Colwell, R.K., Shen, T.-J., 2005. A new statistical approach for assessing compositional similarity based on incidence and abundance data. *Ecol. Lett.* 8, 148–159. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00707.x>.
- Charbonnier, G., Launois, M., Balenghien, T., Camus, E., Lancelot, R., Pastoret, P.P., et al., 2009. La fièvre catarrhale ovine ou la maladie de la langue bleue du mouton. *Collection Les savoirs partagés*. ISBN 978-2-87614-662-4.
- Charrel, R., Izri, A., Temmam, S., De Lamballerie, X., et Parola, P., 2006. Toscana Virus RNA in *Sergentomyia minuta* Flies. *Emerging Infectious Diseases*, 12, p:1299 - 1300.
- Chebbah, L., Kabour, A., 2018. Impact of dam retention on the local climate regime: Case of Beni Haroun (east Algeria). *Larhyss Journal*, 33, p: 51-69.
- Chelbi, I., Abdi, A., Depaquit, J., Fares, W., Abbas, M., Dachraoui, K., et Zhioua, E., 2022. Investigation of the Sandfly Fauna of Central Arid Areas and Northern Humid Regions of Tunisia, with Morphological and Molecular Identification of the Recently Established Population of *Phlebotomus* (Larroussius) perfiliewi. *Insects*, 13.
- Chen H., Zhang J., He Y., Lv Z., Liang Z., Chen J., Li P., Liu J., Yang H., Tao A., et al. 2022. Exploring the role of *Staphylococcus aureus* in inflammatory diseases. *Toxins*. 14:464. <https://doi.org/10.3390/toxins14070464>.
- Chenchouni, H., Merdas, S., Kouba, Y., Mostephaoui, T., Farhi, Y., Neffar, S., 2025. Multiscale partitioning effects of livestock grazing management on plant community composition and diversity in arid rangelands. *Journal of Environmental Management*, 373, 123670. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123670>
- Colwell, R.K., 2013. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. Available at: <http://purl.oclc.org/estimates>
- Compton, S.G., Bullock, J.M., Kenward, R.E., Hails, R.S., 2002. Sailing with the wind: dispersal by small flying insects. *Dispersal ecology: The 42nd Symposium of the British Ecological Society*, 2–5 April 2001, University of Reading, UK. Blackwell Publishing. 113–133 PP.
- Cotteaux-Lautard, C., Leparç-Goffart, I., Bérenger, J., Plumet, S., et Pagés, F., 2016. Phenology and host preferences *Phlebotomus perniciosus* (Diptera: Phlebotominae) in a focus of Toscana virus (TOSV) in South of France. *Acta tropica*, 153, p : 64-9.
- Cuellar, A.C., Kjaer, L.J., Kirkeby, C., et al., 2018. Spatial and temporal variation in the abundance of *Culicoides* biting midges (Diptera: Ceratopogonidae) in nine European countries. *Parasites Vectors* 11, 112. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2713-6>.

D

- Da Rosa, J.F.T., De Souza, W.M., De Paula Pinheiro, F., Figueiredo, M.L., Cardoso, J.F., Acrani, G.O., Nunes, M.R.T., 2017. Oropouche virus: clinical, epidemiological, and molecular aspects of a neglected orthobunyavirus. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 96, 1019–1030. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.16-0672>.

Références bibliographiques

- Dagalp, S.B., Dik, B., Farzani, T.A., Ataseven, V.S., Acar, G., Sahinkesen, I., Ozkul, A., 2021. Akabane virus infection in eastern Mediterranean region in Turkey: Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) as a possible vector. *Trop. Anim. Health Prod.* 53 (2), 231. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02463-4>.
- Daoudi, M., Boussaa, S., et Boumezzough, A., 2020. Modeling Spatial Distribution of *Sergentomyia minuta* (Diptera: Psychodidae) and Its Potential Implication in Leishmaniasis Transmission in Morocco. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 14, p:17 - 28.
- De la Roque, S., Rioux, J.A., 2008. Influence des changements climatiques sur l'épidémiologie des maladies transmissibles. Manuscrit N° 3215 bh. Conférences du centenaire de la SPA.
- De Oliveira Vial, M., Corrêa, B.V., Malegoni, A.C., Silva, T.B., Cassaro, L., Moscon, L.A., Rondon, D.A., Pereira, C.M., 2021. Bluetongue Virus Infection in Ruminants: A review paper. *Open Access Libr. J.* 8, 1–7. <https://doi.org/10.4236/oalib.1107150>.
- Découpage Administratif Algérie., 2014. Carte géographique JIJEL. Blogspot. <https://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2014/10/cartegeographiqueJIJEL.h>.
- Dedet, J.P., 1999. Traitement des leishmanioses. In: Les leishmanioses. Ellipses, Collection Aupelf/Uref, pp. 213–223.
- Dedet, J.P., 2001. Leishmanies. In: Leishmaniose, biologie clinique et thérapeutique. *Encycl. Méd.-Chir.* 8, 506–510.
- Dedet, J.P., Addadi, K., Belazzoug, S., 1984. Les Phlébotomes (Diptera: Psychodidae) d'Algérie. *Caieer. Office de la recherche scientifique et technique outre-mer. Parasitologia*, 22(22):99–127.
- Dedet, J.P., Carme, B., Desbois, N., Bourdoiseau, G., Lachaud, L., Pratlong, F., 2013. Épidémiologie des leishmanioses autochtones en France métropolitaine et d'outre-mer. *Parasitol.* <https://doi.org/10.1016/j.lpm.2013.03.010>.
- Delecolle, J.C., 1985. Nouvelle contribution à l'étude systématique et iconographique des espèces du genre Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) du Nord-Est de la France. Thèse de Doctorat, Univ. Strasbourg, 386 pp.
- Depaquit J et Léger N., 2017. Les phlébotomes (Diptera : Psychodidae : Phlebotominae). In : *Entomologie Médicale et Vétérinaire*, Duvallet G, Fontenille D & Robert V (Ed.) : 295- 320
- Depaquit, J., Léger, N., 2009. Les phlébotomes (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae). In: *Entomologie médicale et vétérinaire*, pp. 295–320.
- Depaquit, J., Léger, N., 2019. Les phlébotomes (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae). In: *Entomologie médicale et vétérinaire*, Chapitre 12, pp. 295–320.
- Depaquit, J., Léger, N., et Robert, V., 2008. Création du sous-genre Vattieromyia dans *Sergentomyia*. *Parasite*, 15(4), p : 237–248.
- Desjeux, P., 2001. Worldwide increasing risk factors for leishmaniasis. *Medical microbiology and immunology*, 190(1-2):77-79.
- Díaz-Sáez, V., Corpas-López, V., Merino-Espinosa, G., Morillas-Mancilla, M. J., Abattouy, N., Martín-Sánchez, J., 2021. Seasonal dynamics of phlebotomine sand flies and autochthonous

- transmission of *Leishmania infantum* in high-altitude ecosystems in southern Spain. *Acta Tropica*, 213, 105749. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105749>
- Dik, B., 1989. Konya ve çevresinde bulunan *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) türleri üzerine araştırmalar. Ankara Univ., Turkey.
- Dik, B., 2017. *Culicoides*'ler (Diptera: Ceratopogonidae), vektörlükleri ve mücadelesi. Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Parazitoloji Anabilim Dalı, Konya, Türkiye.
- Dillion RJ., El Kordy E., Lane RP., 1996. The prevalence of a microbiota in the digestive tract of *Phlebotomus papatasi*. *Ann Trop Med Parasitol* . 90: 669–673.
- Dillon R. J., Dillon V. M., 2004. The gut bacteria of insects: nonpathogenic interactions. *Annu Rev Entomol*. 49:71–92.
- Direction des Services Agricole (DSA)., 2015. Rapport annuel des services agricoles de la Wilaya de Mila.
- Direction des Services Agricole (DSA)., 2017. Rapport annuel des services agricoles de la Wilaya de Constantine.
- Direction des Services Agricole (DSA)., 2023. Rapport annuel des services agricoles de la Wilaya de Mila.
- Djebaili. S., 1984. steppe algérienne, phytosociologie et écologie, OPU, Alger, 177p.
- Djerbal, M., Delécolle, J.C., 2009. Entomological surveillance of bluetongue in Algeria. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.* 62 (2–4), 81–180. <https://doi.org/10.19182/remvt.9990>.
- Djerbal, M., Delecolle, J.-C., 2009. Surveillance entomologique de la fièvre catarrhale ovine en Algérie. *Revue d'élevage Et De médecine vétérinaire Des Pays Tropicaux*, 62(2-4), 141–141. <https://doi.org/10.19182/remvt.10051>
- Dolmatova, A., Demina, N.A., 1971. Les phlébotomes (Phlebotominae) et les maladies qu'ils transmettent. *Doc. Tech. ORSTOM* 18, 8–15.
- Dreux P., 1980. Précis d'écologie. Ed. Presses universitaires de France, Paris, 231p.
- Dujardin J. P., Le Pont F., 2004. Geographic variation of metric properties within the neotropical sandflies. *Infection, Genetics and Evolution*, 4(4), 353– 359. doi:10.1016/j.meegid.2004.05.001.
- Dusom, A.M., 2012. Identification et écologie des *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) vecteurs de la peste équine et de la fièvre catarrhale ovine au Sénégal. Thèse de Doctorat, Univ. Cheikh Anta Diop de Dakar, 144 pp.

E

- Eddaikra, N., 2016. Étude de la chimiorésistance aux antimonies chez *Leishmania* en Algérie: validation des tests in vitro et développement de marqueurs moléculaires. Thèse de doctorat, Univ. Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (UMMTO), Algérie.
- England, M. E., Pearce-Kelly, P., Brugman, V.A., King, S., Gubbins, S., Sach, F., Sanders, C.J, Masters, N.J, Denison, E., Carpenter, S., 2020. *Culicoides* species composition and molecular identification of host blood meals at two zoos in the UK. *Parasites Vectors* 13, 139. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04018-0>
- Ergunay, k., Ayhan, N., Charrel, R., 2017. A novel phlebovirus isolated from sand flies in Turkey. *Journal of General Virology* 98 (4), 778-789.

F

Fauna Europaea., 2010. Diptera Nematocera. Fauna Europaea version 1.2. Actualizado 3 de Junio de 2010. Disponible : <http://www.faunaeur.org/>.

Fendri, A.H., Beldjoudi, W., Ahraou, S., Djaballah, M., 2012. Les leishmanioses diagnostiquées au CHU Benbadis de Constantine (Algérie): bilan de cinq années (2006–2010). *Bull. Soc. Pathol. Exot.* 105, 46–48.

Fontenille D, Almeras L, Garros C., 2017. Concepts et méthodes d'identification des espèces d'arthropodes. In : *Entomologie Médicale et Vétérinaire*, Duvallet G, Fontenille D & Robert V (Ed.) : 61-78.

Foughali, A.A., Ziam, H., Agag, S., Medrouh, B., Elgroud, R., 2019. Caractérisation des exploitations laitières dans trois communes de Constantine, à l'Est algérien. Caractérisation des exploitations laitières de l'Est algérien, Reçu le 15/11/2018; Accepté le 16/06/2019.

Foxi, C., Delrio, G., 2010. Larval habitats and seasonal abundance of Culicoides biting midges found in association with sheep in northern Sardinia, Italy. *Med. Vet. Entomol.* 24, 199–209. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.2010.00861.x>

Foxi, C., Satta, G., Puggioni, G., Ligios, C., 2020. Biting midges (Ceratopogonidae, Culicoides). In: Reference Module in Biomedical Sciences. Elsevier Reference Collection in Biomedical Sciences, Encyclopedia of Infectious Immunology. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818731-9.00005-7>.

Fraih W., Fares W., Perrin P., Dorkeld F., Sereno D., Barhoumi W., Sbissi I., Cherni S., Chelbi I., Durvasula R., Ramalho-Ortigao M., Gtari M., Zhioua E. 2017. An integrated overview of the midgut bacterial flora composition of Phlebotomus perniciosus, a vector of zoonotic visceral leishmaniasis in the Western Mediterranean Basin. *PLoS Negl Trop Dis* . 11: e0005484.

G

Gana M., 2018. Valorisation des potentialités écologiques dans la wilaya de Constantine : Analyse cartographique de la structure des paysages et de la dynamique de l'occupation et l'utilisation du sol par télédétection et SIG. Thèse. Université des Frères Mentouri Constantine. 281p.

Gaouaoui, R., Zeroual, S., Boudjelida, H., 2017. Association between climatic changes and leishmaniasis incidence in Biskra district, Algeria. *J. Entomol. Zool. Stud.* 5(6), 43–49.

Garrido-Bautista, J., Harl, J., Fuehrer, H.-P., Comas, M., Smith, S., Penn, D.J., Moreno-Rueda, G., 2023. Prevalence, molecular characterization, and ecological associations of filarioid helminths in a wild population of blue tits (Cyanistes caeruleus). *Diversity* 15(5), 609. <https://doi.org/10.3390/d15050609>.

Garrido-Bautista, J., Martínez-de la Puente, J., Ros-Santaella, J.L., Pintus, E., Lopezosa, P., Bernardo, N., Comas, M., Moreno-Rueda, G., 2022. Habitat-dependent Culicoides species composition and abundance in blue tit (Cyanistes caeruleus) nests. *Parasitol.* 149(8), 1119–1128. <https://doi.org/10.1017/S003118202200066X>.

Garvin, M.C., Greiner, E.C., 2003. Ecology of Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) in southcentral Florida and experimental Culicoides vectors of the avian hematozoan Haemoproteus danilewskyi Kruse. *J. Wildl. Dis.* 39, 170–178. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-39.1.170>

Gay, E., Guegan, H., Ameline, M., Gangneux, J.P., 2015. Les leishmanioses humaines: parasitoses importées et autochtones. *Rev. Francoph. Lab.* 477, Décembre 2015.

- Gherbi, R., 2020. Inventaire, Biologie et Ecologie des Phlebotominae (Diptera, Psychodidae) dans la région semi-aride (cas de la région de Sétif) avec détection et identification des espèces de Leishmanies. Thèse de Doctorat. Univ. Sétif, 203 PP.
- Gherbi, R., Bounechada, M., Latrofa, M.S., Annoscia, G., Tarallo, V.D, Dantas-Torres, F., Otranto, D., 2020. Phlebotomine sand flies and Leishmania species in a focus of cutaneous leishmaniasis in Algeria. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 14(2), e0008024. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008024>
- Gijón-Robles, P., Gómez-Mateos, M., Corpas-López, E., Abattouy, N., Merino-Espinosa, G., Morillas-Márquez, F., Corpas-López, V., Díaz-Sáez, V., Riyad, M., et Martín-Sánchez, J. ,2023. Morphology does not allow differentiating the species of the *Phlebotomus perniciosus* complex: Molecular characterization and investigation of their natural infection by *Leishmania infantum* in Morocco. *Zoonoses and Public Health*, 70, p : 555 - 567.
- González, M., 2013. The genus *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) in the Basque Country, northern Spain. Thèse de Doctorat, Univ. Espagne, 327 pp.
- González, M., Goldarazena A ., 2011. El Género *Culicoides* en el País Vasco: Guía Práctica para su Identificación y Control. Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia. ISBN: 978- 84-457-3174-1 , 247 PP.
- González, M.A., Goiri, F., Barandika, J.F., García-Pérez, A.L., 2021. *Culicoides* biting midges and mosquito fauna at three dog and cat shelters in rural and peri-urban areas in northern Spain. *Med. Vet. Entomol.* 35, 79–87. <https://doi.org/10.1111/mve.12471>.
- González, M.A., Ruiz-Arrondo, I., Gutiérrez-López, R., Barceló, C., Miranda, M.Á., 2023. First record of *Phlebotomus (Larroussius) perfiliewi* (Diptera: Psychodidae), vector of *Leishmania infantum* and phleboviruses, in Spain. *Diversity* 15(3), 400. <https://doi.org/10.3390/d15030400>
- González, M.A., Ruiz-Arrondo, I., Gutiérrez-López, R., Barceló, C., Miranda, M.Á., 2023. First record of *Phlebotomus (Larroussius) perfiliewi* (Diptera: Psychodidae), vector of *Leishmania infantum* and phleboviruses, in Spain. *Diversity* 15(3), 400. <https://doi.org/10.3390/d15030400>.
- Gordo O & Sanz J.J., 2006. Climate change and bird phenology: a long-term study in the Iberian Peninsula. *Global Change Biology*, 12 (10): 1993-2004.
- Gouveia C., Asensi MD., Zahner V., Rangel EF., Oliveira SM. 2008. Study on the bacterial midgut microbiota associated to different Brazilian populations of *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva) (Diptera: Psychodidae). *Neotrop Entomol.* 37: 597–601.
- Granier, M., 2013. Étude de la perception du vaccin contre la leishmaniose par les vétérinaires et les propriétaires de chiens en zone d'enzootie sur le territoire de France métropolitaine. Thèse de doctorat, Univ. Paul-Sabatier de Toulouse, 171 p.
- Griffioen, K., Gemst, D.B.V., Pieterse, M.C., Jacobs, F., Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M.M., 2011. *Culicoides* species associated with sheep in the Netherlands and the effect of a permethrin insecticide. *Vet. J.* 190(2), 230–235. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.10.016>
- Guernaoui S., Garcia D., Gazanion E., Ouhdouch Y., Boumezzough A., et al. 2011. Bacterial flora as indicated by PCR-temperature gradient gel electrophoresis (TGGE) of 16S rDNA gene fragments from isolated guts of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae). *J Vec Ecol.* 36:144–147.
- Guernaoui, S., Boumezzough, A., Laamrani, A., 2006. Altitudinal structuring of sand flies (Diptera: Psychodidae) in the High-Atlas mountains (Morocco) and its relation to the risk of leishmaniasis transmission. *Acta Trop.* 97: 346–351.

H

- Hajd Henni, L., Sauvage, F., Ninio, C., Depaquit, J., Augot, D., 2014. Wing geometry as a tool for discrimination of *Obsoletus* group (Diptera: Ceratopogonidae: Culicoides) in France. *Infect. Genet. Evol.* 21, 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2013.10.008>.
- Hamilton A. L., Kamm M. A., Ng S. C., Morrison M., 2018. *Proteus* spp. as putative gastrointestinal pathogens. *Clin Microbiol Rev.* 31:e00085-17. <https://doi.org/10.1128/cmr.00085-17>
- Hammami, S., 2004. North Africa: a regional overview of bluetongue virus, vectors, surveillance and unique features. *Vet. Ital.* 40 (3), 43–46. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20419633>.
- Harrat, Z., Hamrioui, B., Belkaid, M., Tabet-Derraz, O., 1995. Point actuelles sur l'épidémiologie des leishmanioses en Algérie. *Bull. Soc. Pathol. Exot.* 88, 180–184.
- Harrat, Z., Pratlong, F., Belazzoug, S., Dereure, J., Deniau, M., Rioux, J.A., Belkaid, M., Dedet, J.P., 1996. *Leishmania infantum* and *L. major* in Algeria. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 90, 625–629.
- Henning, M.W., 1956. African horsesickness, perdesiekte, pestis equorum. In: *Animal Diseases in South Africa*, 3rd ed. Central News Agency Ltd., South Africa, pp. 593–596, 785–808.
- Hillesland H., Read A., Subhadra B., Hurwitz I., McKelvey R., Ghosh K., Das P., Durvasula R., 2008. Identification of aerobic gut bacteria from the kala azar vector, *Phlebotomus argentipes*: a platform for potential paratransgenic manipulation of sand flies. *Am J Trop Med Hyg.* 79:881–886.
- Holmes, P.R., Birley, M.H., 1987. An improved method for survival rate analysis from time series of haematophagous dipteran populations. *J. Anim. Ecol.* 56, 427–440.
- Hwang, J.M., Kim, J.G., Yeh, J.Y., 2019. Serological evidence of bluetongue virus infection and serotype distribution in dairy cattle in South Korea. *BMC Vet. Res.* 15(1), 200. <https://doi.org/10.1186/s12917-019-2000-z>.

I

- Isiye, E., Valcarcel, A.O., Curran, T., et al., 2025. Molecular characterisation of common *Culicoides* biting midges (Diptera: Ceratopogonidae) in Ireland. *Parasites Vectors* 18, 149. <https://doi.org/10.1186/s13071-025-06758-6>.
- Izri, A., Depaquit, J., Parola, P., 2006. Phlébotomes et transmission d'agents pathogènes dans le bassin méditerranéen. *Méd. Trop.* 66(5), 429–435.
- Izri, M., Belazzoug, S., Pratlong, F., et Rioux, J., 1992. Isolation of *Leishmania major* in *Phlebotomus papatasi* in Biskra (Algeria). The end of an ecoepidemiological saga. *Annales de parasitologie humaine et comparee*, 67(1), p:31-2.

J

- Jacquet, S., Huber, K., Pagès, N., Talavera, S., Burgin, L.E., Carpenter, S., Sanders, C., Dicko, A.H., Djerbal, M., Goffredo, M., Lhor, Y., Lucientes, J., Miranda-Chueca, M.A., Pereira Da Fonseca, I., Ramilo, D.W., Setier-Rio, M.-L., Bouyer, J., Chevillon, C., Balenghien, T., Guis, H., Garros, C., 2015. Range expansion of the bluetongue vector, *Culicoides imicola*, in continental France likely due to rare wind-transport events. *Sci. Rep.* 6, 27247. <https://doi.org/10.1038/srep27247>.
- Jamali, H., Bokaie, S., 2024. Epidemiological aspects of zoonotic cutaneous leishmaniasis (ZCL) in Iran, the Middle East, and worldwide: a comprehensive systematic review. *medRxiv* 2024.05.06.24306918. <https://doi.org/10.1101/2024.05.06.24306918>.

Jaouadi, K., Depaquit, J., Haouas, N., Chaara, D., Gorcii, M., Chargui, N., Dedet, J.P., Pratlong, F., Boubabous, R., Babba, H., 2012. Twenty-four new human cases of cutaneous leishmaniasis due to *Leishmania killicki* in Metlaoui, southwestern Tunisia: probable role of *Phlebotomus sergenti* in the transmission. *Acta Tropica*. 121, 276–283. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2012.01.014>.

Jaouadi, K., Ghawar, W., Salem, S., Gharbi, M., Bettaieb, J., Yazidi, R., Harrabi, M., Hamarsheh, O., et Salah, B., 2015. First report of naturally infected *Sergentomyia minuta* with *Leishmania major* in Tunisia. *Parasites et Vectors*, 8.

Javadian, E., Kassiri, H., Hanafi-Bojd, A.A., Abdigoudarzi, M., Mohebbali, M., Rassi, Y., 2018. Bacterial flora associated with sand flies and their potential role. *Acta Tropica* 178, 159–165.

K

Kabbout, N., 2017. Contribution à l'étude bio-écologique des insectes d'intérêt médical dans le Nord-Est Algérien. PhD thesis, Université d'Oum El Bouaghi, Algeria.

Kabbout, N., 2017. Contribution à l'étude bio-écologique des insectes d'intérêt médical dans le Nord-Est Algérien. Thèse de doctorat, Univ. Oum El Bouaghi, 224 p.

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., 2022. Étude bioécologique des insectes vecteurs des maladies parasitaires telles que la leishmaniose et virales à transmission vectorielle dans les régions subhumides et semi-arides (Thèse de doctorat, Université Abdelhafid Boussouf de Mila). Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf de Mila.

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, 106588. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2022.106588>.

Kamhawi, S., Sacks, D., 2008. Quantification of the infectious dose of *Leishmania major* transmitted to the skin by single sand flies. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 105(29), 10125–10130. <https://doi.org/10.1073/pnas.0802331105>.

Kardjadj, M., Luka, P.D., Benmahdi, M.H., 2016. Sero-epidemiology of bluetongue in Algerian ruminants. *Afr. J. Biotechnol.* 15(20), 868–871. <https://doi.org/10.5897/ajb2016.15343>.

Kardjadj, M., Luka, P.D., Benmahdi, M.H., 2016. Sero-epidemiology of bluetongue in Algerian ruminants. *Afr. J. Biotechnol.* 15 (20), 868–871. <https://doi.org/10.5897/AJB2016.15343>.

Karmaoui, A. 2020. Seasonal Distribution of *Phlebotomus papatasi*, Vector of Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis. *Acta Parasitologica*, 65, p : 585 - 598.

Kecies, H., Abdelouhab, Y., Bagues, M., Gali, L., Mekircha, F., Alloun, W., et Nagaz, K., 2022. Phenolic profile and bioactivity of the aerial part and roots of *Mentha rotundifolia* L. grown in two different localities in northeastern Algeria: A comparative study. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 47.

Kettle, D. S., Lawson, J.W.H., 1952. The early stages of British midges *Culicoides* Latreille (Diptera: Ceratopogonidae) and allied genera. *Bulletin of Entomological Research*, 43: 421-467.

Kettle, D.S., 1984. Ceratopogonidae (Biting midges). In: *Medical and Veterinary Entomology*. Bristol, Leaper and Gard Ltd., pp. 137–159.

- Khelifa, H., Ait Hamouda, M., Zerari, L., 2012. Étude hydrogéologique de la wilaya de Jijel. *Revue Algérienne de l'Hydrologie*, 5(1), p : 44–58.
- Killick-Kendrick, R., 1999. The Biology and Control of Phlebotomine Sand Flies. *Clin Dermatol.* 17(3): 279–289.
- Killick-Kendrick, R., Leaney, A., Peters, W., Rioux, J., et Bray, R., 1985. Zoonotic cutaneous leishmaniasis in Saudi Arabia: the incrimination of *Phlebotomus papatasi* as the vector in the Al-Hassa oasis. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 79(2), p:252-5.
- Klatt, S., Simpson, L., Maslov, D.A., Konthur, Z., 2019. *Leishmania tarentolae*: Taxonomic classification and its application as a promising biotechnological expression host. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 13(7), e0007424. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007424>.
- Kluiters, G., Sugden, D., Guis, H., McIntyre, K. M., Labuschagne, K., Vilar, M. J., Baylis, M., 2013. Modelling the spatial distribution of *Culicoides* biting midges at the local scale. *Journal of Applied Ecology*, 50, 232-242.
- Koch, L.K., Kochmann, J., Klimpel, S., Cunze, S., 2017. Modeling the climatic suitability of leishmaniasis vector species in Europe. *Sci. Rep.* 7, 13325. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13822-1>.
- Kremer, M., 1965. Contribution à l'étude du genre *Culicoides* Latreille particulièrement en France. *Encyclop. Ent. Série A*, Ed. P. Lechevalier, Paris, 11, 3–299.
- Krüger, A., 2017. Phlebotomine sandflies of Botswana: a taxonomic review and a faunistic update with the first record of genus *Phlebotomus*. *Acta Trop.* 171, 96–100. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.03.009>.
- Kumar, A., 2013. *Leishmania and Leishmaniasis*. Springer, New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8869-9>.

L

- Lacoste A & Salanon R., 2001. *Éléments de biogéographie et d'écologie*. 2 édition, Ed. Nathan / HER.Paris, 318 p.
- Lafri, I., Almeras, L., Bitam, I., Caputo, A., Yssouf, A., Forestier, C.L., Izri, A., Raoult, D., Parola, P., 2016. Identification of Algerian field-caught phlebotomine sand fly vectors by MALDI TOF MS. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 10(1), e0004351. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004351>.
- Laredo-Tiscareño, S.V., Garza-Hernandez, J.A., Tangudu, C.S., Dankaona, W., Rodríguez-Alarcón, C.A., Adame-Gallegos, J.R., De Luna Santillana, E.J., Huerta, H., Gonzalez-Peña, R., Rivera-Martínez, A., Rubio-Tabares, E., Beristain-Ruiz, D.M., Blitvich, B.J., 2024. Discovery of novel viruses in *Culicoides* biting midges in Chihuahua, Mexico. *Viruses* 16(7), 1160. <https://doi.org/10.3390/v16071160>.
- Lawyer, P., Killick-Kendrick, M., Rowland, T., Rowton, E., Volf, P., 2017. Laboratory colonization and mass rearing of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae). *Parasite* 24, 42. <https://doi.org/10.1051/parasite/2017041>.
- Layouni S., Remadi L., Chaâbane Banaoues R., Haouas N., Babba H., 2023. Identification of cuticle and midgut fungal microflora of phlebotomine sand flies collected in Tunisia. *Arch. Microbiol.* 205:64.
- Léger, N., Depaquit, J., 2002. Systématique et biogéographie des phlébotomes (Diptera: Psychodidae). *Ann. Soc. Entomol. Fr. (n.s.)* 38(1–2), 163–175.

Lemon, S.M., Sparling, P.F., Hamburg, M.A., Relman, D.A., Choffnes, E.R., Mack, A., 2008. Vector-borne diseases: Understanding the environmental, human health and ecological connections, workshop summary. Washington (DC): National Academies Press (US).

Levine, N.D., Corliss, J.O., Cox, F.F.G., Deroux, G., Grain, J., Honigberg, B.M., Leedale, G.F., Loeblich, A.R., Lom, J., Lynn, D., Merinfeld, E.G., Page, F.C., Poljansky, G., Sprague, V., Vavra, J., Wallace, F.G., 1980. A newly revised classification of the Protozoa. *J. Protozool.* 27, 37–58.

Lewis D., Dyce A., 1988. Taxonomy of the Australasian phlebotominae (Diptera: Psychodidae) with revision of genus *Sergentomyia* from the region. *Invertebr. Syst.* 2: 755–804.

Lhor, Y., Khayli, M., Bouslikhane, M., El Harrak, M., Fihri, O.F., 2015. Spatial and seasonal distribution of *Culicoides* species in Morocco in relation to the transmission of bluetongue viruses. *Br. J. Virol.* 2(6): 88–95. <https://doi.org/10.17582/journal.bjv/2015.2.6.88.95>

Losson, B., Mignon, B., Paternostre, J., Madder, M., De Deken, R., De Deken, G., Deblauwe, I., Fassotte, C., Cors, R., Defrance, T., Delécolle, J.-C., Baldet, T., Haubruge, E., Frédéric, F., Bortels, J., Simonon, G., 2007. Biting midges overwintering in Belgium. *Vet. Rec.* 160 (13), 451–452. <https://doi.org/10.1136/vr.160.13.451-b>.

Louzir, H., Aoun, K., Späth, G.F., Laouini, D., Prina, E., Victoir, K., Bouratbine, A., 2013. Les leishmanioses vues au travers du réseau international des Instituts Pasteur. *Med. Sci. (Paris)* 29, 1151–1160. <https://doi.org/10.1051/medsci/20132912020>.

Luedke, A.J., Anakwenze, E.I., 1972. Bluetongue virus in goats. *Am. J. Vet. Res.* 33(9), 1739.

M

Mansouri, K., Pratlong, F., Bachi, F., Hamrioui, B., Dedet, J.P., 2012. The first isoenzymatic characterizations of the *Leishmania* strains responsible for cutaneous leishmaniasis in the area of Annaba (Eastern Algeria). *Open Conf. Proc. J.* 3 (Suppl 2-M2), 1–7.

Maroli, M., Feliciangeli, M.D., Bichaud, L., Charrel, R.N., Gradoni, L., 2013. Phlebotomine sandflies and the spreading of leishmaniasis and other diseases of public health concern. *Med Vet Entomol*, 27, 123-147.

Maroli, M., Gramiccia, M., et Gradoni, L., 1987. Natural infection of *Phlebotomus perfiliewi* with *Leishmania infantum* in a cutaneous leishmaniasis focus of the Abruzzi region, Italy. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 81(4), p:596-8.

Martínez-de la Puente, J., Mathieu, B., Carpenter, S., Baldet, T., 2021. *Culicoides imicola* (biting midge). *Trends Parasitol.* 37(5), 458–459. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2021.03.001>.

Martín-Sánchez, J., Rodríguez-Granger, J., Morillas-Márquez, F., Merino-Espinosa, G., Sampedro, A., Aliaga, L., Corpas-López, V., Tercedor-Sánchez, J., AneirosFernández, J., Acedo-Sánchez, C., Porcel-Rodríguez, L., Díaz-Sáez, V., 2020. Leishmaniasis due to *Leishmania infantum*: integration of human, animal and environmental data through a One Health approach. *Transbound. Emerg. Dis.* <https://doi.org/10.1111/tbed.13580>.

Mebarkia, N., Neffar, N., Djellab, S., Ricarte, A., Chenchouni, H., 2021. New records, distribution and phenology of hoverflies (Diptera: Syrphidae) in semi-arid habitats in northeastern Algeria. *Orient. Insects* 55 (1), 69–98. <https://doi.org/10.1080/00305316.2020.1749906>.

Mecheri, S., Nighat Perveen, Khalid Muhammad, Sabir Bin Muzaffar, Tean Zaheer, Nayla Munawar, Bojan Gajic, Olivier Andre Sparagano, Uday Kishore, Arve Lee Willingham, 2023. Vector

competence and immune interactions in arthropod vectors. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology* 13, 118.

Mehlhorn, H., Walldorf, V., Klimpel, S., Schaub, G., Kiel, E., Focke, R., Liebisch, G., Liebisch, A., Werner, D., Bauer, C., Clausen, H., Bauer, B., Geier, M., Hörbrand, T., Bätza, H.-J., Conraths, F.J., Hoffmann, B., Beer, M., 2009. Bluetongue disease in Germany (2007–2008): monitoring of entomological aspects. *Parasitol. Res.* 105 (2), 313–319. <https://doi.org/10.1007/s00436-009-1416-y>.

Meiswinkel, R., Gomulski, L.M., Delécolle, J.C., Goffredo, M., Gasperi, G., 2004. The taxonomy of Culicoides vector complexes – unfinished business. *Vet. Ital.*, 40 (3), 151-159.

Mellor, P.S., Baylis, M., Mertens, P.P.C., 2009. Bluetongue. First Edition. Elsevier, 527 pp.

Mellor, P.S., Boned, J., Hamblin, C., Graham, S., 1990. Isolation of African horse sickness virus from vector insects made during the 1988 epizootic in Spain. *Epidemiology and Infection*, 105: 447-454.

Mellor, P.S., Boorman, J., Baylis, M., 2000. Culicoides Biting Midges: Their Role as Arbovirus Vectors. *Annual Review of Entomology*, 45, 307-340.

Mellor, P.S., Wittmann, E.J., 2002. Bluetongue virus in the Mediterranean Basin 1998–2001. *Vet. J.* 164, 20–37. <https://doi.org/10.1053/tvj.2002.0713>.

Merad Y., Derrar H., Belmokhtar Z., Belkacemi M., 2021. Aspergillus genus and its various human superficial and cutaneous features. *Pathogens*. 10:643. <https://doi.org/10.3390/pathogens10060643>.

Merniz, N., Tahar, A., et Benmehaia, A. M., 2019. Statistical assessment of rainfall variability and trends in northeastern Algeria. *Journal of Water and Land Development*, 40, p:87–96.

Merzouk, N., 2000. Wind energy potential of Algeria. *Renewable Energy*, 21, p : 553-562.

Midori O., Braig HR., Munstermann L., Ferro C., O’neill S. 2001. Wolbachia infections of Phlebotomine sand flies (Diptera : Psychodidae). *Med Ent J* . 38: 237–241.

Mignotte, A., Garros, C., Dellicour, S., Jacquot, M., Gilbert, M., Gardès, L., Balenghien, T., Duhayon, M., Rakotoarivony, I., Wavrechin, M., Huber, K., 2021. High dispersal capacity of Culicoides obsoletus (Diptera: Ceratopogonidae), vector of bluetongue and Schmallenberg viruses, revealed by landscape genetic analyses. *Parasites Vectors* 14, 49. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04522-3>.

Mliki, F., 2015. Épidémiologie, évolution et impact des changements climatiques sur une maladie zoonotique vectorielle : la leishmaniose en Algérie. Thèse de doctorat, Univ. Annaba (Algérie), 156 pp.

Mokni, M., 2019. Leishmanioses cutanées. *Ann. Dermatol. Venereol.* 146 (3), 232–246.

Moraes C. S., Lucena S. A., Moreira B. H. S., et al., 2012. Relationship between digestive enzymes and food habit of Lutzomyia longipalpis (Diptera: Psychodidae) larvae: characterization of carbohydrases and digestion of microorganisms. *J Insect Physiol.* 58:1136–1145. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys>.

Mouloua, A., Boubidi S. C., L. Bouiba, G. Mezai, M. Madiou, and Z. Harrat., 2017. Impact environnemental sur la répartition des leishmanioses dans le foyer de Tizi-Ouzou (Algérie). *Revue Méd. Vét.* 168(10–12): 252–261.

Mukhopadhyay, E., Hazra, S., Saha, G.K., Banerjee, D., 2017. Altitudinal variation and bio-climatic variables influencing the potential distribution of Culicoides orientalis Macfie, 1932, suspected vector of Bluetongue virus across the North Eastern Himalayan belt of Sikkim. *Acta Trop.* 176, 402–411. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.09.008>.

Mukhopadhyay, J., Braig, H.R., Rowton, E.D., Ghosh, K., 2012. Naturally occurring culturable aerobic gut flora of adult *Phlebotomus papatasi*, vector of *Leishmania major* in the Old World. *PLoS One* 7 (5), e35748. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035748>.

Mullen, G.R., 2009. Biting midges (Ceratopogonidae). In: Mullen, G.R., Durden, L.A. (Eds.), *Medical and Veterinary Entomology*. 2nd Edition. Elsevier, pp. 163–183.

Mullen, G.R., Murphree, C.S., 2019. Biting midges (Ceratopogonidae). In: Mullen, G.R., Durden, L.A. (Eds.), *Medical and Veterinary Entomology*. 3rd Edition. Elsevier, pp. 191–212. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814043-7.00012-1>.

Müller G. C., Schlein Y., 2004. Nectar and honeydew feeding of *Phlebotomus papatasi* in a focus of *Leishmania major* in Neot Hakikar oasis. *J Vec Ecol*. 29:154–158

Munstermann, L.E., 2019. Phlebotomine sand flies and moth flies (Psychodidae). In: Mullen, G.R., Durden, L.A. (Eds.), *Medical and Veterinary Entomology*. Third Edition. Academic Press, pp. 191–212. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814043-7.00012-1>.

Murray, M.D., 1991. The seasonal abundance of female biting-midges, *Culicoides brevitarsis* Kieffer (Diptera: Ceratopogonidae), in coastal south-eastern Australia. *Aust. J. Zool*. 39, 333–342. <https://doi.org/10.1071/ZO9910333>.

N

Nehaï, H., et Guettouche, M. S., 2020. Soil loss estimation using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) under GIS in the Wilaya of Jijel (Algeria). *Arabian Journal of Geosciences*.

Nevill, E.M., Anderson, D., 1972. Host preferences of *Culicoides* midges (Diptera: Ceratopogonidae) in South Africa as determined by precipitin tests and light trap catches. *Onderstepoort J. Vet. Res*. 39, 147–152.

Niang, A.A., Geoffroy, B., Angel, G., Trouillet, J., Killick-Kendrick, R., Hervy, J.P., Brunhes, J., 2000. Les phlébotomes de l'Afrique de l'Ouest. Logiciel d'identification et d'enseignement. IRD Éditions.

Norouzi B., Hanafi-Bojd A. A., Moin-Vaziri V., Noorallahi A., Azari-Hamidian S., 2020. Ecology of sand flies (Diptera : Psychodidae, Phlebotominae) in a new focus of leishmaniasis in northern Iran. *Acta Trop*. 212 : 105649.

O

Office International des Epizooties (OIE)., 2021. Bluetongue (infection with Bluetongue virus). *Terrestrial Manual*, 1–19. <https://www.oie.int/en/what-we-offer/expertisenetwork/reference-laboratories/#ui-id-3>.

Oksanen J, Simpson G, Blanchet F, et al., 2024. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.6-8. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

OMS., 2020. Maladies à transmission vectorielle. 2 mars 2020.

ONM (Office National de la Météorologie)., (2015).

Osborne, C.J., Cohnstaedt, L.W., Silver, K.S., 2023. Outlook on RNAi-based strategies for controlling *Culicoides* biting midges. *Pathogens* 12(10), 1251. <https://doi.org/10.3390/pathogens12101251>.

P

- Pasini, A., Amendola, S., Giacomini, A., Calderini, P., Barlozzari, G., Macrì, G., Pombi, M., et Gabrielli, S., 2020. Neural network modelling for estimating linear and nonlinear influences of meteorological variables on *Sergentomyia minuta* abundance using small datasets. *Ecol. Informatics*, 56, 101055.
- Pekağırbaş, M., Karakuş, M., Kasap, O. E., Demir, S., Nalçacı, M., Töz, S., Özbel, Y., 2021. Investigation of Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) Fauna, Seasonal Dynamics, and Natural Leishmania spp. Infection in Muğla, Southwest of Turkey. *Acta Tropica*, 216, 105827. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2021.105827>
- Pereira, S., Pita-Pereira, D., Araújo-Pereira, T., Britto, C., Da Costa-Rego, T., Ferrolho, J., Vilhena, M., Rangel, E., Vilela, M., et Afonso, M., 2017. First molecular detection of *Leishmania infantum* in *Sergentomyia minuta* (Diptera, Psychodidae) in Alentejo, southern Portugal. *Acta tropica*, 174, p:45-48.
- Perie, P., Chermette, R., Millemann, Y., Zientara, S., 2005. Les Culicoides, diptères hématophages vecteurs de la fièvre catarrhale du mouton. *Bull. Acad. Vet. Fr.* 158(3), 213–224. <https://doi.org/10.4267/2042/47770>.
- Pesson, B., Ready, J., Benabdennbi, I., Martín-Sánchez, J., Esseghir, S., Cadi-Soussi, M., Morillas-Márquez, F., et Ready, P., 2004. Sandflies of the *Phlebotomus perniciosus* complex: mitochondrial introgression and a new sibling species of *P. longicuspis* in the Moroccan Rif. *Medical and Veterinary Entomology*, 18. <https://doi.org/10.1111/j.0269-283x.2004.0471.x>.
- Pons, S., 2017. L'épizootie de fièvre catarrhale ovine (FCO) en France en 2015 : description et gestion sanitaire. Thèse de doctorat. Université Claude-Bernard Lyon, 126 p.
- Prudhomme, J., 2015. Phlébotomes et écosystèmes : impact des facteurs biotiques et abiotiques sur la structure génétique et phénotypique des populations. Thèse de doctorat, Univ. Montpellier (France), 258 pp.
- Pudar, D., Petrić, D., Allène, X., Alten, B., Ayhan, N., Cvetkovikj, A., et al., 2018. An update of the Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) checklist for the Balkans. *Parasites Vectors* 11, 462. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-3051-x>.
- Pujols, M.A., 2012. Les conséquences de la fièvre catarrhale ovine (FCO) sur la reproduction des petits ruminants. Thèse de doctorat. École Nationale Vétérinaire d'Alfort, 62 p.
- 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. *Annu. Rev. Entomol.* 60, 373–392. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-020614>

R

- Rajendran P., Modi GB., 1982. Bacterial flora of sand fly gut (Diptera: Psychodidae). *Indian J Public Health*. 26: 49–52.
- Ramade F., 1984. *Éléments d'écologie – Ecologie fondamentale*. Ed. Mc. Graw – Hill, Paris, 397 p.
- Ramdane, E., Berchi, S., Louadi, K., 2018. Les phlébotomes (Diptera, Psychodidae), vecteurs d'agents pathogènes responsables de la leishmaniose humaine dans la région de Constantine (Algérie). *Entomofauna*. 39(4): 537–555.
- Ramilo, D.W., Nunes, T., Madeira, S., Boinas, F., Pereira, I., 2017. Geographical distribution of Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) in mainland Portugal: Presence/absence modelling of vector and potential vector species. *PLoS One* 12(7), e0180606. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180606>

Ready P. D., 2013. Biology of phlebotomine sand flies as vectors of disease agents. *Annu Rev Entomol.* 58:227–250.

Remadi, L., Chargui, N., Jiménez, M., Molina, R., Haouas, N., González, E., Chaabane-Banaouas, R., Salah, E., Haddaji, M., Chaabouni, Y., et Babba, H., 2020. Molecular detection and identification of Leishmania DNA and blood meal analysis in Phlebotomus (Larroussius) species. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 14. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008077>.

Rigg, C.A., Perea, M., González, K., Saldaña, A., Calzada, J.E., Gao, Y., Gottdenker, N.L., Chaves, L.F., 2021. Diversity, Co-Occurrence, and Nestedness Patterns of Sand Fly Species (Diptera: Psychodidae) in Two Rural Areas of Western Panamá. *Insects*, 12, 113. <https://doi.org/10.3390/insects12020113>.

Ritchie, A., Blackwell, A., Malloch, G., Fenton, B., 2004. Heterogeneity of ITS1 sequences in the biting midge *Culicoides impunctatus* (Goetghebuer) suggests a population in Argyll, Scotland, may be genetically distinct. *Genome* 47, 546–558.

Rohlf F., J and Slice D., 1990. Extensions of the procrustes method for the opti-mal superimposition of landmarks. *Syst. Zool.*, 39(1):40-59.

Rojas, J.M., Rodríguez-Martín, D., Martín, V., Sevilla, N., 2019. Diagnosing bluetongue virus in domestic ruminants: current perspectives. *Vet. Med. Res. Rep.* 10, 17–27. <https://doi.org/10.2147/vmrr.s163804>.

Romón, P., Higuera, M., Delécolle, J.-C., Baldet, T., Aduriz, G., Goldarazena, A., 2012. Phenology and attraction of potential *Culicoides* vectors of bluetongue virus in Basque Country (northern Spain). *Vet. Parasitol.* 186 (3–4), 415–424. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.11.023>.

Russo J., Rioux J. A., Lambert M., Rispail P., Belmonte A., Berchi S., 1991. Chorologie des phlébotomes de l'est algérien. (Diptera, phlebotomidae). *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, 66: n° 6, 247-251.

Rydzanicz K., Lonc E., 2003. Species composition and seasonal dynamics of mosquito larvae in the Wrocław, Poland area. *Journal of Vector Ecology.* 28 (2): 255-266.

S

Saegerman, C., Berkvens, D., Mellor, P.S., Dal Pozzo, F., Porter, S., Zientara, S., 2008. Épidémiologie de la fièvre catarrhale ovine en Europe : situation actuelle et perspectives. *Renc. Rech. Ruminants* 15, 17–24.

Sahnoune, F., Belhamel, M., Zemat, M., Kerbach, R., 2013. Climate change in Algeria: vulnerability and strategy of mitigation and adaptation. *Energy Procedia* 36, 1286–1294. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.07.145>.

Sakkas, H., Bozidis, P., Franks, A., Papadopoulou, C., 2018. Oropouche fever: a review. *Viruses* 10, 175. <https://doi.org/10.3390/v10040175>.

Samaké, D., 2024. Épidémiologie de la leishmaniose cutanée au Mali : cartographie, suivi clinique et facteurs de risque des cas. Thèse de doctorat, Univ. des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako. Disponible sur : <https://www.bibliosante.ml/handle/123456789/13171>.

Sant'Anna M R V., Diaz-Albiter H., Aguiar-Martins K., S Al Salem W., Cavalcante R R., Dillon V M., Bates P A., Genta F A., Dillon R J., 2014. Colonisation resistance in the sand fly gut: *Leishmania* protects *Lutzomyia longipalpis* from bacterial infection. *Parasites & Vectors.* 7:329.

- Sarto i Monteys, V., Saiz-Ardanaz, M., 2003. Culicoides midges in Catalonia (Spain), with special reference to likely bluetongue virus vectors. *Med. Vet. Entomol.* 17, 288–293. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.2003.00443.x>.
- Savini, G., Puggioni, G., Meloni, G., Marcacci, M., Di Domenico, M., Rocchigiani, A.M., Spedicato, M., Oggiano, A., Manunta, D., Teodori, L., Leone, A., Portanti, O., Cito, F., Conte, A., Orsini, M., Cammà, C., Calistri, P., Giovannini, A., Lorusso, A., 2017. Novel putative bluetongue virus in healthy goats from Sardinia, Italy. *Infect. Genet. Evol.* 51, 108–117. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2017.03.021>.
- Schlein Y., Polacheck I., Yuval B., 1985. Mycoses, bacterial infections and antibacterial activity in sandflies (Psychodidae) and their possible role in the transmission of leishmaniasis. *Parasitology* . 90:57–66.
- Seddiki, H., 2012. Voyage de fin de mission en Algérie du 10 au 15 octobre 2012. Compte rendu. 8p.
- Seddiki, H., Chaalal, O.M., et Stambouli, M.R., 2013. Mila la wilaya. Edition Albayazin.
- Sellers, R.F., 1992. Weather, Culicoides, and the distribution and spread of bluetongue and African horse sickness viruses. In: Walton, T.E., Osburn, B.I. (eds.), Bluetongue, African Horse Sickness, and Related Orbiviruses. CRC Press, Boca Raton, pp. 284–290.
- 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>
- Sick, F., Beer, M., Kampen, H., Wernike, K., 2019. Culicoides biting midges—underestimated vectors for arboviruses of public health and veterinary importance. *Viruses* 11(4), 376. <https://doi.org/10.3390/v11040376>.
- Slama, D., Babba, H., Chaker, E., 2017. Culicoides spp. (Diptera: Ceratopogonidae) in Tunisia. In: Shields, V.D.C. (ed). Biological Control of Pest and Vector Insects. *Intech Open*, London, pp. 213–230. <https://doi.org/10.5772/66944>
- 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>
- Sofizadeh, A., Rassi, Y., Vatandoost, H., Hanafi-Bojd, A.A., Mollalo, A., Rafizadeh, S., Akhavan, A.A., 2017. Predicting the distribution of *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae), the primary vector of zoonotic cutaneous leishmaniasis, in Golestan Province of Iran using ecological niche modeling: Comparison of MaxEnt and GARP models. *J. Med. Entomol.* 54(2), 312–320. <https://doi.org/10.1093/jme/tjw178>
- Solana, J.C., Bernardo, L., Moreno, J., Aguado, B., Requena, J.M., 2022. The astonishing large family of HSP40/DnaJ proteins existing in Leishmania. *Genes* 13 (5), 742. <https://doi.org/10.3390/genes13050742>.
- Soukehal, B., 2009. La wilaya de Mila : villes, villages et problématique de l'alimentation en eau potable. Thèse de Doctorat.Univ. Costantine, 315p.
- Soukehal, M., 2010.Dégradation du couvert végétal et risques d'incendie en région méditerranéenne. *Revue des Forêts Algériennes*, 4(1), p : 45-53.

Spellerberg I. F., Fedor P. J., 2003. A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species diversity and the “Shannon-Wiener” Index. *Global Ecology and Biogeography*. 12 (3): 177–183.

Sperlova, A., Zendulkova, D., 2011. Bluetongue: a review. *Vet. Med. (Praha)* 56(9), 430–452.

Sussman M., 1985. *Escherichia coli* in human and animal disease. In: Sussman M., ed. The virulence of *Escherichia coli*. Academic Press. London, UK. pp. 7–45.

Svobodová, M., Dolnik, O.V., Čepička, I., Rádrová, J., 2017. Biting midges (Ceratopogonidae) as vectors of avian trypanosomes. *Parasites Vectors* 10, 224. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2158-9>.

T

Tabachnick, W.J., 2010. Challenges in predicting climate and environmental effects on vector-borne disease epistemics in a changing world. *J. Exp. Biol.* 213, 946–954. <https://doi.org/10.1242/jeb.037556>.

Talavera, S., Muñoz-Muñoz, F., Pagès, N., 2011. New insights on diversity, morphology and distribution of *Culicoides* Latreille 1809 (Diptera: Ceratopogonidae) from Northeast Spain. *Ann. Soc. Entomol. Fr. (N.S.)* 47(1–2), 214–231. <https://doi.org/10.1080/00379271.2011.10697714>.

Thoreau-Pierre B., 1976. Facteurs écologiques, notions de dynamique de population. Échantillonnages et exploitation mathématiques et statistiques des résultats. Doc. polyc., Dép. Zool. agri., Inst. nati. agro., El Harrach, 41 p.

Touchon, J.C., Warkentin, K.M., 2008. Fish and dragonfly nymph predators induce opposite shifts in color and morphology of tadpoles. *Oikos* 117, 634–640. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2008.16354.x>.

U

Uslu, U., 2003. Determination of breeding sites of *Culicoides* species (Diptera: Ceratopogonidae) in Konya province (Turkey). Doctoral thesis, Univ. of Health Science. Konya (Turkey).

Uslu, U., Dik, B., 2006. Vertical distribution of *Culicoides* larvae and pupae. *Med. Vet. Entomol.* 20, 350–352. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.2006.00641.x>.

Uslu, U., Dik, B., 2010. Chemical characteristics of breeding sites of *Culicoides* species (Diptera: Ceratopogonidae). *Vet. Parasitol.* 169, 178–184. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.12.021>.

V

Valkiūnas, G., Žičkus, T., Shapoval, A.P., Iezhova, T.A., 2006. Effect of *Haemoproteus belopolskyi* (Haemosporida: Haemoproteidae) on body mass of the Blackcap *Sylvia atricapilla*. *J. Parasitol.* 92, 1123–1125. <https://doi.org/10.1645/GE-3564-RN.1>.

Vaughan, J.A., Turner, E.C., 1987. Development of immature *Culicoides variipennis* (Diptera: Ceratopogonidae) from Saltville, Virginia, at constant laboratory temperatures. *J. Med. Entomol.* 24, 390–395. <https://doi.org/10.1093/jmedent/24.4.390>.

Velten, R.K., Mullens, B.A., 1997. Field morphological variation and laboratory hybridization of *Culicoides variipennis sonorensis* and *C. v. occidentalis* (Diptera: Ceratopogonidae) in southern California. *J. Med. Entomol.* 34, 277–284. <https://doi.org/10.1093/jmedent/34.3.277>.

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.

Venter, G., 2014. Disease transmission \[Internet]. Afrivip.org. Disponible sur: [http://www.afrivip.org/education/arthropodvectors/culicoides/culicoides/2014/diseasetransmission] consulté le 11 août 2014].

Venter, G.J., 2015. Culicoides spp. (Diptera: Ceratopogonidae) as vectors of bluetongue virus in South Africa – a review. *Vet. Ital.* 51, 325–333. <https://doi.org/10.12834/VetIt.382.1604.2>.

Villard, P., Munoz, F., Balenghien, T., Baldet, T., Lancelot, R., Hénau, V., 2019. Modeling Culicoides abundance in mainland France: implications for surveillance. *Parasit. Vectors* 12, 273. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3642-1>.

Voigt, A., Kampen, H., Heuser, E., Zeiske, S., Hoffmann, B., Höper, D., Holsteg, M., Sick, F., Ziegler, S., Wernike, K., Beer, M., Werner, D., 2024. Emergence of bluetongue virus serotype 3 in western Germany, October 2023, and ad-hoc monitoring in Culicoides biting midges. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2024.02.26.582175>.

W

W.H.O. (World Health Organization), 2010. Control of the leishmaniasis. Report of a meeting of the WHO Expert Committee on the Control of Leishmaniasis. WHO Tech. Rep. Ser. 949, Geneva.

Wang J., Weiss B. L., Aksoy S., 2013. Tsetse fly microbiota: form and function. *Front Cell Infect Microbiol.* 3:3.

Wilson, A., Darpel, K., Scott Mellor, P.H., 2008. Where Does Bluetongue Virus Sleep in the Winter?. *Plos Biology*. doi:10.1371/journal.pbio.0060210.g002

Wilson, R.J., Maclean, I.M.D., 2011. Recent evidence for the climate change threat to Lepidoptera and other insects. *J. Insect Conserv.* 15, 259–268. <https://doi.org/10.1007/s10841-010-9342-y>.

Wittmann, E.J., Baylis, M., 2000. Climate change: effects on Culicoides-transmitted viruses and implications for the UK. *Vet. J.* 160, 107–117. <https://doi.org/10.1053/tvjl.2000.0470>.

Wittmann, E.J., Mellor, P.S., Baylis, M., 2001. Using climate data to map the potential distribution of Culicoides imicola (Diptera: Ceratopogonidae) in Europe. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 20, 731–740. <https://doi.org/10.20506/rst.20.3.1319>.

Y

Yared, S., Gebresilassie, A., Akililu, E., Deribe, K., Balkew, M., Warburg, A., Hailu, A., Gebre-Michael, T., 2017. Diversity and altitudinal distribution of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in visceral leishmaniasis endemic areas of northwest Ethiopia. *Acta Trop.* 176: 1–10.

Z

Zahra, S., Reza, F., Djafar, M., Mohsen, K., Mohsen, A., Hossein, F., et Koorosh, A., 2015. phlebotomus papatasi (diptera: psychodidae) as the vector of leishmania major in kharameh district, southern iran. *Journal of health sciences and surveillance system*, 3, p : 160-164.

Zarrouk, A., Boussaa, S., et Belqat, B., 2022. Distribution and Ecology of Phlebotomine Sand Flies (Diptera: Psychodidae) in Endemic and Nonendemic Area of Leishmaniasis in Northern Morocco. *Journal of Medical Entomology*, 59, p:2120 - 2129.

- Zarrouk, A., Kahime, K., Boussaa, S., et Belqat, B., 2015. Ecological and epidemiological status of species of the *Phlebotomus perniciosus* complex (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae) in Morocco. *Parasitology Research*, 115, p : 1045 - 1051.
- Zeroual S., 2017. Les phlébotomes vecteurs de leishmaniose dans la région de Biskra : Inventaire et écologie des phlébotomes et étude épidémiologique. Thèse de Doctorat en Sciences Spécialité : Biologie Animale. Université Badji Mokhtar Annaba.108p.
- Zeroual S., Gaouaoui R., Boudjelida H., 2016. Diversity and occurrence of phlebotomine sand flies (Diptera : Psychodidae) in the area of Biskra (Middle Eastern of Algeria). *J Entomol Zool Stud.* 4(5) : 890-895.
- Zerroug K., 2012. Elaboration d'un système d'information géographique (flore) dans la Wilaya de Sétif. Mémoire Magister. Option: Biodiversité et gestion des écosystèmes. Université Ferhat Abbes Sétif,1–114.
- Zimmer, J. Y., Losson, B., Saegerman, C., Haubruge, E., 2009. Ecologie et distribution des espèces de *Culicoides latreille* 1809 (Diptera: Ceratopogonidae) à proximité d'une exploitation bovine en Belgique. *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 45(3), 393–400. <https://doi.org/10.1080/00379271.2009.10697623>
- Zimmer, J.Y., 2007. Contribution à l'étude écologique des larves du genre *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae), comprenant les espèces vectrices de la fièvre catarrhale ovine (Bluetongue). Mémoire de fin d'études, Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, 75 pp.
- Zimmer, J.Y., Haubruge, É., Francis, F., 2014. Synthèse bibliographique : l'écologie larvaire des *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) / Review: larval ecology of *Culicoides* biting midges (Diptera: Ceratopogonidae). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 18, 301–312.
- Zimmer, J.Y., Losson, B., Haubruge, É., 2008. Biologie et écologie des *Culicoides* (Diptera), vecteurs de la fièvre catarrhale ovine. *Faun. Entomol.* 61, 53–57.
- Zimmer, J.Y., Saegerman, C., Martinelle, L., Losson, B., Leroy, P., Haubruge, E., Francis, F., 2014. Les porcheries : réservoirs des *Culicoides* (Diptera : Ceratopogonidae), vecteurs des virus de la Maladie de la Langue bleue et de Schmallenberg ? *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 18 (4), 480-487.
- Zouaidia, H., 2006. Bilan des incendies des forêts dans l'Est algérienne cas de Mila, constantine, Guelma et Souk-Ahras. Mémoire de Magister. Univ. Constantine, 153 PP.

Annexes

Annexe I

Les valeurs des moyennes des T° max, T° m (°C), P (mm) et Q2 (période 2014- 2024) dans la région de Mila.

Les paramètres	Mois le plus chaud	Mois le plus froid	M (c°)	m (c°)	P (mm)	Q ²
2014	Août	Décembre	33,4	4,5	654,7	77,7031
2015	Juillet	Février	36,3	2,2	773,2	77,7735
2016	Juillet	Janvier	34,3	6	534	64,7216
2017	Juillet	Décembre	36,1	8	399	48,7036
2018	Août	Janvier, Décembre	36,3	7,2	454	53,5127
2019	Août	Janvier	33,1	3,8	663	77,614
2020	Août	Janvier	34,5	4,3	532	60,4225
2021	Août	Janvier	33,6	6,4	412	51,9544
2022	Juillet	Janvier	35,2	3,7	645,1	70,2442
2023	Juillet	Janvier, Février	36,1	6,2	761,9	87,4019
2024	Juillet, Août	Janvier, Décembre	37,5	2,9	650	64,4364
Totale			386,4	55,2	6478,9	734,488
Moyenne			35,1272	5,01818	588,9909	66,7716

Les valeurs des moyennes des T° max, T° m (°C), P (mm) et Q2 (période 2014- 2024) dans la région de Jijel.

Les paramètres	Mois le plus chaud	Mois le plus froid	M (c°)	m (c°)	P (mm)	Q ²
2014	Août, septembre	Mars	35	6	950	112,362
2015	Juillet, Août	Février	34,5	5,5	702,4	83,077
2016	Juillet, Août	Mars	36	6,5	960	111,62
2017	Août	Janvier	35,5	6	955	111,039
2018	Juillet	Janvier	36,2	6,2	970,7	110,983
2019	Juillet, Août	Janvier, Février	35,8	5,8	965	110,332
2020	Juillet, Août	Janvier	36,5	6,3	914	103,809
2021	Août	Janvier	37	6,5	990	111,334
2022	Juillet	Janvier	36,8	6,4	850,2	95,9272
2023	Juillet	Janvier, Février	37,2	6,6	995	111,531
2024	Juillet, Août	Janvier, Décembre	37,5	6,8	1000	111,726
Totale			398	68,6	10252,3	1173,74
Moyenne			36,1818	6,23636	932,0272	106,704

Les valeurs des moyennes des T° max, T° m (°C), P (mm) et Q2 (période 2014- 2024) dans la région de Constantine.

Les paramètres	Mois le plus chaud	Mois le plus froid	M (c°)	m (c°)	P (mm)	Q ²
2014	Juillet, Août	Janvier, Février	35,1	5,1	530,9	60,699
2015	Juillet	Février	37	3	652,1	65,785

2016	Juillet	Janvier	35	5,2	480	55,248
2017	Juillet	Janvier	37,2	3,3	435	44,013
2018	Juillet	Février	36,3	4,3	574	61,52
2019	Juillet	Janvier	36,2	4,2	771,3	82,673
2020	Août	Janvier	35,1	6	562	66,242
2021	Août	Janvier	38	6.1	371	39,891
2022	Juillet	Janvier	40	4	88,9	8,47
2023	Juillet	Janvier	42,1	4,1	260,2	23,486
2024	Juillet	Décembre	38,1	7,2	198,4	22,023
Totale			410,1	46,4	4923,8	46,435
Moyenne			37,281	4,64	447,618	47,035