



Institut : Sciences et Technologie
N° d'ordre :
Matricule : 11 / 2016

Département : Sciences de la Nature
et de la Vie

www.centre-univ-mila.dz

Thèse

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

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biodiversité et valorisation des ressources naturelles

**Etude bioécologique des insectes vecteurs des maladies
parasitaires telles que la leishmaniose et virales à
transmission vectorielle dans les régions subhumides et
semi-arides**

Présentée par

KADJOU DJ Nadia

Membres du Jury

CHEBBAH Mohamed	Professeur	<i>Président</i>	Centre Univ. de Mila
BOUNAMOUS Azzedine	Professeur	<i>Rapporteur</i>	Centre Univ. de Mila
BOUBENDIR Abdelhafid	Professeur	<i>Examineur</i>	Centre Univ. de Mila
BENKENANA Naima	Professeur	<i>Examineur</i>	Univ. Frère Mentouri Constantine 1
BOULKNAFET Fouzi	M.C.A	<i>Examineur</i>	Univ. 20 Aout 1955 de Skikda
ZEROUAL Samir	M.C.A	<i>Examineur</i>	Univ Med Khider de Biskra

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciements

A l'issue de ce travail, je tiens à exprimer mes remerciements et ma profonde gratitude à :

*Monsieur le professeur **Bounamous Azzedine***

Chef du laboratoire des sciences naturelles et matériaux, pour son encadrement et son soutien tout au long de cette période. Je vous suis redevable de m'avoir dirigé et confié ce sujet tellement intéressant. Votre sérieux et votre culture scientifique m'ont beaucoup apporté et appris au cours de ma post-graduation. Je tiens à vous confirmer monsieur que votre simplicité et votre façon de mettre à l'aise vos étudiants m'ont permis de mener à merveille ce travail. Merci du fond du cœur.

Je remercie tous les membres du jury, de l'honneur qu'ils me font, en acceptant de juger notre travail.

*Monsieur le professeur **Cebah Mohamed***

Je vous suis très reconnaissante d'avoir accepté de juger ce travail et d'en présider le jury

Je tiens à vous remercier également pour votre disponibilité et l'aide précieuse que vous m'avais apportée.

*Monsieur le professeur **Boubendir Abdelhafide***

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie de mon jury et d'examiner mon travail. Vous avez toute ma gratitude et tout mon respect.

*Madame le professeur **Benkinena Naima***

Qui a accepté de faire partie de ce jury. Madame vos critiques et remarques vont certainement contribuer à me guider à mieux aborder les problèmes scientifiques.

*Monsieur le docteur **Zeroual Samir***

Votre expérience scientifique a été d'un grand apport pour moi. Je tiens à vous exprimer toute ma reconnaissance et profond respect.

*Monsieur le docteur **Boulknafet Fouzi***

Je vous remercie aussi d'avoir accepté de faire partie de mon jury et d'examiner mon travail, vos conseils scientifiques ne pourront que m'apporter un plus et m'encourager à aller vers l'avant dans ce domaine tellement vaste.

Mes remerciements s'adressent également à :

*Monsieur le professeur **Yahia Abedelouihab***

Qui m'a fait preuve d'une grande attention et d'une grande disponibilité merci pour vos précieux conseils.

*Monsieur le professeur **Dik Bilal***

Un grand spécialiste de la taxonomie des Culicoides au sein de faculté de médecine vétérinaire, Département de parasitologie, Selçuk université, Konya, Turquie, un grand merci, nous vous devons tant. Vous avez toujours été disponible pour nous aider à l'identification des Culicoides, vous avez su transmettre votre passion avec générosité. Vous rencontrez est d'une grande richesse d'un point de vue personnel et professionnel. ... Merci infiniment Monsieur.

*Monsieur le docteur **Kouba Yacine***

D'avoir pris de son temps pour m'aider dans l'analyse statistique des données malgré ses nombreuses sollicitations. Je tiens à vous exprimer toute ma reconnaissance et ma profonde considération.

*Monsieur le docteur **Chanchouni Haroune***

Qui sans son intervention, cette recherche n'a pas pu être réalisée. J'en suis très reconnaissante.

*Madame le docteur **Gaouaoui Randa***

Pour votre aide immense dans l'identification de phlébotomes, votre grande disponibilité ainsi que vos encouragements.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Papa et Maman, pour votre amour et votre confiance à chaque moment de ma vie... pour votre soutien dans les moments les plus difficiles... pour l'éducation et les valeurs que vous nous avez inculquées. Ces quelques lignes ne peuvent résumer tout l'amour que je porte dans mon cœur pour vous.

A mes adorables frères et sœurs

A toutes mes chers amis et mes collègues

A ceux qu'un jour, par un mot ou par un conseil m'ont aidé à me ressourcer et ainsi terminer mon projet de fin d'étude dans les meilleures conditions. A toutes ces personnes, je dédie le fruit de mon travail.

Kadjoudj Nadia

Etude bioécologique des insectes vecteurs des maladies parasitaires telles que la leishmaniose et virales à transmission vectorielle dans les régions sub-humides et semi-arides

Résumé

Les maladies à transmission vectorielles présentent une source d'inquiétude à la santé publique. Au fil des années, l'Algérie traverse une phase de transition épidémiologique marquée par la persistance des maladies à transmission vectorielles humaine et animale. La wilaya de Mila est une région concernée par ces pathologies, du fait qu'elle se situe dans une zone carrefour entre plusieurs foyers de la leishmaniose et de la fièvre catarrhale ovine. Bien que ces maladies soient largement étudiées, nous avons encore beaucoup à apprendre sur leurs vecteurs biologiques.

Ce travail de thèse est focalisé sur de deux type d'insectes d'intérêt médico-vétérinaire les *Culicoides*, vecteurs de la FCO et les phlébotomes, vecteurs des leishmanioses. A la lumière de ce contexte, l'objectif de cette étude est dans un premier temps, de décrire l'abondance, la richesse et la diversité des espèces de *Culicoides* et de phlébotomes dans Nord-est algérien (cas de la région de Mila) et de préciser leur bio-écologie. Dans un second temps, de déterminer la dynamique de ces populations et l'impact des certaine facteurs environnementales (climat et altitude) sur l'abondance de ces espèces et pour ce faire, des prospections ont été menées sur 28 sites de Juin à Septembre durant deux années successives (2018 et 2019) à l'aide de pièges lumineux CDC installés dans différents environnements. Les spécimens collectés ont été triés, disséqués, montés sur lame et lamelle et morphologiquement identifiés à l'aide de divers critères morphologiques et aux clés d'identification interactive IIKC à propos les *Culicoides*.

Au total, 1046 spécimens de *Culicoides* (1024 femelles et 22 mâles) ont été piégés et classés en 22 espèces, appartenant à neuf sous-genres distincts. Avec deux nouveau espèces (*C. albicans* et *C. nubeculosus*) signalées en Algérie et même en Afrique du nord. *C. newsteadi* (51,6 %) est l'espèce la plus abondante, suivie par *C. punctatus* (16,3 %) et *C. odiatus* (11,5 %). Ces trois espèces représentant seules 80 % des *Culicoïdes* collectés.

Au total, 4606 phlébotomes identifiés (2457 femelles et 2149 mâles), appartenant au deux genres *Phlebotomus* (99,4%) présenté par 5 espèces et *Sergentomyia* (0,6%) présenté par une seule espèce. *P. perniciosus* (76.5 %) est l'espèce la plus dominante. suivie par *P.perfiliewi* (15.1 %) et *P.longicuspis* (7.2 %), ces trois espèces représentant ensemble 98,8% des spécimens collectés. Les autres espèces (*S. minuta*, *P.papatasi*, *P.sergenti*) sont très faiblement représentées.

Aucune corrélation significative n'est trouvée entre le nombre mensuelle des espèces de *Culicoides* et de phlébotomes et les facteurs climatiques étudiés (température moyenne, précipitations et humidité relative). L'altitude était le paramètre environnemental le plus déterminant qui affectait l'abondance et la distribution des moucheron de *Culicoides* et de phlébotomes, où la distribution maximale de ces espèces a été détectée à des altitudes moyennes (400–800 m).

Cette enquête a permis d'approfondir notre compréhension des relations entre les facteurs environnementaux, l'abondance, la diversité et la répartition géographique des *Culicoides* et de phlébotomes, ce qui représente une étape cruciale pour évaluer la situation épidémiologique des maladies qu'ils transmettent et atténuer les risques associés.

Mots clés : *Culicoides*, phlébotomes, fièvre catarrhale ovine, Leishmaniose, bio-écologie, Mila, Algérie.

Bioecological study of insect vectors of parasitic diseases such as leishmaniasis and vector-borne viral diseases in sub-humid and semi-arid regions

Abstract

Vector-borne diseases are a source of public health concern. Over the years, Algeria is going through a phase of epidemiological transition marked by the persistence of human and animal vector-borne diseases. Mila region is concerned by these pathologies, due to its localization in a crossroads between several foci of leishmaniasis and bluetongue. Although the widely interested studies by these diseases, we still have much to learn about their biological vectors. This thesis work is focused on two types of insects of medico-veterinary interest: *Culicoides*, vectors of bluetongue and sandflies, vectors of leishmaniasis. In the light of this context, the objective of this study is, initially, to describe the abundance, the richness and the diversity of the species of *Culicoides* and sandflies in the North-eastern part of Algeria (case of Mila region) and to specify their bio-ecology. In a second step, to determine the dynamics of these populations and the impact of certain environmental factors (climate and altitude) on the abundance of these species and to do this, a survey were carried out on 28 sites from June to September of two successive years (2018 and 2019) using CDC light traps installed in different environments. Collected specimens were sorted, dissected, mounted on slides and coverslips, and morphologically identified using various morphological criteria and the IIKC interactive *Culicoides* identification keys.

A total of 1046 *Culicoides* specimens (1024 females and 22 males) were trapped and classified into 22 species, belonging to nine distinct subgenera, with two new species (*C. albicans* and *C. nubeculosus*) reported for the first time in Algeria and even in the North Africa. *C. newsteadi* (51.6%) is the most abundant species, followed by *C. punctatus* (16.3%) and *C. odiatus* (11.5%). These three species alone represent 80% of the collected *Culicoides*.

A total of 4606 sandflies identified (2457 females and 2149 males), belonging to the two genera *Phlebotomus* (99.4%) presented by 5 species and *Sergentomyia* (0.6%) presented by only one species. *P. perniciosus* (76.5%) is the most dominant species. followed by *P. perfiliewi* (15.1%) and *P. longicuspis* (7.2%), these three species representing together 98.8% of the collected specimens. The other species (*S. minuta*, *P. papatasi*, *P. sergenti*) are poorly represented.

No significant correlations were found between the monthly number of *Culicoides* and sandflies species and the studied climatic factors (average temperature, precipitation and relative humidity). Altitude was the most critical environmental parameter affecting the abundance and distribution of *Culicoides* midges and sandflies, where the maximum distribution of these species was detected at mid-altitudes (400–800 m).

This survey has deepened our understanding of the relationships between environmental factors, abundance, diversity and geographic distribution of *Culicoides* midges and sandflies, which represents a crucial step in assessing the epidemiological situation of the diseases they transmit and mitigate the associated risks.

Key words: *Culicoides*, sandflies, bluetongue, leishmaniasis, bio-ecology, Mila, Algeria.

دراسة بيولوجية للحشرات الناقلة للأمراض الطفيلية مثل داء الليشمانيات والأمراض الفيروسية المتنقلة عن طريق الحشرات في المناطق شبه الرطبة وشبه الجافة

الملخص

تشكل الأمراض المتنقلة عن طريق الحشرات "النواقل" مصدر قلق للصحة العامة. مرت الجزائر عبر السنين بمرحلة تحول وبائي تميزت باستمرار الأمراض المنقولة للإنسان والحيوان. تعتبر ولاية ميله منطقة معنية بهذه الأمراض كونها تتموقع في مفترق طرق بين عدة بؤر لداء الليشمانيات واللسان الأزرق. على الرغم من دراسة هذه الأمراض على نطاق واسع، إلا أنه لا يزال لدينا الكثير لتتعلمه عن نواقلها البيولوجية.

تركز هذه الرسالة على نوعين من الحشرات ذات الأهمية الطبية والبيطرية: براغيث العض، ناقلات لللسان الأزرق وذبابة الرمل، ناقلات لداء الليشمانيات. في ضوء هذا السياق، فإن الهدف من هذه الدراسة، في البداية، هو وصف وفرة وثرء وتنوع أنواع براغيث العض وذبابة الرمل في منطقة شمال شرق الجزائر (حالة ولاية ميله) وكذا تحديد بيئتهم الحيوية. ثانياً، تحديد ديناميكيات هذه المجموعات وتأثير بعض العوامل البيئية (المناخ والارتفاع) على وفرة هذه الأنواع، وللقيام بذلك، تم إجراء جرد على 28 موقعاً بداية من شهر جوان إلى غاية سبتمبر لمدة عامين متتاليين (2018 و2019) باستخدام مصائد الإضاءة CDC المثبتة في بيئات مختلفة. تم فرز العينات التي تم جمعها وتشريحها وتركيبها على الصفيحة وشرائحها، كما تم تحديدها شكلياً باستخدام معايير مورفولوجية مختلفة ومفاتيح التحديد التفاعلية IIC الخاصة ببراغيث العض.

تم اصطياد 1046 عينة من براغيث العض (1024 أنثى و22 ذكرًا) وتصنيفها إلى 22 نوعاً، تنتمي إلى تسعة أجناس مختلفة. مع وجود نوعين جديدين (*C. albicans* و *C. nubeculosus*) تم العثور عليهما لأول مرة في الجزائر وايضا في شمال إفريقيا. يعد *C. newsteadi* (51.6%) النوع الأكثر وفرة، يليه *C. punctatus* (16.3%) و *C. odiatus* (11.5%). تمثل هذه الأنواع الثلاثة وحدها 80% من مجموع براغيث العض.

تم تحديد 4606 ذبابة رمل (2457 أنثى و2149 ذكراً)، تنتمي إلى جنسين *phlebotomus* (99.4%) مكون من 5 أنواع و *Sergentomyia* (0.6%) مكون من نوع واحد فقط. يعد *P. perniciosus* (76.5%) النوع الأكثر انتشاراً. يليه *P.perfiliewi* (15.1%) و *P.longiscuspis* (7.2%)، تمثل هذه الأنواع الثلاثة 98.8% من العينات التي تم جمعها. الأنواع الأخرى (*P.papatasi*، *P.sergenti*، *S. minuta*) ممثلة بشكل ضعيف للغاية.

لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين العدد الشهري لبراغيث العض وذباب الرمل والعوامل المناخية المدروسة (متوسط درجة الحرارة، التساقط والرطوبة النسبية). كان الارتفاع هو العامل البيئي الأكثر أهمية الذي يؤثر على وفرة وتوزيع براغيث العض وذبابة الرمل، حيث تم الكشف عن أقصى توزيع لهذه الأنواع على ارتفاعات متوسطة (400-800 م). لقد أدى هذا الجرد إلى تعميق فهمنا للعلاقات بين العوامل البيئية والوفرة والتنوع وكذا التوزيع الجغرافي لبراغيث العض وذبابة الرمل، مما يمثل خطوة حاسمة في تقييم الوضع الوبائي للأمراض التي تنقلها وتخفيف المخاطر المرتبطة بها.

الكلمات المفتاحية: براغيث العض، ذباب الرمل، اللسان الأزرق، داء الليشمانيات، البيئة الحيوية، ميله، الجزائر

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
AHSV	Virus de African horse sickness/ virus de la peste équine
ANDI	Agence Nationale de Développement de l'Investissement
ANIREF	Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière
ANOFEL	Association Française des Enseignants de Parasitologie et Mycologie
BT	La Blue Tongue
BTV	Virus de la Blue Tongue
C	<i>Culicoides</i>
CDC	Centre for Disease Control
CCF	Centre Cochrane Français
DSA	Direction des Services Agricoles
DSP	Direction de la Santé Populaire
EPH	Etablissement Public Hospitalier
FCO	La Fièvre Catarrhale Ovine
INPV	Institut National de la Protection des Végétaux
INSP	Institut National de Santé Publique
L	<i>Leishmania</i>
LC	Leishmaniose Cutanée
LCC	Leishmaniose Cutanée Chronique
LCM	Leishmaniose Cutané-Muqueuse
LCN	Leishmaniose Cutanée du Nord
LCS	Leishmaniose Cutanée Sporadique
LCZ	Leishmaniose Cutanée Zoonotique
LV	Leishmaniose Viscérale
MEDD	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
MOAN	Moyen Orient et Afrique du Nord
M S P	Ministère de la Santé Publique
OIE	Office International des Epizooties
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
P	<i>Phlebotomus</i>
S	<i>Sergentomyia</i>
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SIG	Système d'Information Géographique
WHO	World Health Organization

Liste des tableaux

N° Tableau	Titre	N° Page
01	Effets des différents facteurs climatiques sur les <i>Culicoides</i> et sur leur rôle de vecteur de virus de la fièvre catarrhale	25
02	Liste des 47 espèces du <i>Culicoides</i> investigués en Algérie	26
03	La classification de genre <i>Leishmania</i>	43
04	Espèces de <i>Leishmania</i>	44
05	Le découpage administratif de la région de Mila	54
06	Températures mensuelles moyennes, maxima et minima de la wilaya de Mila durant la période d'étude (2018-2019)	56
07	Pluviométries mensuelles la wilaya de Mila durant la période d'étude (2018-2019).	57
08	Valeurs mensuelles de l'humidité relative de la wilaya de Mila durant la période d'étude (2018-2019).	58
09	Valeurs mensuelles de la vitesse de vent de la wilaya de Mila durant la période d'étude (2018-2019).	59
10	Les valeurs des moyennes des T° max ,T° m (°C), P(mm) et Q2 (période 2010-2019) dans la région de Mila.	61
11	Structures sanitaires hospitalières (EPH)	64
12	Description des sites de piégeages dans la région de Mila	67
13	Liste globale des espèces de <i>Culicoides</i> récoltées dans la région de Mila. leishmaniose cutanée et les paramètres climatiques (2008-2015)	83
14	Abondance relative des espèces de <i>Culicoides</i> capturés à l'intérieur et à l'extérieur des étables en milieu rural et périurbain de la région de Mila.	86
15	Liste globale des espèces de phlébotomes récoltées dans la région de Mila.	137
16	Valeurs propres et pourcentages de variabilités extraites sur les 2 axes.	151
17	Valeurs propres et pourcentages de variabilités extraites sur les 2 axes.	152
18	Valeurs propres et pourcentages d'inertie.	153
19	Répartition spatiale de la richesse spécifique des phlébotomes recensés dans la région de Mila (2018-2019).	157

Liste des figures

N°	Titre	N°
Figure		Page
01	(A) 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) Scutez-le.	6
02	Tête de <i>Culicoides</i> , avec des pièces buccales disséquées et élargies	8
03	Morphologie de l'aile d'un <i>Culicoides</i>	9
04	<i>Culicoides kibunensis</i> ♂ ; Organes génitaux : (1) Ditistyle ; (2) Articulation ; (3) Basistyle ; (4) Racine ventrale ; (5) Lobes et excavation caudomédiane ; (6) Processus apicolatéraux ; (7) Cercus ; (8) Édéage (flou) ; (9) Paramères ; (10) Neuvième sternite. <i>Culicoides pallidicornis</i> ♀ ; Organes génitaux : (1) Spermathèques ; (2) Spermathèques rudimentaires ; (3) Sclérite anal ; (4) Plaques chitineuses ; (5) Espace génital entre les plaques ; (6) Cercus. Segments abdominaux représenté par des chiffres romains : (VII-X).	10
05	Cycle de vie des <i>Culicoides</i>	11
06	Wilayas touchées par le long bleu en Algérie en 2000	17
07	Représentation d'un système vectoriel	18
08	Représentation schématique du BTV (protéines structurales et ARN double brin)	20
09	Devenir du virus BTV chez l'hôte	21
10	Aspect général d'un Phlébotome	28
11	Cycle de développement du phlébotome	31
12	Anatomie de la tête et des pièces buccales d'un phlébotome	32
13	Anatomie de génitale mâles	33
14	Extrémité postérieure de l'abdomen d'une femelle (A) ; anatomie des spermathèques (B).	34
15	Distribution géographique de la leishmaniose humaine dans le monde	38
16	Répartition des leishmanioses, viscérale et cutanée en Algérie	41
17	Les deux stades du parasite <i>Leishmania</i> ; (a) Forme promastigotes; (b) Forme amastigotes	42
18	Le cycle de vie de la <i>Leishmania</i>	45
19	Distribution des principaux genres de phlébotomes dans le monde entier	48
20	Situation géographique de la wilaya de Mila	53
21	Etages bioclimatiques de la wilaya de Mila	55
22	Diagramme pluvio-thermiques de la région de Mila sur 2 ans (2018-2019)	60
23	Situation de la région de Mila dans le climagramme d'Emberger (2010-2019)	62
24	Situations géographiques des sites de collecte dans la province de Mila	70

25	Quelques photos des sites de piégeages (photos originales)	69
26	Piège lumineux de type CDC utilisé dans notre étude (photos originales)	71
27	(A) Le tri des spécimens collectés ; (B) phlébotomes ; (C) <i>Culicoides</i> sous la loupe binoculaire (Optika) (photos originales).	72
28	Les étapes d'identification des <i>Culicoides</i>	74
29	Les étapes de l'identification des phlébotomes ; (A) l'éclaircissement des spécimens ; (B) la dissection des phlébotomes la loupe binoculaire ; (C) l'identification morphologique des phlébotomes à l'aide d'un microscope optique (photos originales).	76
30	Critères d'identification morphologique de <i>C. albicans</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).	85
31	Critères d'identification morphologique de <i>C. circumscriptus</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).	87
32	Critères d'identification morphologique de <i>C. punctatus</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).	88
33	Critères d'identification morphologique de <i>C. gejjelensis</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).	89
34	Critères d'identification morphologique de <i>C. imicola</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).	91
35	Critères d'identification morphologique de <i>C. puncticollis</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).	92
36	Critères d'identification morphologique de <i>C. kurensis</i> ♂ ; (A) Aile ; (B) Génitalia ; (C) Edéage (photos originales).	93
37	Critères d'identification morphologique de <i>C. longipennis</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).	94
38	Critères d'identification morphologique de <i>C. longipennis</i> ♂ ; (A) Aile ; (B) Génitalia ; (C) Edéage (photos originales).	95
39	Critères d'identification morphologique de <i>C. newsteadi</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).	96
40	Critères d'identification morphologique de <i>C. nubeculosus</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).	98
41	Critères d'identification morphologique de <i>C. obsoletus</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).	99
42	Critères d'identification morphologique de <i>C. obsoletus</i> ♂ ; (A) Aile ; (B) Génitalia ; (C) Edéage (González et Goldarazena, 2011).	100
43	Critères d'identification morphologique de <i>C. odiatus</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).	101

44	Critères d'identification morphologique de <i>C. parroti</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).	103
45	Critères d'identification morphologique de <i>C. puncticollis</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (IIKC, 2022).	104
46	Critères d'identification morphologique de <i>C. picturatus</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).	106
47	Critères d'identification morphologique de <i>C. pulicaris</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).	106
48	Critères d'identification morphologique de <i>C. punctatus</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).	108
49	Critères d'identification morphologique de <i>C. punctatus</i> ♂ ; (A) Aile ; (B) Génitalia ; (C) Edéage (González et Goldarazena, 2011).	109
50	Critères d'identification morphologique de <i>C. ravus</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).	110
51	Critères d'identification morphologique de <i>C. sahariensis</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).	111
52	Critères d'identification morphologique de <i>C. santonicus</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).	112
53	Critères d'identification morphologique de <i>C. schultzei</i> ♂ ; (A) Aile ; (B) Génitalia ; (photos originales).	114
54	Critères d'identification morphologique de <i>C. santonicus</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).	115
55	Critères d'identification morphologique de <i>C. subfasciipennis</i> ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).	116
56	Critères d'identification morphologique de <i>C. subfasciipennis</i> ♂ ; (A) Aile ; (B) Génitalia ; (photos originales).	117
57	Répartition des <i>Culicoides</i> collectés selon le sous-genre.	118
58	Répartition et abondances des <i>Culicoides</i> selon leur sexe.	119
59	Regroupement hiérarchique agglomératif rassemblant des sites similaires en groupes basés sur l'occurrence et l'abondance des espèces de <i>Culicoides</i> (a), et diagramme de cordon illustrant la relation entre l'occurrence/l'abondance des espèces de <i>Culicoides</i> et les sites d'échantillonnage (b).	121
60	Répartition spatiale de la richesse spécifique des <i>Culicoides</i> recensés dans la région de Mila (2018-2019).	122
61	Abondances relatives des <i>Culicoides</i> récoltés pendant la période d'étude (2018-2019).	123

62	Variations spatiale de l'indice de Simpson et d'équitabilité dans les sites prospectés.	127
63	Comparaison des indices de diversité (SR, richesse spécifique ; E, équitabilité ; IS, indice de Simpson) entre les sites ruraux et suburbains et entre l'intérieur et l'extérieur des étables. Les éléments du graphique sont les combinaisons de diagrammes en boîte et en violon ainsi que des points de données instables pour les sujets inter-sujets avec des détails statistiques (résultats du test t de Welch) inclus dans chaque diagramme en tant que sous-titre.	129
64	Diagramme d'ordination de l'échelle multidimensionnelle non métrique (NMDS) comparant la composition des espèces de <i>Culicoides</i> entre les refuges pour animaux à l'intérieur et à l'extérieur (a) et entre les sites ruraux et suburbains (b).	130
65	Occurrence totale des <i>Culicoides</i> échantillonnés sur l'ensemble des stations au cours de la période d'étude (2018-2019).	132
66	Dynamique saisonnière des <i>Culicoïdes</i> et variation de la température, des précipitations et de l'humidité relative au cours des saisons 2018 et 2019 (a), et matrice de corrélation entre les variables climatiques et l'abondance des espèces de <i>Culicoïdes</i> (b). L'intensité de la couleur et la taille du cercle sont proportionnelles aux coefficients de corrélation. Dans la partie droite du corrélogramme, la couleur de la légende montre les coefficients de corrélation et les couleurs correspondantes.	133
67	La distribution altitudinale de l'abondance des espèces de <i>Culicoides</i> (a) et l'abondance (%) des espèces de <i>Culicoides</i> capturées à différentes plages d'altitude (b).	135
68	Critères d'identification morphologique de <i>P. perniciosus</i> ♂ ; (A) Vue générale du génitalia mâle (×10) ; (B) Edéage ; (C) Pharynx (×40) (photos originales).	138
69	Critères d'identification morphologique de <i>P. perniciosus</i> ♀ ; (A) Vue générale de la spermathèque femelle ; (B) Pharynx (×40) (photos originales).	139
70	Critères d'identification morphologique de <i>P. perfiliewi</i> ♂ ; (A) Vue générale de la génitalia mâle (×10) ; (B) Edéage (×40) (photos originales).	140
71	Critères d'identification morphologique de <i>P. perfiliewi</i> ♀ ; (A) Vue générale de la spermathèque femelle (×40) ; (B) Pharynx (×40) (photos originales).	140
72	Critères d'identification morphologique de <i>P. longicuspis</i> ♂ ; (A) Vue générale du génitalia mâle (×10) ; (B) Edéage (×40) (photos originales).	141
73	Critères d'identification morphologique de <i>P. longicuspis</i> ♀ ; (A) Vue générale de la spermathèque femelle ; (B) Pharynx (×40) (photos originales).	142
74	Critères d'identification morphologique de <i>P. papatasi</i> ♂ ; (A) Vue générale du génitalia mâle (×10) ; (B) Edéage (×40) (photos originales).	143
75	Critères d'identification morphologique de <i>P. papatasi</i> ♀ ; (A) Vue générale de la spermathèque femelle ; (B) Pharynx (×40) (photos originales).	143
76	Critères d'identification morphologique de <i>P. sergenti</i> ♂ ; (A) Vue générale du génitalia mâle (×10) ; (B) Edéage (×40) (photos originales).	144

77	Critères d'identification morphologique de <i>P. sergenti</i> ♀ ; (A) Vue générale de la spermathèque femelle ; (B) Pharynx (×40) (photos originales).	145
78	Critères d'identification morphologique de <i>S. minuta</i> ♂ ; (A) Vue générale du génitalia mâle (×10) ; (B) Edéage (×40) (photos originales).	146
79	Critères d'identification morphologique de <i>S. minuta</i> ♀ ; (A) Vue générale de la spermathèque femelle ; (B) Pharynx ; (C) Cibarium (×40) (photos originales).	146
80	Répartition des phlébotomes collectés selon le genre et le sous-genre et espèces.	147
81	Répartition des phlébotomes capturés selon le sexe.	148
82	Distribution stationnelle des phlébotomes récoltés (2018-2019).	150
83	Carte factorielle axe (F1-F2) des sites de captures des phlébotomes.	151
84	Analyse en composantes principales appliquées sur les espèces.	153
85	Carte factorielle axe (F1xF2) de la répartition des différentes espèces de phlébotomes recensés dans les sites d'étude.	154
86	Répartition spatiale de la richesse spécifique des phlébotomes recensés dans la région de Mila (2018-2019).	156
87	Abondances relatives des phlébotomes récoltés pendant la période d'étude (2018-2019).	158
88	Variations spatiale de l'indice de Simpson et d'équitabilité dans les sites prospectés.	161
89	Occurrence totale des phlébotomes échantillonnés sur l'ensemble des stations au cours de la période d'étude (2016-2017).	161
90	Fluctuations mensuelles des phlébotomes collectées (2018-2019).	162
91	Répartition mensuelle spécifique des phlébotomes récoltés dans la région de Mila (2018-2019).	163
92	Variation de la diversité en fonction de l'altitude dans les sites d'étude.	165
93	Répartition altitudinale de l'abondance des espèces de phlébotomes (A) et répartition des espèces de phlébotomes à différentes plages d'altitude (B).	166

RESUME

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION 1

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1.1. Les *Culicoides* 5

1.1.1. Généralité..... 5

1.1.2. Classification 5

1.1.3. Morphologie 6

1.1.3.1. Morphologie des stades immature 6

1.1.3.1. 1. Les œufs..... 6

1.1.3.1. 2. Les larves 7

1.1.3.1. 3. Les nymphes 7

1.1.3.2. Les imagos 8

1.1.3.2.1. La tête 8

1.1.3.2.2. Le thorax 9

1.1.3.2.3. L'abdomen 10

1.1.3.2.4. Appareil génital 10

1.1.4. Biologie et écologie des *Culicoides* 11

1.1.4.1. Cycle biologique 11

1.1.4.2. Habitat 12

1.1.4.3. Nutrition 13

1.1.4.4. Dispersion 13

1.1.5. Importance médicale et vétérinaire..... 14

1.1.5.1. Nuisance 14

1.1.5.2. Le rôle des *Culicoides* dans la transmission du virus de la FCO 15

1.1.5.2.1. La fièvre catarrhale ovine (FCO).....	15
1.1.5.2.1.1. Répartition géographique dans le monde	16
1.1.5.2.1.2. Situation épidémiologique de la FCO en Algérie.....	16
1.1.5.2.1.3. Les acteurs de la maladie.....	17
1.1.5.2.1.4. L'agent pathogène (BTV).....	18
1.1.5.2.1.4.1. Classification et caractéristiques générales	18
1.1.5.2.1.4.2. Structure et fonction des principales protéines du BTV	19
1.1.5.2.1.4.3. Modes d'introduction virale	20
1.1.5.2.1.4.4. Mécanisme de transmission de BTV	20
1.1.5.2.1.4.5. Les hôtes sensibles.....	22
1.1.5.2.1.4.6. Signes cliniques	22
1.1.6. Impacte des facteurs climatiques sur la biologie les <i>Culicoides</i>	23
1.1.6.1. Rôle de température.....	24
1.1.6.2. Rôle de vent.....	24
1.1.6.3. Rôle d'humidité et précipitation	24
1.1.7. Distribution géographique des <i>Culicoides</i> dans le monde	25
1.1.8. Les <i>Culicoides</i> d'Algérie	25
2. Les phlébotomes	27
2.1. Généralité.....	27
2.2. Position systématique	28
2.3. Morphologie	29
2.3.1. Les stades pré-imaginaux	30
12.3.1.1. Les œufs.....	30
2.3.1.2. Les larves	30
2.3.1.3. Les nympe	30
2.3.2. Les imagos.....	31
2.3.2.1. La tête	31
2.3.2.2. Le thorax.....	32

2.3.2.3. L'abdomen.....	33
2.3.2.4. Génitalia	33
2.4. Bio-écologie des imagos.....	35
2.5. Importance médicale et vétérinaire de phlébotomes	36
2.5.1. Nuisance	36
2.5.2. La leishmaniose	37
2.5.2.1. Présentations cliniques	38
2.5.2.2. Distribution géographique	38
2.5.2.3. Les formes cliniques de la leishmaniose en Algérie.....	39
2.5.2.3.1. La leishmaniose viscérale (LV).....	39
2.5.2.3.2. La leishmaniose cutanée	40
2.5.2.3.2.1. La leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ).....	40
2.5.2.3.2.2. La leishmaniose cutanée du Nord ou sporadique (LCN ou LCS)	40
2.5.2.3.2.3. La leishmaniose cutanée à <i>Leishmania killicki</i>	40
2.5.2.4. Le parasite.....	41
2.5.2.4.1. La forme promastigote (flagellée)	42
2.5.2.4.2. La forme amastigote (sans flagelle).....	42
2.5.2.4.2. Taxonomie et classification	43
2.5.2.4.3. Cycle évolutif des leishmanies	44
2.5.2.4.4. Les principaux réservoirs des leishmanies	45
2.5.2.4.4.1. Réservoir du complexe <i>L. infantum</i>	45
2.5.2.4.4.2. Réservoir du complexe <i>L. major</i>	45
2.5.2.4.4.3. Réservoir du complexe <i>L. Killicki</i>	47
2.6. Distribution géographique des phlébotomes dans le monde	47
2.7. Les phlébotomes d'Algérie.....	48
2.8. Impacte des facteurs climatiques sur la biologie les phlébotomes	50

Chapitre II : Matériel et Méthodes

2. Présentation de la région d'étude.....	53
2.1. Cadre géographique.....	53
2.2. Cadre administratif.....	54
2.3. Cadre démographique.....	54
2.4. Cadre climatique.....	55
2.4.1. Température.....	56
2.4.2. Précipitations.....	57
2.4.3. L'humidité relative.....	58
2.4.4. Les vents.....	58
2.4.5. Analyse climatique.....	59
2.4.5.1. Diagramme pluviaux thermique de Gaussen.....	59
2.4.5.2. Climagramme et quotient pluviométrique d'Emberger.....	60
2.5. Cadre géologique.....	62
2.5.1. Reliefs.....	62
2.5.2. Pédologie.....	63
2.7. Cadre d'agriculture et d'élevage.....	63
2.8. Cadre hydrologique.....	64
2.9. Cadre sanitaires.....	64
3. Matériel et méthodes utilisées.....	65
3.1. Choix de la région d'étude.....	65
3.2. Description des sites de captures.....	66
3.3. Type de piégeage utilisé.....	70
3.3.1. Prélèvement par piège CDC.....	71
4. Traitement des échantillons destinés aux analyses morphologiques.....	72
4.1. Transport des spécimens.....	72
4.2. Tri des <i>Culicoides</i> et des phlébotomes.....	72
4.2.1. Identification des <i>Culicoides</i>	73

4.2.2. Identification des phlébotomes	74
4.2.2.1. Eclaircissement	75
4.2.2.2. Montage et dissection	75
4.2.2.3. Identification morphologique	76
5. Étude écologique	77
5.1. Abondance relative (AR %)	77
5.2. Occurrence ou degré de présence (C).....	77
5.3. Richesse spécifique (RS).....	77
5.4. L'indice de diversité de Simpson (IS).....	78
5.5. Équitabilité (E)	78
6. Analyses statistiques.....	78
6.1. Pour les <i>Culicoides</i>	78
6.2. Pour les phlébotomes.....	79

Chapitre III : Résultats et discussion

3.1. Inventaire faunistique des <i>Culicoides</i> recensés dans la région de Mila	80
3.1. 1. Composition des communautés des espèces de <i>Culicoides</i>	80
3.1.2. Description des espèces recensées.....	81
3.1.2.1. <i>Culicoides albicans</i> Winnertz, 1852.....	81
3.1.2.2. <i>Culicoides circumscriptus</i> Kieffer, 1918.....	83
3.1.2.3. <i>Culicoides fagineus</i> Edwards, 1939.....	84
3.1.2.4. <i>Culicoides gejelensis</i> Dzhafarov, 1964	85
3.1.2.5. <i>Culicoides imicola</i> Kieffer, 1913	86
3.1.2.6. <i>Culicoides kurensis</i> Dzhafarov 1960.....	88
3.1.2.7. <i>Culicoides longipennis</i> Khalaf, 1957.....	90
3.1.2.8. <i>Culicoides newsteadi</i> Austen, 1921	92
3.1.2.9. <i>Culicoides nubeculosus</i> (Meigen, 1830)	94
3.1.2.10. <i>Culicoides obsoletus</i> (Meigen, 1818).....	95

3.1.2.11. <i>Culicoides odiatus</i> Austen, 1921	97
3.1.2.12. <i>Culicoides parroti</i> Kieffer, 1922	99
3.1.2.13. <i>Culicoides puncticollis</i> Becker, 1903	100
3.1.2.14. <i>Culicoides picturatus</i> Kremer et Déduit, 1961	101
3.1.2.15. <i>Culicoides pulicaris</i> Linné, 1758.....	102
3.1.2.16. <i>Culicoides punctatus</i> (Meigen, 1804).....	104
3.1.2.17. <i>Culicoides ravus</i> de Meillon, 1936.....	106
3.1.2.18. <i>Culicoides sahariensis</i> Kieffer, 1923	107
3.1.2.19. <i>Culicoides santonicus</i> Callot, Kremer, Rault et Bach, 1966	108
3.1.2.20. <i>Culicoides schultzei</i> (Enderlein, 1908).....	110
3.1.2.21. <i>Culicoides simulator</i> Edwards, 1939.....	111
3.1.2.22. <i>Culicoides subfasciipennis</i> Kieffer, 1919.....	112
3.1.3. Structure bio-écologique des <i>Culicoides</i> recensées.....	114
3.1.3. 1.Répartition des <i>Culicoides</i> selon le sous-genre	114
3.1.3.2. Répartition des <i>Culicoides</i> capturés selon le sex-ratio	116
3.1.3.3. Répartition spatiale des <i>Culicoides</i> dans la région de Mila.....	117
3.1.4. Variation de la diversité et de la composition des <i>Culicoides</i>	119
3.1.4.1. Richesses spécifiques des espèces de <i>Culicoides</i> capturées.....	119
3.1.4.2. Abondances relatives des <i>Culicoides</i> récoltées dans la région de Mila	120
3.1.4.3. L'indice de diversité de Simpson et l'indice d'équitabilité.....	124
3.1.4.4. Variation de la diversité et de la composition des <i>Culicoides</i> selon le biotope.....	125
3.1.4.4. Indice d'occurrence global	128
3.1.5. Dynamique saisonnière des <i>Culicoides</i> et effet des facteurs climatiques sur l'abondance de ces espèces	129
3.1.6. Effet de l'altitude sur la distribution et l'abondance des espèces de <i>Culicoides</i>	132
3.2. Inventaire systématique des phlébotomes recensés dans la région de Mila.....	133
3.2. 1. Composition des communautés des espèces de phlébotomes	133
3.2.2. Description des espèces recensées.....	134

3.2.2.1. <i>Phlebotomus (Larroussious) perniciosus</i> Newstead, 1911	134
3.2.2.2. <i>Phlebotomus (Larroussious) perfiliewi</i> Parrot, 1930	136
3.2.2.3. <i>Phlebotomus (Larroussious) longicuspis</i> Nitzulescu, 1930	138
3.2.2.4. <i>Phlebotomus (Phlebotomus) papatasi</i> Scopoli, 1786.....	139
3.2.2.5. <i>Phlebotomus (Paraphlebotomus) sergenti</i> Parrot, 1917	141
3.2.2.6. <i>Sergentomyia (Sergentomyia) minuta</i> Parroti, Adler et Theodor, 1927	142
3.2.3. Structure bio-écologique des phlébotomes recensées	144
3.2.3.1. Répartition des phlébotomes selon le genre et le sous-genre	144
3.2.3.2. Répartition des phlébotomes capturés selon le sex-ratio.....	145
3.2.3.3. Répartition spatiale des phlébotomes dans la région de Mila	146
3.2.3.3.1. L'analyse en composantes principales appliquées sur les espèces en fonction des sites d'étude	147
3.2.3.3.2. L'analyse en composantes principales appliquées sur les 28 sites en fonction des espèces (ACP)	149
3.2.3.3.3. Analyse factorielle des correspondances appliquées sur les espèces inventoriées dans les 28 stations durant la période d'étude (AFC).....	150
3.2.4. Variation de la diversité et de la composition des phlébotomes.....	153
3.2.4.1. Richesses spécifiques des espèces de phlébotomes capturées.....	153
3.2.4.2. Abondances relatives des phlébotomes récoltées dans la région de Mila	155
3.2.4.3. L'indice de diversité de Simpson et l'indice d'équitabilité.....	157
3.2.4.4. Indice d'occurrence global	158
3.2.5. Dynamique saisonnière des phlébotomes et effet des facteurs climatiques sur l'abondance de ces espèces	159
3.2.6. Effet de l'altitude sur la distribution et l'abondance des espèces de phlébotomes.....	162
CONCLUSION GENERALE	165
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	168
ANNEXES	

Introduction

La question de l'importance de la diversité des insectes vecteurs, dans l'expansion progressive de divers pathogènes, reste largement débattue. Les maladies transmises entre les animaux, les humains et les plantes par des vecteurs arthropodes hématophages ont été responsables d'une morbidité et une mortalité importantes tout au long de l'histoire humaine (Álvarez-Hernández et S-Rivera, 2017). Ces maladies vectorielles représentent un problème majeur de santé publique compte tenu de leur vaste répartition géographique et les maladies pénibles qu'ils infligent (Gromek et al., 2020). Cependant, signalons, aussi, que par la morbidité et la mortalité qu'elles entraînent pour l'homme et les animaux, elles constituent un obstacle pour le développement, de par la souffrance et l'incapacité qu'elles engendrent aux populations actives et par leur impact économique considérable sur la production animale, particulièrement, lourd sur les budgets des pays touchés (Kabout, 2017).

Ces maladies sont définies comme infectieuses pour les animaux et les humains, causées par des agents pathogènes tels que les bactéries, les helminthes, les protozoaires et les virus (Kules et al., 2016). Elles sont transmises, principalement, par des arthropodes vecteurs (Semenza et Paz, 2020), qui comprennent les punaises de lit, les moucheron piqueurs, les mouches noires, les puces, les punaises qui s'embrassent, les poux, les acariens, les moustiques, les phlébotomes et les tiques, entre autres (Dantas et al., 2016).

La géographie de l'Algérie, pays de transition entre la Méditerranée au Nord, le Sahara au centre et le Sahel à l'extrême à prédominance aride et semi-aride, lui confère une diversité importante de la flore, de la faune mais aussi, des paysages (Belkherchouche, 2021), et soumise à effets néfastes, en particulier, sur les ressources en eau, les sols, l'agriculture et la santé. Cette situation délétère est exacerbée par une grande vulnérabilité des systèmes naturels et des populations, parmi ces contraintes qui affectent la population, l'incursion de diverses maladies qui touchent la santé publique et animale, tel que le paludisme, la dengue et la leishmaniose, qui affectent principalement les humains, la brucellose, la fièvre aphteuse ou la fièvre catarrhale ovine (FCO) qui touchent les animaux.

Parmi ces affections les leishmanioses, maladies parasitaires à transmission vectorielle, sont causées par environ 20 espèces de *Leishmania* (Burza et al., 2018 ; Cecílio et al., 2022). Elles représentent un groupe de maladies aux expressions cliniques différentes (Harrat et Belkaid, 2003), transmises par différentes espèces de phlébotomes femelles affectent divers mammifères sauvages et domestiques, y compris l'homme (Maia et Depaquit, 2016).

Tout comme la leishmaniose, la fièvre catarrhale du mouton est aussi, une affection à transmission vectorielle (OIE, 2021), non contagieuse qui affecte les ruminants sauvages et domestiques (Zimmer et al., 2008). Elle est fortement dépendante de la compétence du vecteur

(Augot et Depaquit, 2010), qui peut également être influencée par les conditions environnementales tel que le climat (Mayo et al., 2017 ; Berrayah et al., 2020). Cette affection est soulignée, comme une maladie grave associée à une perte économique élevée en raison des baisses de production, de la mortalité massive chez les ovins, les caprins et les bovins, en plus des coûts des programmes de vaccination (Purse et al., 2015 ; Cappai et al., 2018 ; Bell-Sakyi et al., 2020). La FCO affecte les ruminants par le virus Blue Tongue (BTV) (Foxi et al., 2020), qui est transmise, principalement, entre hôtes vertébrés sensibles par des espèces compétentes de genre *Culicoides* (OIE, 2021).

Les espèces du genre *Culicoides* Latreille, 1809 (Diptera : Ceratopogonidae) sont les vecteurs biologiques impliqués dans la transmission connue ou potentielle d'un large éventail de virus, bactéries et nématodes d'importance médicale et vétérinaire (Purse et al., 2015 ; Rádrová et al., 2015 ; Foxi et al., 2020 ; Lakew et al., 2021 ; Verhulst et al., 2021 ; Žiegytė et al., 2021). Les agents pathogènes transmis par ces insectes affectent les animaux domestiques et sauvages, les bovins, les ovins et les chevaux étant parmi les espèces de bétail les plus sensibles (Courtejoie et al., 2018 ; Mullen et Murphree, 2019 ; Sick et al., 2019 ; Venter et al., 2019). Les *Culicoides* peuvent causer d'énormes nuisances et affecter les activités humaines, notamment, l'agriculture, la foresterie et le tourisme récréatif (Carpenter et al., 2013 ; Pudar et al., 2018). De plus, l'impact économique, ces moucheron ont la capacité de diffuser une large variété d'arbovirus (Purse et al., 2015), tels que le virus de la fièvre catarrhale du mouton (BTV), le virus de Schmallenberg (SBV), le virus de la peste équine africaine (AHSV), le virus de la maladie hémorragique épizootique (EHDV), le virus Oropouche (OROV) et le virus Akabane (AKAV), qui sont isolés à partir de diverses espèces de ce genre (Slama et al., 2017 ; Sick et al., 2019 ; Pilgrim et al., 2021).

Ce genre des *Culicoides* est généralement vaste et diversifié qui comprend environ 1340 espèces existantes (Ziani Hadj-Henni et al., 2021). Avec une trentaine d'espèces seulement sont impliquées en tant que vecteurs du virus de la FCO dans le monde (Meiswinkel et al., 2004). La faune de l'Algérie comprend 59 espèces de *Culicoides* (Belkharchouche et al., 2020), dont cinq, à savoir *C. imicola*, *C. obsoletus*, *C. puncticollis*, *C. kingi* et *C. newsteadi* sont considérées comme des vecteurs potentiels de BTV (Berrayah et al., 2020).

Les espèces de phlébotomes (Diptères : Psychodidae : Phlebotominae) sont aussi, des insectes hématophages, portent une grande importance médico-vétérinaire (Lafri et al., 2016), du fait de leurs implications dans la transmission de nombreux agents pathogènes aux humains et aux animaux, y compris les protozoaires, les bactéries et les virus, qui s'avèrent un véritable danger de santé publique (Dantas-Torres et al. 2012, Maroli et al., 2013). A titre d'exemple, ces

espèces sont des vecteurs de phlébovirus (fièvre des phlébotomes virus de Naples et fièvre des phlébotomes virus Sicilien) responsables, aussi, de la fièvre des phlébotomes, qui est une maladie fébrile, transitoire est principalement répandue dans la région méditerranéenne (Maroli et al., 2013 ; Lafri et Bitam, 2021). Il est intéressant, qu'ils soient les seuls vecteurs biologiques de la leishmaniose (El Omari et al., 2020 ; Tabbabi et al., 2022). Parmi 800 espèces de phlébotomes signalés dans le monde, seulement 30 espèces sont reconnues comme des vecteurs avérés de la leishmaniose dans le monde (Artun et Kavur, 2017). Plus de 90 d'espèces de phlébotomes sont connues, comme transmetteurs des parasites *Leishmania* dans le monde (Yasmin et al., 2022 ; Díaz-Saez et al., 2021), et une douzaine sont impliqués dans la transmission de *Leishmania infantum* dans la région méditerranéenne (Alten et al., 2016 ; Maroli et al., 2013 ; Saez et al., 2018). Alors que vingt-quatre espèces de mouches des sables appartenant aux genre *Phlebotomus* et *Sergentomyia* sont signalés en Algérie (Dedet et al., 1984 ; Berdjane-Brouk et al., 2011), parmi lesquels *Phlebotomus perniciosus*, *P. perfiliewi*, *P. longicuspis*, *P. papatasiet* *P. sergentis* ont considérés comme des vecteurs éprouvés ou suspectés de *Leishmania* spp. aux humains (Bounamous et al., 2014; Bennai et al., 2018).

Les maladies à transmission vectorielle sont influencées par des processus écologiques complexes qui régulent la distribution et l'abondance des vecteurs (Kabbout et al., 2014). En règle générale, la prévention réussie des maladies à transmission vectorielle repose sur la gestion ou l'élimination des populations de vecteurs de l'environnement (Lemon et al., 2008 ; Ramilo et al., 2017). Par conséquent, la connaissance des abondances locales et de la distribution des populations de phlébotomes et de *Culicoides* comme vecteurs biologiques de ces maladies, est un élément crucial des études épidémiologiques et de la gestion de la lutte. En outre, l'identification des facteurs d'influence (c'est-à-dire l'interaction entre le vecteur et son environnement physique ou biologique) est un prédicteur essentiel dans les modèles épidémiologiques qui simulent le risque de propagation des maladies à transmission vectorielle mais, aussi, les hôtes sensibles qui les transmettent, et évaluent l'efficacité des stratégies de lutte anti-vectorielle.

À notre connaissance, beaucoup d'études ont été déjà réalisés dans le monde sur la bio-systématique et la bio-écologie des espèces de *Culicoides* et de phlébotomes. Mais, en Algérie, cette thématique de recherche sur les phlébotomes est peu développée, ou menée de manière fragmentaire. En revanche il n'y a aucune étude effectuée sur la biodiversité et la systématique des *Culicoides* dans notre région d'étude (la région de Mila Nord-est Algérien), ce qui la rend une préoccupation majeure qui nous a poussé à développer cette thématique.

Le présent manuscrit est consacré à la caractérisation des communautés d'espèces de *Culicoides* et de phlébotomes et à la détermination des facteurs influençant l'abondance, la diversité, la distribution et la dynamique de ces espèces des deux types de moucheron piqueurs entre les environnements ruraux et suburbains dans les régions semi-arides et subhumides en Algérie (la région de Mila). L'enquête a exploré la distribution altitudinale des espèces de ces deux types de moucheron dans différents sites d'échantillonnage, et a étudié l'effet de certains facteurs climatiques sur l'abondance et la répartition des populations d'espèces collectés.

Cette thèse s'articule autour de trois principaux chapitres :

- Le premier chapitre renferme une synthèse bibliographique qui aborde l'état des connaissances sur les maladies provoquées par ces arthropodes à savoir la Longue Bleu et la leishmaniose ainsi, qu'un aperçu sur les agents pathogènes et les hôtes sensibles affectés par ces maladies. De plus une présentation de la répartition, la systématique, la bio-écologie et l'importance médico-vétérinaire des *Culicoides* et des phlébotomes, ainsi que, l'impact de certains paramètres météorologiques sur la distribution de ces insectes piqueurs.
- Le deuxième chapitre est consacré à décrire la région d'étude (Mila) mais, aussi, le matériel et les méthodes utilisés spécifiques pour les investigations entomologiques, suivi par les analyses statistiques utilisées pour le traitement des résultats.
- Le troisième chapitre, est consacré à l'analyse des résultats obtenus, et leurs discussions avec des études antérieures.

Enfin, une conclusion générale combinée aux perspectives proposées, afin, d'évoquer de nouveaux contextes parce qu'il reste beaucoup de travaux de fond, touchant ce même domaine, à réaliser dans l'avenir.

Synthèse
bibliographique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1.1. Les *Culicoides*

1.1.1. Généralité

Le genre *Culicoides* (Diptera : Ceratopogonidae) est l'un des groupes les plus divers de cératopogonides, avec plus de 1400 espèces décrites dans le monde entier (Mathieu et al., 2020). Comprend 32 sous-genres et 38 espèces non classées (Augot et al., 2017). Les adultes sont de petits diptères piqueurs d'un poids de 0,5 µg (González et Goldarazena, 2011). Dont la longueur comprise entre 1 et 4 mm (Balenghien et al., 2010 ; Pudar et al., 2018). Pour cette raison, ils sont souvent qualifiés de « moucherons » alors qu'ils sont plus apparentés aux moustiques qu'aux mouches (Ziani Hadj-Henni, 2013), Hématophages nématocères de la famille des Cératopogonidés, laquelle comprend près de 60 genres répartis entre 4 sous-familles et environ 4000 espèces. Seules les femelles sont hématophages, les mâles se nourrissant de nectar (Perie et al., 2005). Leur rôle comme vecteurs de maladies parasitaires et virales est démontré depuis déjà fort longtemps en médecine et surtout médecine vétérinaire (Zimmer et al., 2008). Ils sont responsables de la transmission de différents agents pathogènes, que ce soient des virus (virus de la fièvre catarrhale du mouton, virus de la peste équine, virus d'Akabane...), des protozoaires (par exemple, des genres *Haemoproteus* ou *Hepaticystis*) ou des filaires (*Onchocerca sp.*) et sont des vecteurs principalement d'importance vétérinaire. Ces insectes peuvent piquer aussi bien des mammifères (dont l'homme) que des oiseaux ou des reptiles (CNEV, 2012).

1.1.2. Classification

La famille des *Ceratopogonidae* contient environ 125 genres avec environ 5500 espèces. Parmi ces genres, quatre sont connus pour contenir des espèces hématophages : *Austroconops*, *Culicoides*, *Leptoconops* et *Forcipomyia* (sousgenre *Lasiohelea*). (Augot et Depaquit, 2010). Le genre *Culicoides* est différencié des 125 autres genres de cette famille par des caractères alaires et antennaires. La systématique du genre repose exclusivement sur des caractères morphologiques dont principalement :

- La pigmentation des ailes ;
- La distribution des organes sensoriels ;
- La longueur des antennes ;
- La morphologie des organes génitaux chez les mâles ;
- Le nombre et la taille des spermathèques chez les femelles ;
- L'indice antennaire (Bourcet., 2012).

1.1.3. Morphologie

Les *Culicoides* ont une morphologie classique présentent un corps élancé, avec des ailes velues recouvrant le corps au repos, de longues antennes filiformes, globuleuses à la base, constituées de 12 à 16 articles agencés comme des grains de chapelet (Pujols ., 2012). Ce sont des mandibulates, dotés d'une paire de mandibules et des hexapodes, on retrouve donc les caractéristiques de ceux-ci. En effet, ils portent des antennes et trois paires de pattes sont divisés en trois parties : la tête portant les organes des sens (yeux, palpes, mandibules), le thorax portant les pattes et les ailes, et l'abdomen où l'on trouve les fonctions reproductrices et viscérales, mais pas d'appendice. Ce sont des diptères, ils portent une seule paire d'ailes membraneuses et des nématocères, leurs antennes sont longues (Ziani Hadj-Henni, 2014), Les *Culicoides* s'identifient facilement grâce à des motifs alaires noirs et blancs constitués de pigments compris dans la membrane de l'aile. De plus, l'aile est parcourue d'une nervure médiane pédiculée et d'une nervure transverse (Pujols., 2012).

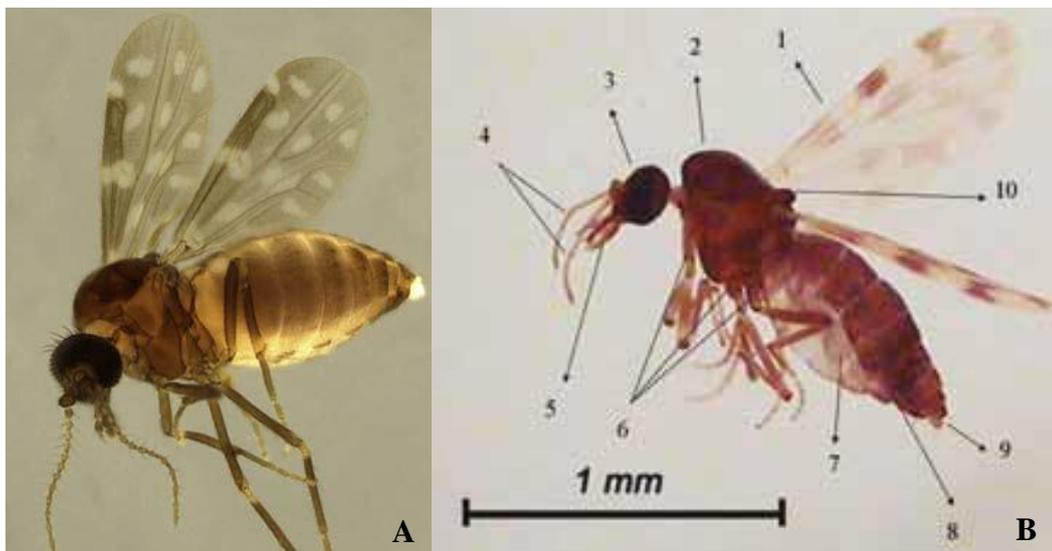


Figure 01 :(A) Aspect général d'un *Culicoides* femelle (Mullen et Murphree, 2019) ; (B) les organes d'un *Culicoides* : (1) Aile ; (2) Thorax (Scutum) ; (3) Yeux composés ; (4) Antennes ; (5) Pièces buccales et palpes ;(6) Paires de pattes ;(7) Abdomen ;(8) Position des organes génitaux internes ; (9) Cerques anaux ; (10) Scutez-le (González González, 2013).

1.1.3.1. Morphologie des stades immature

D'après Augot et Depaquit en 2010, le cycle de vie des *Culicoïdes* se décompose en quatre étapes : l'œuf, quatre stades larvaires, un stade nymphal et un stade imaginal (adulte).

1.1.3.1.1. Les œufs

Les œufs sont fusiformes, petits et allongés et mesurent entre 250 -500 um de long (souvent en forme de banane). Ils sont blancs très clairs à la ponte puis brunissent à l'air (Mullen et

Murphree, 2019). Au pôle antérieur, on trouve un micropyle et des petites excroissances ou organes de fixation sont observés sur le chorion (Ziani Hadj-Henni, 2013).

Les œufs sont déposés dans de l'eau stagnante (boues et vases des bords des cours d'eau, mares). Ils sont recouverts de petites projections qui permettent, en maintenant un film d'air à leur contact, de faciliter la diffusion d'oxygène pour la respiration lorsque l'œuf est immergé. Les œufs éclosent en quelques jours s'ils se trouvent à des températures favorables (Perie et al., 2005).

1.1.3.1.2. Les larves

Les larves de cératopogonidés, représentées par les espèces de *Culicoïdes*, sont généralement longues et minces, (Mullen et Murphre., 2019), vermiformes, effilées, d'une taille variant de 0,5 mm au stade 1, et pouvant atteindre plusieurs mm au stade 4, voire même 2 cm (Kremer, 1965). De couleur blanchâtre, elles possèdent une capsule céphalique de couleur jaune ou brunâtre. Elles sont typique d'une larve de nématocère avec une tête sclérifiée, un corps composé de 11 segments et aucun appendice. Les 3 segments thoraciques sont identiques aux 8 segments abdominaux et ne sont pas fusionnés. Les *Culicoïdes* n'ont en général que des soies discrètes et peu abondantes. La larve passe par 4 stades successifs au cours de son développement pour aboutir à la nymphe (Perie et al., 2005).

Le développement larvaire des *culicoïdes* est optimal au sein des milieux semi-aquatiques, principalement représentés par les substrats humides et riches en débris organiques divers (Zimmer et al., 2014). De nombreux biotopes larvaires sont définis dans le monde entier, y compris la végétation en décomposition humide, les feuilles mortes humides, le fumier, les trous d'arbres, les marécages, les étangs, les lacs, les ruisseaux et les berges des rivières, les tourbières et les marais salants (Slama et al., 2017).

1.1.3.1.3. Les nymphes

Le stade nymphal est formé au même endroit que le dernier stade larvaire. La couleur de la pupille peut être jaune pâle à brun clair. Ils ont une longueur de 2–5 mm et un céphalothorax bien distinct non segmenté qui comporte une paire de cornes respiratoires pouvant porter des épines ou des rides. (Slama et al., 2017), de l'abdomen avec longueur variable entre 1 et 3 mm. À ce stade, le sexe est défini et des différences morphologiques entre les deux sexes peuvent être observées. En effet, les structures génitales mâles (pinces génitales et processus) sont visibles à la base de l'abdomen. Les nymphes sont mobiles mais peu actives et ne se nourrissent pas, ce qui favorise leur hibernation en zone tempérée. Fixées à un support physique, les nymphes donnent naissance par une fente dorsale à un jeune adulte après 2 à 10

jours (Venail., 2014). Les nymphes de la plupart des espèces de *Culicoïdes* sont aquatiques et peuvent flotter (Slama et al., 2017).

1.1.3.2. Les imagos

Les adultes (ou imagos) sont des moucheron trapus et gibbeux de 1 à 4 mm de long (Mullen 2009), ont un corps composé, comme tous les insectes, d'une tête, d'un thorax et d'un abdomen (Venail., 2014).

1.1.3.2.1. La tête

La tête des *Culicoïdes* est arrondie et légèrement aplatie (Meiswinkel et al., 2004), porte de volumineux yeux composés (Balenghien et Delécolle., 2009).

Les antennes comprennent en moyenne 13 ou 15 articles chez les femelles, à partir de la tête, on trouve le scape (de forme annulaire), le pédicelle fortement renflé, suivis de 8 articles courts et de 5 articles longs. Chez le mâle, la disposition est différente : 10 articles courts et 3 articles longs (Perie et al., 2005).

Les pièces buccales sont du type piqueur, formant une trompe courte vulnérante. Les mandibules et les maxilles sont munies de petites dents. Les palpes maxillaires sont formés de 5 articles, dont le troisième, souvent renflé, porte une ou plusieurs fossettes sensorielles (Balenghien et Delécolle., 2009).

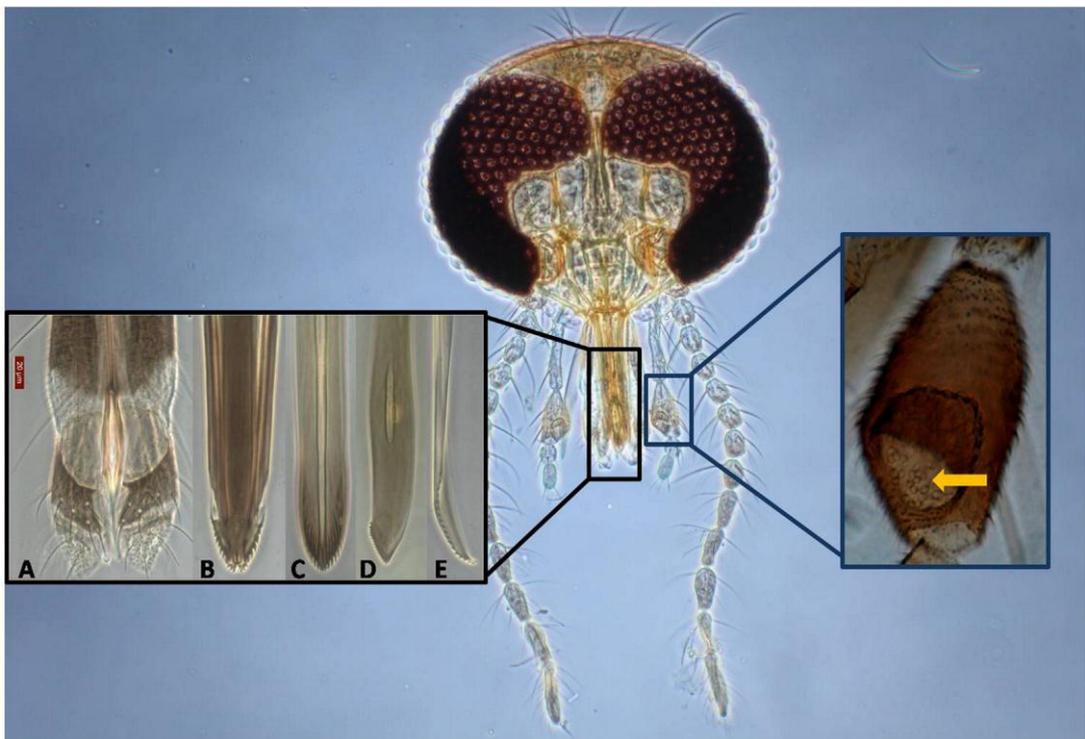


Figure 02 : Tête de *Culicoïdes*, avec des pièces buccales disséquées et élargies, (à gauche) et 3^{ème} segment palpale élargi (à droite) (Foxi et al., 2020).

1.1.3.2.2. Le thorax

Le thorax est constitué de 3 segments (prothorax, mésothorax et métathorax) avec des pattes courtes et des ailes qui sont dépourvues d'écaillés et repliées sur le dos au repos. Les adultes ne possèdent en réalité qu'une seule paire d'ailes étroites, membraneuses, la seconde paire est vestigiale et forme des balanciers ou haltères (Gillott, 1995 ; Gullon 2005).

Les ailes, repliées sur le dos au repos, sont dépourvues d'écaillés et, en général, ornées de zones plus ou moins sombres (Balenghien et Delécolle., 2009). Cette dernière caractéristique est utilisée pour l'identification morphologique et la détermination des espèces. Les ailes mesurent environ de 1 à 1,5 mm de long et de 0,05 à 0,08 mm de large. Elles sont constituées de nervures déterminant des cellules et de phanères (fig.03). Les nervures alaires sont appelées : costa, subcosta, radiale, transverse, anale (An), médiane (M) et cubitale (Cu). Les cellules sont appelées : cellule basale, les cellules radiales (r1, r2, r5), cellules médianes (m1, m2, m4), cellule cubitale (Cu) (Ritchie et al., 2004).

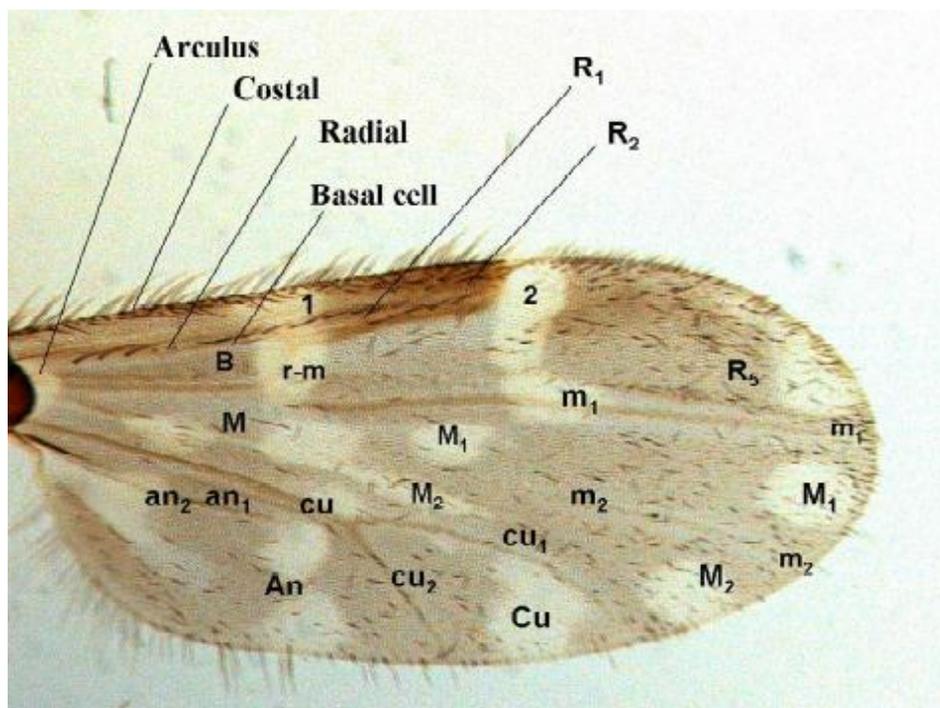


Figure 03 : Morphologie de l'aile d'un *Culicoides* (González González, 2013).

Les pattes sont relativement courtes, faiblement pubescentes (Balenghien et Delécolle., 2009). Ils sont composés de 5 segments qui sont : la coxa, le tranchantier, le fémur, le tibia, et le tarse (Dusom, 2012). Les pattes ne possèdent aucun caractère particulier, si ce n'est la paire de pattes postérieures sur lesquelles est présent un peigne tibial doté de nombreuses épines (Perie et al., 2005).

1.1.3.2.3. L'abdomen

L'abdomen se compose de 10 segments, les derniers portant les structures génitales mâles ou femelles qui constituent des éléments taxinomiques importants (Balenghienet Delécolle., 2009). On retrouve sur les derniers l'appareil génital mâle (hypopygium) ou femelle (cerques) (Ziani Hadj-Henni, 2014).

1.1.3.2.4. Appareil génital

Chez le mâle, l'hypopygium se compose d'un pénis (ou aedeagus), de paramères, de cerques, des expansions du 9^{ème} article abdominal (9^{ème} tergite avec la lamelle et 9^{ème} sternite), du coxite, des apodèmes, du style et d'une membrane basale (Delécolle, 1985).

Les spermathèques, organes reproducteurs chez la femelle, sont au nombre de un à deux, avec une troisième rudimentaire selon les espèces, cependant, il existe parfois des aberrations où l'on trouve trois spermathèques fonctionnelles. Elles se regroupent en un conduit commun où se remarque un anneau sclérifié. Il y en a généralement une qui est rudimentaire. Les cerques sont 11 enflées et fournies de longs poils et l'orifice génital est enserré de plaques chitineuses pour certaines espèces telles que les espèces du sous genre *Avaritia* (Delécolle, 1985).



Figure 04 : *Culicoides kibunensis* ♂; Organes génitaux : (1) Ditistyle ; (2) Articulation ; (3) Basistyle ; (4) Racine ventrale ; (5) Lobes et excavation caudomédiane ; (6) Processus apicolatéraux ; (7) Cercus ; (8) Édéage (flou) ; (9) Paramères ; (10) Neuvième sternite.

Culicoides pallidicornis ♀; Organes génitaux : (1) Spermathèques ; (2) Spermathèques rudimentaires ; (3) Sclérite anal ; (4) Plaques chitineuses ; (5) Espace génital entre les plaques ; (6) Cercus. Segments abdominaux représenté par des chiffres romains : (VII-X) (González

González, 2013).

1.1.4. Biologie et écologie des *Culicoides*

1.1.4.1. Cycle biologique

Les *Culicoides* sont des insectes holométaboles (Ziani Hadj-Henni, 2014). Leur cycle de vie se décompose en quatre étapes : l'œuf, quatre stades larvaires, un stade nymphal et un stade imaginal (adulte). Le processus de développement de l'œuf jusqu'au stade adulte dure environ 3 semaines. Toutefois, cette durée dépend des températures extérieures et par exemple en hiver dans les pays froids et tempérés, la durée de vie larvaire peut être allongée. Les sites de reproduction sont différents et spécifiques des espèces. Les œufs éclosent 2 à 8 jours après la ponte. Ils sont pondus sur un sol humide, riche en matière organique d'origine végétale en décomposition (trous d'arbres, souches pourries, feuilles mortes,...) ou recyclées par les animaux (bouses, crottins,...). Les stades immatures exigent une certaine quantité d'eau libre et/ou d'humidité et le développement larvaire (4 stades) dure minimum 2 semaines. Ensuite la larve se transforme en nymphe d'où émerge l'imago 2 à 10 jours plus tard (Augot et Depaquit, 2010 ; Balenghien et al., 2010).

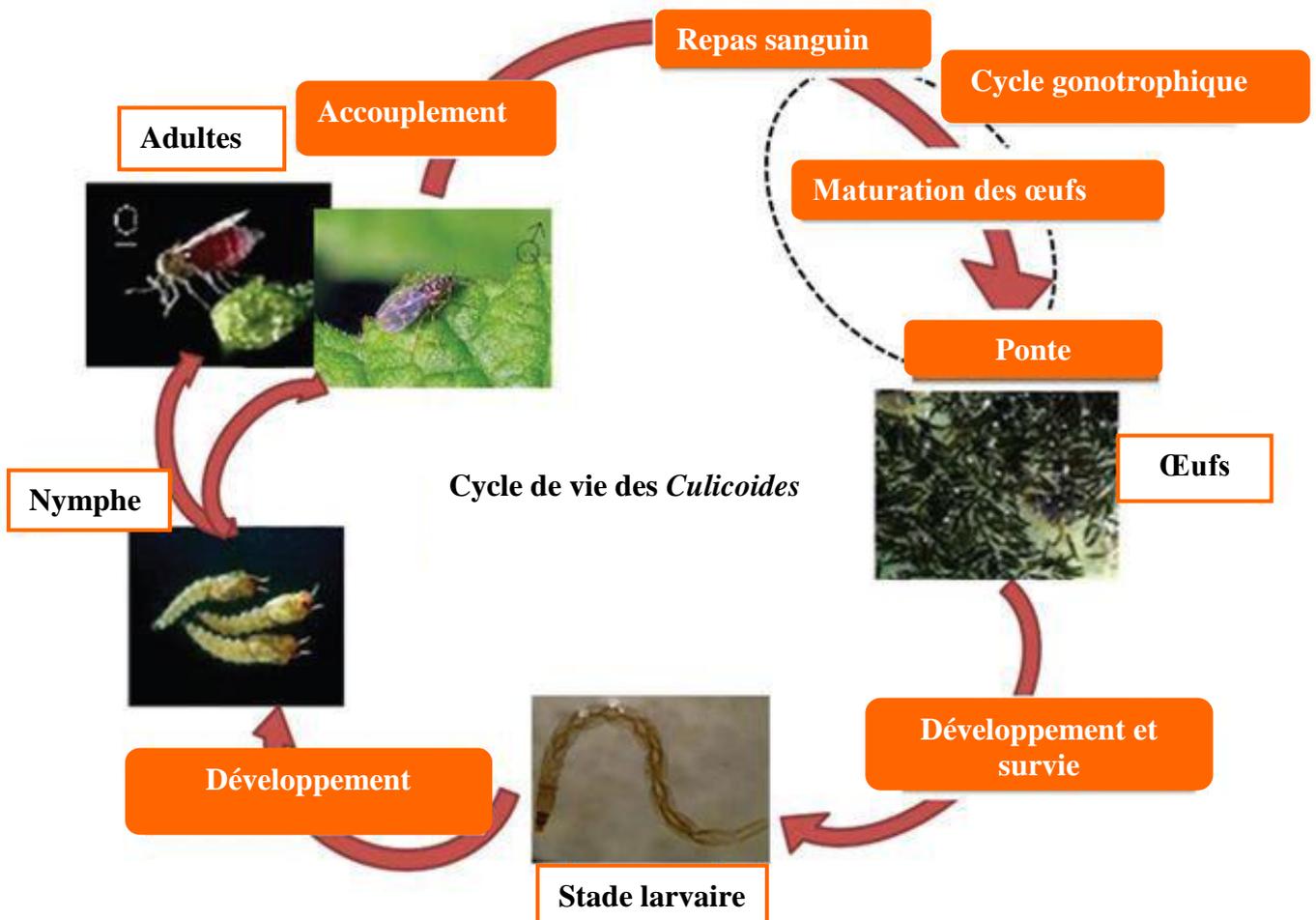


Figure 05 : Cycle de vie des *Culicoides* (Slama et al., 2017).

Quelques espèces de *Culicoides* sont autogènes (elles peuvent pondre une première fois sans avoir pris un repas de sang) (Mellor et al ., 2000). Alors que la majorité des femelles adultes sont hématophages ; elles prennent de ce fait un repas sanguin tous les 3-4 jours environ (Touchon et Warkentin ,2008).

En effet, l'accouplement se fait lors d'un vol nuptial composé de nombreux mâles et femelles, les spermatophores des mâles sont stockés dans une à trois spermathèques de la femelle. Après l'accouplement, la femelle recherche un hôte pour un repas sanguin indispensable à la maturation des œufs. Deux jours après leur repas sanguin, les femelles vont pondre leurs œufs dans des conditions optimales de température soit environ 28°C. Ceux-ci vont être disposés en amas ou en rang les uns derrière les autres, dans des habitats humides et riches en matières organiques d'origine végétale en décomposition tels que des eaux stagnantes, des vieilles souches d'arbre ou des tas de fumier par exemple. Ils vont éclore deux à huit jours après la ponte et donner de minuscules larves blanches. Le développement larvaire dure de deux semaines à plusieurs mois en fonction de la saison. La larve se transforme ensuite en nymphe, étape où l'insecte ne se nourrit pas. Elle donnera l'imago deux à dix jours plus tard (Ziani Hadj-Henni, 2014).

1.1.4.2. Habitat

On retrouve les *Culicoides* principalement au niveau du sol à proximité des animaux (Velten et Mullens., 1997). Elles vivent dans des zones humides, en frontière d'un habitat terrestre et aquatique ou dans des zones contenant de nombreux végétaux pourrissants, milieux favorables à l'ensemble de leur développement jusqu'à l'adulte. Les larves creusent à la surface du substrat pour s'enfouir légèrement et ne nagent librement que très rarement dans l'eau environnante. Quelques larves de *Culicoides* s'enfouissent également dans le sable, notamment *Culicoides melleus* ou *Culicoides hollensis* (Perie et al ., 2005). Tandis que les larves fréquentent la couche superficielle du milieu dans lequel elles se développent : on les retrouve donc principalement dans les cinq à six premiers centimètres de substrat (Uslu et Dik, 2006). Les nymphes se retrouvent également à la surface du milieu (boue ou eau) dans lequel le développement larvaire s'est déroulé (Zimmer, 2007).

Les femelles se rapprochent généralement de l'essaim à la rencontre d'un mâle pour la copulation. Une fois fécondée, les femelles partent en quête de leur premier repas sanguin nécessaire à la maturation des œufs. Les adultes des espèces d'intérêt vétérinaire se rencontrent principalement aux environs immédiats des exploitations de bétail, essentiellement à proximité de substrats humides ou d'eaux stagnantes et sont sensibles à la

sécheresse. Ils fréquentent ainsi la face inférieure des feuilles ou des herbes situées dans les zones ombragées (Zimmer et al., 2008).

Les gîtes de repos des imagos sont localisés, en général, dans le feuillage de la végétation située à proximité des lieux de repas et de ponte. La longévité des imagos serait de 10 à 20 jours en moyenne, mais, exceptionnellement, ils pourraient survivre 60, voire 90 jours, en particulier à basse température (Balenghien et Delécolle, 2009).

De manière générale, les *Culicoides* sont retrouvés aux alentours des exploitations de bétail, à proximité des eaux stagnantes et des excréments. Toutefois, la présence d'animaux à l'intérieur d'une étable peut attirer les *Culicoides* (Ziani Hadj-Henni, 2014). La majorité des espèces de *culicoides* étant de nature crépusculaire ou nocturne (Carpenter et al ., 2013). Ils sont au repos durant la journée ; ils fréquentent alors la face inférieure des feuilles ou des herbes situées dans les zones ombragées (Zimmer, 2007).

En dépit de toutes ces conditions, les *Culicoides* peuvent être retrouvés dans la majorité des écosystèmes, car ce genre contient une grande diversité d'espèces dont les individus sont capables de s'adapter à un environnement particulier (Kettle, 1984).

1.1.4.3. Nutrition

Les mâles sont en général floricoles, ils se nourrissent de nectar, de sucre, de pollen, de liquide, de matière organique en décomposition. Ainsi, nous les retrouvons surtout au sommet des arbres, dans les feuillages. C'est leur gîte de repos, c'est à dire le lieu où les adultes se trouvent en dehors de la période de chasse et des gîtes de ponte (Ziani Hadj-Henni, 2014). Cependant, les femelles sont hématophages, mais peuvent également se nourrir de jus sucré. Elles prennent un repas sanguin tous les 3 à 5 jours, période nécessaire pour compléter leur cycle trophogonique (Holmes et Birley, 1987 ; Braverman, 1988). Au sein de certaines espèces, elles sont particulièrement agressives et féroces. Abondantes, elles représentent une véritable nuisance. Selon les espèces, elles sont mammophiles ou ornithophiles ; leur choix se porte rarement sur les animaux à sang froid. La majorité des espèces piquent le matin à l'aube, et le soir avant le coucher du soleil (Balenghien et Delécolle., 2009).

Les femelles repèrent leur proie grâce à leurs palpes sensibles à la chaleur humide et au gaz carbonique (Johnstone et Hurst ., 1996).

1.1.4.4. Dispersion

Les *Culicoïdes* ont une dispersion active très limitée (environ 3 km) mais il existe également une dispersion passive possible (vent, transport des larves) (Bourcet ,2012). Dans certaines conditions, les femelles peuvent parcourir plusieurs kilomètres. De plus, les preuves que les *Culicoides* peuvent être transportés passivement sur de longues distances par les vents se font

de plus en plus nombreuses. C'est ce phénomène qui est invoqué, par exemple, pour expliquer la colonisation des îles méditerranéennes par *C. imicola*. Secondairement, la dispersion pourrait sans doute aussi être assurée à l'état larvaire, par transport sur des animaux et, en particulier, sur des oiseaux migrateurs (transport de boue contenant des larves collées sur les pattes (Balenghien et Delécolle, 2009).

1.1.5. Importance médicale et vétérinaire

1.1.5.1. Nuisance

Les Cératopogonidés peuvent causer des nuisances susceptibles de freiner les activités humaines, agricoles ou touristiques (Balenghien et Delécolle, 2009).

Seule une proportion extrêmement faible des espèces de *Culicoides* a un impact délétère significatif sur l'existence humaine, cependant, même dans le cas d'espèces connues pour jouer un rôle dans la transmission d'arbovirus, de bactéries, de protozoaires et d'helminthes parasites aux humains et aux animaux, elles restent le moins étudié des principaux groupes de vecteurs diptères (Carpenter et al., 2013).

En santé animale, plusieurs maladies virales dont l'agent pathogène est transmis par les *Culicoides* sont d'importance majeure : la fièvre catarrhale ovine, la peste équine, la maladie hémorragique des cervidés et la maladie de Schmallenberg (Villard et al., 2019). Les agents pathogènes des trois premières maladies sont des virus du genre *Orbivirus* (Reoviridae). En raison de leur impact socio-économique dû aux pertes économiques et aux perturbations du commerce international, ces trois maladies figurent sur la liste des maladies à déclaration obligatoire de l'Office International des Épizooties (OIE) (EFSA, 2014).

Les *Culicoides* sont les vecteurs du virus de la fièvre catarrhale ovine (FCO) et d'autres agents pathogènes d'intérêt vétérinaire (Venail, 2014). La piqûre des femelles hématophages de *Culicoides* est douloureuse et prurigineuse, elle cause généralement une sensation de brûlure et l'apparition d'une nodosité rosée (Kremer 1965). La nuisance de leur piqûre pour l'homme et les animaux (qui peuvent provoquer chez les chevaux la dermatite estivale récidivante) et par leur rôle vecteur : transmission de protozoaires, de filaires, mais surtout de virus à l'homme et aux animaux. *Culicoides paraensis* transmet, au cours d'épidémies urbaines, le virus d'Oropouche en Amérique Centrale et du Sud, causant des symptômes fébriles et même une méningite. Des virus du genre *Orbivirus*, transmis par les *Culicoides*, sont dévastateurs pour la santé animale. Comme exemples de maladies virales redoutables, on peut citer la peste équine, associée à un taux de létalité pouvant atteindre 90 à 95 % – l'épizootie de 1854-1855 dans l'actuelle Afrique du Sud provoqua la mort de 70 000 équidés

en 8 mois, soit 40 % de la population – et la fièvre catarrhale ovine qui défraye aujourd’hui la chronique en Europe (Balenghien et Delécolle, 2009).

1.1.5.2. Le rôle des *Culicoides* dans la transmission du virus de la FCO

De nombreux arthropodes sont susceptibles de jouer un rôle dans la transmission de divers pathogènes responsables de maladies animales. Les diptères hématophages constituent une part importante de ces vecteurs (Zimmer et al., 2014). Parmi ceux-ci se retrouvent les *culicoides*, qui sont impliqués, à ce jour, dans la transmission de 65 virus, de 15 espèces de protozoaires et de 25 espèces de filaires (Borkent, 2014).

L’implication des *Culicoides* dans la transmission de virus est importante non seulement par le nombre de virus transmis, mais aussi par l’impact sanitaire et socioéconomique généré (Venail, 2014). Seule une infime portion des espèces de *Culicoides* décrites dans le monde a été incriminée dans la transmission du virus de la FCO. En Europe méditerranéenne, *C. imicola* est considéré comme le principal vecteur du virus de la FCO, en Europe tempérée l’identification des espèces vectrices du virus n’est pas encore achevée. L’intérêt pour les espèces paléarctiques européennes étant très récent et ce groupe d’insecte étant difficile à étudier, les données restent parcellaires. Néanmoins, il est admis que les principaux vecteurs potentiels, tout comme *C. imicola*, appartiennent au sous-genre *Avaritia*, à savoir *C. obsoletus*, *C. scoticus*, *C. dewulfi*, et *C. chiopterus*. Ces espèces sont incriminées à cause de leur préférence d’hôte, de l’identification ou de l’isolement de virus à partir d’individus capturés sur le terrain ou d’infections expérimentales (Balenghien et Delécolle, 2009).

1.1.5.2.1. La fièvre catarrhale ovine (FCO)

La fièvre catarrhale ovine (FCO) – également dénommée maladie de la langue bleue (Zimmer et al., 2014), est une maladie virale vectorielle (Hwang et al., 2019). Non contagieuse (Mellor et Wittmann, 2002 ; Abera et al., 2018 ; De Oliveira Vial et al., 2021). 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 et Murphree, 2019), transmis exclusivement par certaines espèces du genre *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae), l’agent causal, est le virus de la fièvre catarrhale du mouton (BTV) (Rojas et al., 2019) est un virus à ARN double brin, appartenant au genre Orbivirus de la famille *Reoviridae*, (Venter, 2015 ; Abera et al., 2018 ; Cappai et al., 2018). Il existe au moins 26 sérotypes distincts du virus de la fièvre catarrhale du mouton, notamment les sérotypes 25 et 26, récemment identifiés en Suisse et au Koweït (Kardjadj et al., 2016). La FCO est une maladie à déclaration obligatoire. Elle figure sur la liste des quatre-vingt-treize maladies notifiables à l’organisation mondiale de la santé animale, car elle induit de lourdes pertes

socioéconomiques et perturbe considérablement le commerce international d'animaux et de produits d'origine animale (Saegerman et al., 2008 ; Hwang et al., 2019).

1.1.5.2.1.1. Répartition géographique dans le monde

La FCO a une distribution mondiale (Mathieu, 2011). L'aire de répartition de cette affection, à transmission vectorielle, dépend très étroitement de celle de ses vecteurs (Augot et Depaquit, 2010). Elle est décrite pour la première fois en 1881 en Afrique du Sud, la fièvre catarrhale ovine s'est étendue, à partir de 1940, en Afrique centrale, pour atteindre ensuite le bassin méditerranéen (Israël, Turquie, Syrie, Oman, Arabie Saoudite) et l'Asie (Inde, Chine, Pakistan, Japon, Indonésie, Inde, Malaisie). Actuellement, elle est également signalée en Amérique du Nord (USA, Canada), en Amérique Centrale, en Amérique du Sud (Mexique, Chili, Brésil, Guyane), en Australie et Nouvelle Zélande. La distribution mondiale du virus se situe maintenant approximativement entre les latitudes 35°S et 53°N (Bréard et al., 2007).

Longtemps, la FCO n'a été présente en Europe qu'épisodiquement et uniquement dans son extrême Sud (Sud de la Péninsule ibérique, Chypre et quelques îles grecques). Quand, à partir de 1998, la FCO s'est étendue à des zones du Bassin méditerranéen où elle n'avait jamais été présente, on a constaté que ces zones coïncidaient avec l'extension vers le nord de l'aire de répartition de *C. imicola*, notamment dans l'Ouest du Bassin méditerranéen (Balenghien et Delécolle., 2009)

Depuis 1998, 32 pays touchés par la FCO en Europe et sur le pourtour méditerranéen parmi lesquelles l'Algérie (Mathieu, 2011).

1.1.5.2.1.2. Situation épidémiologique de la FCO en Algérie

En Juillet 2000, les premiers cas de FCO –serotype 2 sont apparus en Algérie dans les wilayas de Skikda, Souk Ahras, Annaba, Guelma, Oum El Bouagi, Tebessa et Jijel El –Taref, Khenchela et Algiers. En 2006, des cas de FCO-serotype-1 aussi ont été observés (Mellor et Wittmann, 2002 ; Hammami, 2004). La FCO était présente chez les ruminants domestiques avec des sero-prévalence de 16,44% chez les bovins et 13,33% chez les petits ruminants (Kardjadj et al., 2016).

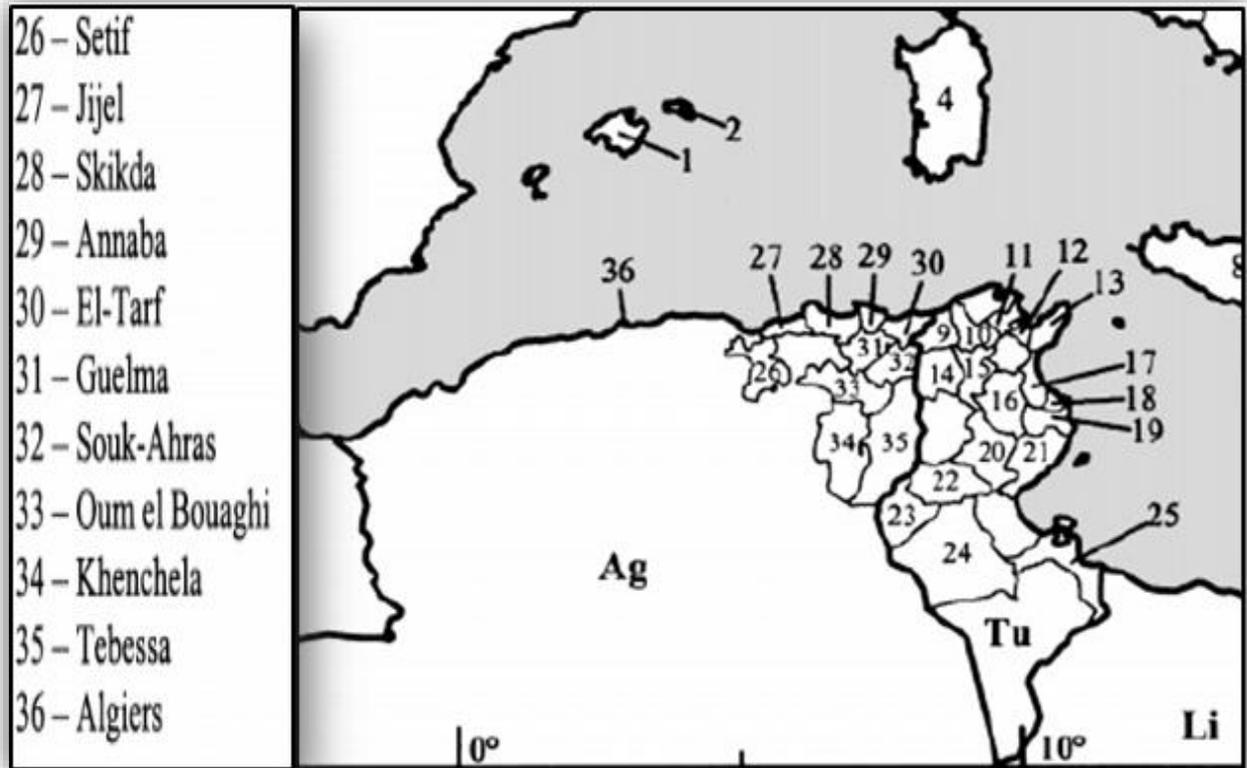


Figure 06 : Wilayas touchées par le long bleu en Algérie en 2000 (Mellor et Wittmann, 2002).

1.1.5.2.1.3. Les acteurs de la maladie

Comme la plupart des maladies transmises par des vecteurs, le cycle de transmission de la fièvre catarrhale des moutons serait complexe si on prenait en compte toutes les espèces vertébrées sensibles (Biteau-Coroller, 2007). Cette maladie virale, bien que virulente, n'est pas contagieuse par contact direct d'un animal malade à un animal sain. Elle se transmet de proche en proche par la piqûre d'un moucheron hématophage (amateur de sang), du genre *Culicoides*, porteur d'un virus pathogène (Charbonnier et al ., 2009).

On peut distinguer deux compartiments d'évolution pour le BTV : l'insecte vecteur et les hôtes vertébrés capables de multiplier le virus, ces 2 compartiments étant inclus dans un environnement donné aux caractéristiques propres. Ainsi, le système de transmission du virus BT est influencé par 4 entités que nous allons détailler successivement : le virus, agent pathogène de la maladie, le(s) espèce(s) vectrice(s) du virus, les hôtes vertébrés et l'environnement (Biteau-Coroller , 2007).

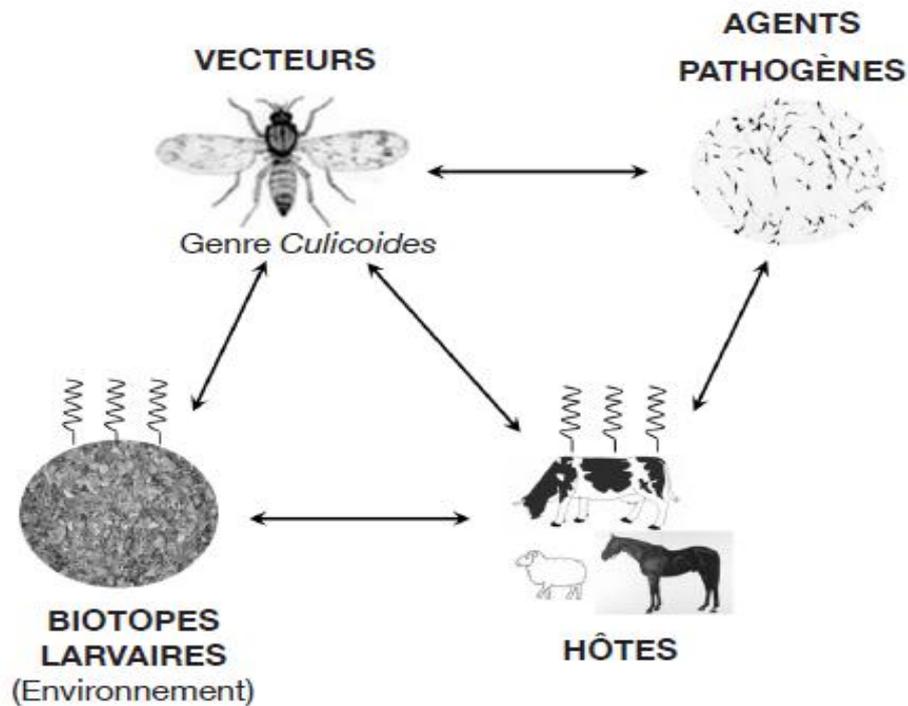


Figure 07 : Représentation d'un système vectoriel (Zimmer et al., 2013)

1.1.5.2.1.4. L'agent pathogène (BTV)

1.1.5.2.1.4.1. Classification et caractéristiques générales

Le BTV est un arbovirus des ruminants à déclaration obligatoire (Carpenter et al., 2009 ; Sanders et al., 2019), responsable de la fièvre catarrhale ovine, non enveloppé (Patel et Roy ,2014 ; Roy, 2017 ; De Oliveira Vial et al., 2021), de taille varie entre 60 à 80 nm (Albina et al., 2007). Appartenant à la famille des *Reoviridae*, genre *Orbivirus* à ARN double brin segmenté (Saegerman et al ., 2008 ; Zientara et al., 2010 ; Venter, 2015 ; De Oliveira Vial et al.,2021).

Comparés aux autres rotavirus et réovirus, les virions du virus de la fièvre catarrhale du mouton (550S) sont relativement fragiles, dont l'ineffectivité est perdue dans des conditions légèrement acides, sont des structures à architecture complexe (Roy, 2005). Ils sont responsables de maladies majeures en médecine vétérinaire (Charbonnier et al., 2009). Du fait de sa particularité d'être transmis entre hôtes vertébrés par la piqûre de moucheron hématophages du genre *Culicoides* (Diptera : *Ceratopogonidae*) ce qui le classe aussi parmi les Arbovirus (Arthropod Borne Virus) (Gerbier et al., 2008).

Le virus de la fièvre catarrhale du mouton reste stable en présence de protéines et peut survivre pendant des années, par exemple dans le sang stocké à 20 ° C. Il est sensible à 3% de NaOH, au complexe d'iode organique, au phénol et à la b-propiolactone (Sperlova et Zendulkova, 2011).

1.1.5.2.1.4.2. Structure et fonction des principales protéines du BTV

Le BTV est architecturalement complexe, son génome est composé de 10 segments discrets d'ARN double brin d'environ 19 200 paires de bases de longueur (Pudupakam et al., 2017). codant 11 protéines (Breard et al., 2007), possède sept protéines structurales différentes (VP1 à VP7) réparties en deux capsides et quatre non structurales (NS1 to NS4 and NS3A) (Albina et al., 2007). Les protéines VP2 et VP5 forment la couche externe de la capside, elles permettent l'attachement cellulaire, l'intériorisation du virus dans la cellule. Leur variabilité, en particulier celle de VP2 est grande. Les protéines VP2, et dans une moindre mesure VP5, déterminent le sérotype du BTV (Ninio, 2011). Les protéines VP7 forment avec VP3 les couches internes de la capside (Schwartz-Cornil et al., 2008). Sur cette couche, on retrouve des quantités mineures de trois protéines enzymatiques impliquées en transcription et la réplication :

- L'ARN polymérase ARN-dépendante VP1 (149 kDa) ;
- l'enzyme de coiffage de l'ARN VP4 ;
- l'hélicase de l'ARN-db VP6 (36 kDa) (Ziani Hadj-Henni, 2014).

Le BTV possède également des protéines dites non structurales (NS) ne sont produites par la cellule que lorsque le virus s'y réplique (Belbis et al., 2010).

- NS1 est impliquée dans la formation des tubules lors de la réplication virale ;
- NS2 joue un rôle dans la synthèse de l'ARN ;
- NS3 participe à la libération du virus provenant de cellules infectées après multiplication (Bourcet, 2012).

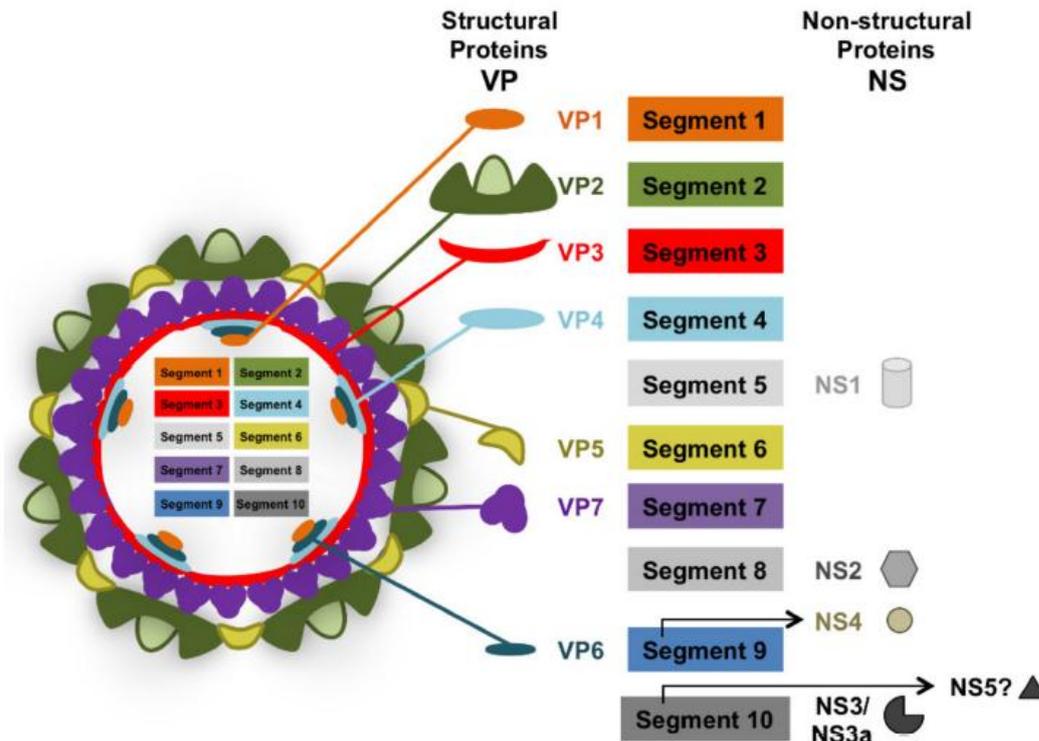


Figure 08 : Représentation schématique du BTV (protéines structurales et ARN double brin) (Rodríguez-Martín et al., 2021).

1.1.5.2.1.4.3. Modes d'introduction virale

L'introduction du virus de la FCO d'une région dans une autre peut se réaliser par différentes voies citant :

- Les mouvements d'animaux (ruminants domestiques ou sauvages) ;
- Le transport de produits animaux (semences, embryons) ;
- Des *Culicoides* vecteurs infectés transportés ;
- Des moyens vivants (plantes, animaux) ou inanimés (avions, bateaux) ;
- Un vol actif de *culicoides* vecteurs infectés (propagation locale de quelques centaines de mètres) ou encore par un vol passif de *culicoides* vecteurs infectés via le vent (Saegerman et al., 2008).

1.1.5.2.1.4.4. Mécanisme de transmission de BTV

Le BTV peut infecter une large gamme de ruminants domestiques et sauvages (Saegerman et al., 2008). Les ruminants domestiques comme les bovins, les ovins et les caprins, les ruminants sauvages tels que les cerfs et les camélidés (Wilson et al., 2008)

Généralement, le mode de transmission le plus fréquent et le plus décrit se fait par l'intermédiaire d'un vecteur vivant, des diptères hématophages du genre *Culicoides*, de la

famille des Cératopogonidés (Pujols, 2012). Cependant, des études font état d'une transmission par contact direct, éventuellement par aérosol avec BTV-26 entre animaux. Ils suggèrent également une transmission verticale chez les animaux, avec des souches vaccinales vivantes atténuées de BTV (De Oliveira Vial et al., 2021).

La transmission de la FCO est saisonnière et a lieu, la plupart du temps, entre la fin de l'été et la fin de l'automne, au moment où les vecteurs sont les plus abondants (Pujols, 2012).

Après infection par piqûre du *Culicoides* qui deviennent lui-même infectants après l'ingestion du sang d'un hôte vertébré virémique. (Perie et al., 2005). Le virus se réplique d'abord dans le ganglion lymphatique adjacent, puis diffuse par la voie lymphatique et hématique à l'ensemble des organes et tissus, infectant les macrophages, les cellules endothéliales vasculaires, et les cellules dendritiques (Albina et al., 2007). C'est ce qu'on appelle « la période d'incubation extrinsèque » qui est l'intervalle entre l'ingestion du virus et le moment auquel le virus est libérée dans la salive (Mellor et al., 2009).

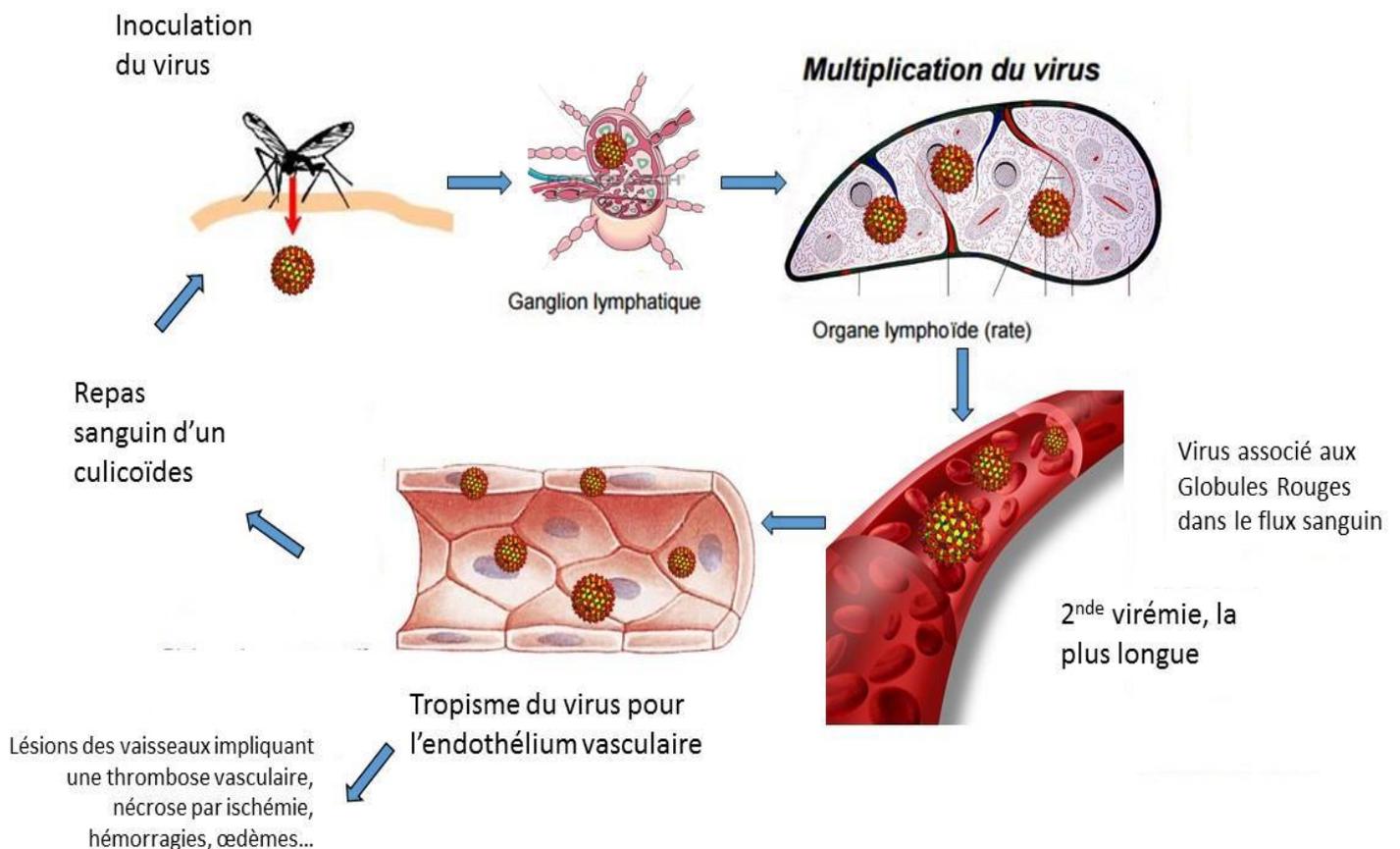


Figure 09 : Devenir du virus BTV chez l'hôte (Pons, 2017).

1.1.5.2.1.4.5. Les hôtes sensibles

Le BTV peut infecter un large spectre de ruminants domestiques (bovins, ovins) et sauvages (gnou, buffle, élan, cerf) (Pons, 2017). Tous les ruminants sont sensibles à la fièvre catarrhale, mais la maladie clinique se manifeste le plus souvent chez les ovins (Sperlova et Zendulkova, 2011). Comme son nom l'indique, l'espèce cible principale de la fièvre catarrhale ovine est le mouton. Si d'autres espèces de ruminants y sont sensibles, la FCO était considérée jusqu'en 2006 comme une maladie quasi exclusivement ovine, ne donnant qu'exceptionnellement lieu à une expression clinique chez d'autres ruminants, les bovins en particulier, réceptifs, mais non sensibles, remplissant le rôle de réservoir asymptomatique majeur. Toutefois, suite à l'épisode de FCO ayant débuté en 2006 en Europe du Nord, les bovins et dans une moindre mesure des caprins se sont révélés sensibles au sérotype 8 (Bourcet, 2012). Les carnivores domestiques et sauvages (lion, chien entre autres) pourraient aussi être sensibles lorsqu'ils se contaminent par voie orale à partir de ruminants ou produits infectés (Pons, 2017).

Chez la plupart des animaux, la virémie est détectable 3 à 6 jours après l'infection selon la dose infectante et la localisation du point d'inoculation. La virémie chez les moutons dure habituellement de 6 à 10 jours et persiste rarement plus de 14 jours. Chez les bovins, la virémie semble persister plus longtemps (7-28 jours). La durée maximum de la virémie chez les autres espèces de ruminants semble varier de 10 à 50 jours (Mellor, 2001). Les animaux développent ensuite une immunité humorale (anticorps neutralisants) et cellulaire qui les protège contre le sérotype ayant induit cette immunité.

Parmi les ruminants domestiques, seuls les moutons développent des signes cliniques de la maladie, notamment les races dites améliorées ou les populations ovines naïves. Les conséquences économiques directes concernent ainsi essentiellement cette espèce.

Cependant, le poids économique de cette maladie sur les espèces bovines et caprines n'est pas négligeable. Il est lié aux restrictions commerciales et au coût des mesures de surveillance mises en place pour limiter la propagation de ce virus au sein de populations cliniquement sensibles (Biteau-Coroller, 2007).

1.1.5.2.1.4.6. Signes cliniques

La fièvre catarrhale du mouton est caractérisée généralement par de la fièvre, un œdème facial, une hyperémie, une congestion et une érosion des muqueuses (Hwang et al., 2019). Elle se manifeste par une affection aiguë, chronique ou infraclinique ; les races de laine fine sont les plus sensibles. Une période d'incubation de quatre à huit jours (Sperlova et Zendulkova, 2011). Avec un maximum de 18 jours, les animaux présentent une hyperthermie (pouvant atteindre 42°C), associée à une diminution de l'appétit et un abattement pendant quatre à huit jours. Des phénomènes congestifs, oedémateux et hémorragiques apparaissent :

on observe de vastes zones de congestion et d'hémorragies punctiformes sur la muqueuse buccale, accompagnées d'hypersalivation ; ces lésions évoluent vers l'ulcération et la langue devient cyanosée (d'où le nom « de bluetongue ») (Bréard et al., 2007). Mais dans de rares cas. Dans certains cas, une dyspnée, une diarrhée hémorragique abondante ou des vomissements pouvant causer une pneumonie d'aspiration (Sperlova et Zendulkova, 2011).

Les signes cliniques d'appel pour lesquels il y a eu un consensus de la part des vétérinaires sont les suivants :

- chez les ovins viande : abattement et amaigrissement rapide (signe du creux du flanc), hyperthermie, atteinte de la face : jetage, larmoiement, oedème de la face, ptyalisme et atteinte de plusieurs animaux d'un même lot.

- chez les bovins laitiers et allaitants : baisse brutale et persistante de la production laitière (vaches laitières), hyperthermie, atteinte des yeux (exorbités, larmoyants, rouges), nez crouteux/sale (croûtes, ulcérations, jetage), raideur des membres, voire boiterie sévères (plus fréquente chez les bovins laitiers), peu ou plusieurs animaux atteints (Zanella et al., 2010).

La cyanose de la langue (considérée comme pathognomonique de l'infection) n'est présente que dans moins de 3% des cas (Pons, 2017).

1.1.6. Impacte des facteurs climatiques sur la biologie les *Culicoides*

Les interactions pathogène/vecteur/hôte sont soumises à des contraintes génétiques, climatiques, environnementales, démographiques et sociétales, qui peuvent induire une réduction de la transmission ou l'émergence de maladies. Les trente dernières années ont vu l'émergence ou la recrudescence de plusieurs maladies à transmission vectorielle (Chikungunya, dengue, fièvre West Nile, maladie de Lyme, fièvre catarrhale ovine) (Kilpatrick et al., 2013).

La question de l'impact du changement climatique sur l'épidémiologie des maladies est aujourd'hui largement débattue. De récentes émergences en zones tempérées de maladies considérées comme tropicales alimentent les spéculations. Ces émergences sont avant tout à relier à l'extraordinaire accroissement des transports des personnes et des biens et à la disparition des barrières physiques qui, jusqu'à peu, limitaient l'extension des pathogènes et/ou de leurs vecteurs. Il reste que certaines d'entre elles ont démontré leur capacité à s'implanter durablement dans des écosystèmes naïfs, aux caractéristiques apparemment éloignées de leurs zones d'endémies. L'évolution des paysages et des pratiques peut créer les conditions écologiques favorables à leur transmission et les changements des paramètres climatiques y participent. Les facteurs abiotiques (notamment la température et l'humidité) sont connus comme étant déterminants dans la prolificité, la survie et l'abondance des insectes

et affectent également la capacité vectorielle de certaines espèces exotiques ou autochtones (De La Rocque et Rioux, 2008).

Parmi celle-ci, nous nous focalisons sur les *Culicoides* où la distribution des espèces est étroitement liée aux conditions environnementales locales (Braverman, 1994 ; Mellor et al., 2000 ; Borkent et Spinelli, 2007), telle que la température, l'humidité, la vitesse du vent et les précipitations, ainsi qu'aux propriétés physiques et chimiques du sol dans lequel se déroule le développement larvaire (Bandeira et al., 2017).

1.1.6.1. Rôle de température

La distribution géographique et l'abondance des espèces de *Culicoides* sont régulés par les conditions météorologiques telles que la température, l'humidité et les précipitations (Venter et al., 2019). La température est sans doute l'élément jouant le rôle le plus important sur le comportement et la survie de ces moucheron. En effet, leur activité est significative entre 13°C et 35°C (Zimmer et al., 2008). Il est évident que, les températures élevées augmentent la durée de vie des *Culicoides* adultes, accélèrent le cycle de développement larvaire (augmentant ainsi le nombre de générations complétées) et, surtout, accélère la morsure et le taux de répllication du virus extrinsèque. Mais des baisses températures peuvent allonger aussi cette durée de vie en limitant toutefois l'activité (Pons, 2017).

1.1.6.2. Rôle de vent

De nombreux insectes utilisent le vent pour se disperser ou migrer et peut, lorsqu'il est infecté par un agent pathogène, introduire des maladies dans de nouvelles régions (Sedda et al., 2012). Les *Culicoides* réalisent parfois des trajets beaucoup plus longs, grâce à l'intervention du vent et des courants d'air chaud. Les distances parcourues s'étendent alors de 1 jusqu'à 700 kilomètres, pour des vents allant de 10 à 40 km/h et des températures situées entre 12°C et 35°C (Perie et al., 2005). La direction et la force du vent déterminent leur propagation par dispersion passive (Zimmer et al., 2009). Parfois, il augmenterait la mortalité des adultes et diminuerait leur activité (Mellor et al., 2000).

1.1.6.3. Rôle d'humidité et précipitation

Une humidité élevée joue également un rôle important, principalement pour les stades larvaires, très sensibles à la dessiccation (Zimmer et al., 2009). Les précipitations peuvent influence la distribution des *Culicoides* par un impact sur la disponibilité des gites larvaires (Wittmann et al., 2001). Elles considérées comme étant défavorables puisqu'elles empêchent leurs vol, et cela, tant que la végétation est humide (Zimmer et al., 2008).

Tableau 01 : Effets des différents facteurs climatiques sur les *Culicoides* et sur leur rôle de vecteur de virus de la fièvre catarrhale (Perie et al., 2005).

Paramètre	Effets en faveur des transmissions virales	Effets en défaveur des transmissions virales
Les vents	-Transportent les insectes sur de longues distances.	-Inhibent leur activité ; - Augmentent la mortalité des adultes.
Fortes chaleurs	-Raccourcissent l'espace entre 2 générations ; -Augmentent le nombre de repas sanguins ; -Peuvent rendre certains insectes non vecteurs porteurs d'un BTV.	-Baissent la fécondité des femelles adultes ; -Diminuent de la durée de vie des adultes si excessives.
Froid		-Inactivité ; -Absence de réplication virale ; -Diminution de la durée de vie des adultes.
Précipitations	-Nécessaires pour un développement correct -Augmentent la quantité d'insectes présents sur une année.	-Détruisent certaines larves si trop importantes.

1.1.7. Distribution géographique des *culicoides* dans le monde

Les *Culicoides* ont une distribution très large dans le monde, à l'exception de quelques régions dont la Nouvelle Zélande, la Patagonie, l'Antarctique et quelques îles hawaïennes. Leur distribution altitudinale se situe entre le niveau de la mer et à plus de 4 000 m (Mellor et al., 2000).

1.1.8. Les *Culicoides* d'Algérie

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

Tableau 02 : Liste des 47 espèces du *Culicoides* investigués en Algérie (Djeral et Delécolle, 2009 ; Belkherchouche, 2014).

1. *Culicoides (Avaritia) imicola* Kieffer, 1913
2. *Culicoides (Avaritia) obsoletus* Meigen, 1818
3. *Culicoides (Avaritia) scoticus* Downes & Kettle, 1952
4. *Culicoides (Avaritia) montanus* Shakirzjanova, 1962
5. *Culicoides (Culicoides) newsteadi* Austen, 1921
6. *Culicoides (Culicoides) punctatus* Meigen, 1804
7. *Culicoides (Culicoides) fagineus* Edwards, 1939
8. *Culicoides (Culicoides) pulicaris* Linné, 1758
9. *Culicoides (Monoculicoides) puncticollis* Becker, 1903
10. *Culicoides (Monoculicoides) parroti* Kieffer, 1922
11. *Culicoides (Oecacta) kingi* Austen, 1912
12. *Culicoides (Pontoculicoides) saevus* Kieffer, 1922
13. *Culicoides (Pontoculicoides) sejfadinei* Dzhafarov, 1958
14. *Culicoides (Beltranmyia) circumscriptus* Kieffer, 1918
15. *Culicoides (Synhelea) azerbaijzhanicus* Dzhavarov, 1958
16. *Culicoides (Synhelea) marclei* Callot, Kremer & Basset, 1968
17. *Culicoides (Synhelea) semimaculatus* Clastrier, 1958
18. *Culicoides (Synhelea) corsicus* Kremer, Leberre & Beaucournu-S, 1971
19. *Culicoides algeriensis* Clastrier, 1957
20. *Culicoides begueti* Clastrier, 1957
21. *Culicoides cataneii* Clastrier, 1957
22. *Culicoides clastrieri* Callot, Kremer & Déduit, 1962
23. *Culicoides dzhafarovi* Remm, 1967
24. *Culicoides faghihi* Navai, 1971
25. *Culicoides foleyi* Kieffer, 1922
26. *Culicoides gejjelensis* Dzhafarov, 1964
27. *Culicoides griseidorsum* Kieffer, 1918
28. *Culicoides heteroclitus* Kremer & Callot, 1965
29. *Culicoides jumineri* Callot & Kremer, 1969
30. *Culicoides (Silvaticulicoides) subfascipennis* Kieffer, 1919
31. *Culicoides (Silvaticulicoides) fascipennis* Staeger, 1839

32. *Culicoides kibunensis* Tokunaga, 1937
33. *Culicoides longipennis* Khalaf, 1957
34. *Culicoides maritimus* Kieffer, 1924
35. *Culicoides nudipennis* Kieffer, 1922
36. *Culicoides odiatus* Austen, 1921
37. *Culicoides pictipennis* Staeger, 1839
38. *Culicoides poperinghensis* Goetghebuer, 1953
39. *Culicoides pseudopallidus* Khalaf, 1961
40. *Culicoides sahariensis* Kieffer, 1923
41. *Culicoides santonicus* Callot, Kremer, Rault & Bach, 1966
42. *Culicoides sergenti* Kieffer, 1921
43. *Culicoides ravus*
44. *Culicoides festivipennis* Kieffer, 1914
45. *Culicoides kurensis* Dzhafarov, 1960
46. *Culicoides langeroni*
47. *Culicoides paolae* Boorman, 1996

Une étude récente de Belkherchouche et al., 2020 dans la région de Tiaret (Nord-ouest algérien) démontré la présence de 10 neveux espèces en Algérie, dont : *C. chiopterus* Meigen, 1830, *C. dewulfi* Goetghebuer, 1936, *C. navaiae* Lane, 1983, *C. grisescens* Edwards, 1939, *C. paradoxalis* Ramilo & Delécolle, 2013, *C. shaklawensis* Khalaf, 1957, *C. simulator* Edwards, 1939, *C. univittatus* Vimmer, 1932, *C. achrayi* Kettle & Lawson, 1955 et *C. picturatus* Kremer & Deduit, 1961.

2. Les phlébotomes

2.1. Généralité

Les mouches de sables (Diptera : Psychodidae : Phlebotominae) sont des petits diptères qui comptent plus de 1000 espèces dans le monde (Oerther et al., 2020). Ces petits insectes sont suceurs de sang et se nourrissent généralement d'un large éventail d'hôtes et qui peuvent servir de vecteurs aux plusieurs agents pathogènes (virus, bactéries...) responsables de maladies humaines et animales dans le monde entier (Lafri et al., 2016 ; Koche et al., 2017). En contraste avec les moustiques, les mouches noires et les moucheron piqueurs, les phlébotomes vivent indépendamment des milieux aquatiques, car leur progéniture est strictement terrestre, telle que les terriers et abris d'animaux, fissures rocheuses (Krüger, 2017).

Les parasites sont transmis par la piqûre d'un insecte vecteur, le phlébotome (ordre des Diptères, famille des Psychodidae ; sous-famille des Phlebotominae) du genre *Phlébotomus* dans l'Ancien Monde et de plusieurs genres (dont *Lutzomyia* *Psychodopygus* et *Nyssomyia* dans le Nouveau Monde (Maia et Depaquit, 2016).

La mouche des sables ou Phlébotome est le vecteur du parasite *Leishmania* infectant les humains et autres vertébrés (Felicangeli, 2004).

Les Phlébotomes sont des insectes velus avec de gros yeux et des longues pattes grêles. Ils se déplacent par courts vols, en se posant très souvent. Contrairement à tous les autres diptères piqueurs, ils maintiennent leurs ailes relevées lorsqu'ils sont au repos. Les phlébotomes piquent habituellement après la tombée de la nuit (Randrianambnintsoa , 2013).

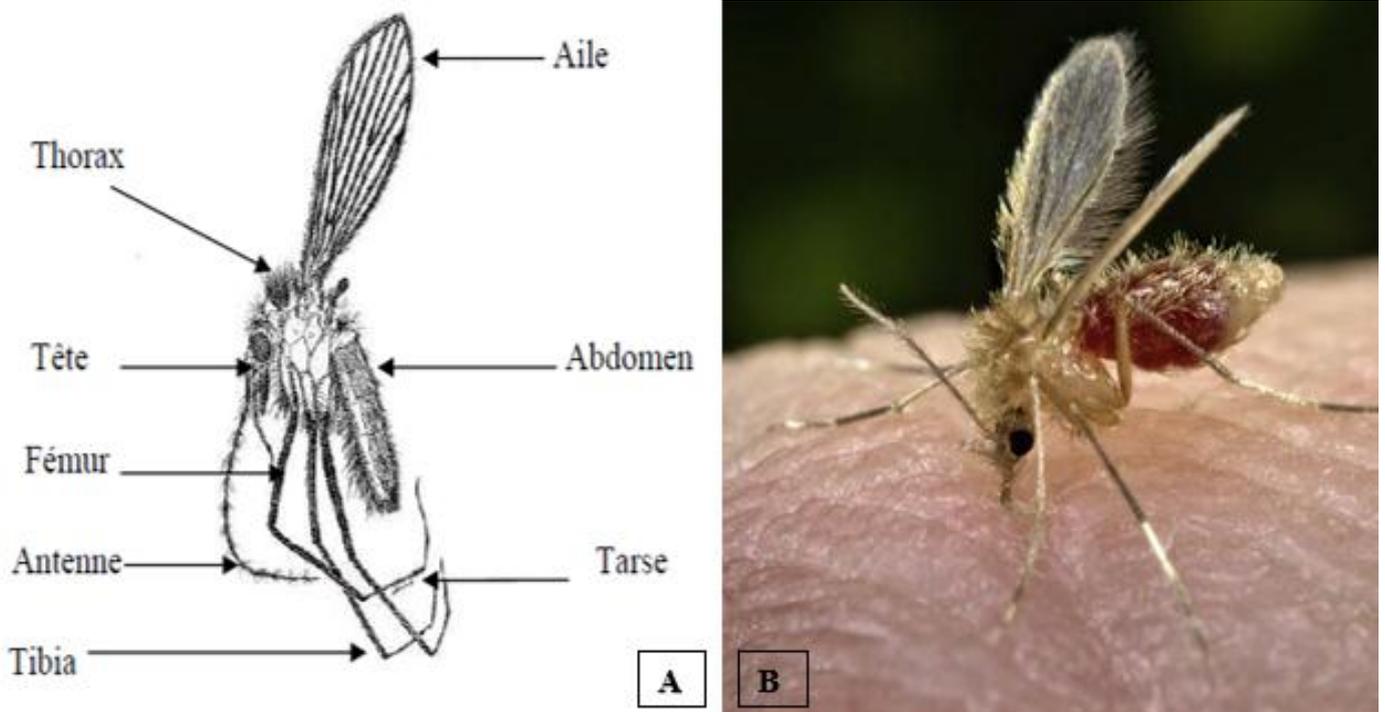


Figure 10 : Aspect général d'un Phlébotome (Mliki, 2015 ; Munstermann, 2019).

2.2. Position systématique

Les Phlébotomes, vecteurs de leishmaniose, appartiennent à l'embranchement des Arthropodes, classe des Insectes ordres Diptères Nématocères de la famille Psychodidae (Boussaa, 2008). Elle est considérée comme la plus ancienne des familles de diptères. Parmi les six sous-familles, les Psychodinae et les Phlébotominae sont de loin les plus courantes, elles ont une grande importance économique et médicale, en particulier cette dernière sous-

famille. Jusqu'aux années 1990, la quasi-totalité des quelque 960 espèces de Phlébotominae était représentés par trois genres : *Phlébotomus* (afrotropical, paléarctique, indo-Malais), *Lutzomyia* (néotropicale), et *Sergentomyia* (afrotropicale, Asie). Plus récemment, de nombreux sous-genres ont été élevés au statut de générique avec la description des nouveaux genres (Munstermann, 2019). Environ 70 des 800 espèces de phlébotomes connues sont des vecteurs prouvés de *Leishmania* (Showler et Boggild, 2017).

On distingue plusieurs espèces de moche de sable, dont l'importance dans la transmission de la leishmaniose varie selon la région autant à l'échelle mondiale que nationale. Dans le bassin méditerranéen, région endémique, les vecteurs principaux de *Leishmania infantum* appartiennent au sous-genre *Larroussius*. Il s'agit des espèces *Phlebotomus perniciosus*, *Phlebotomus ariasi*, *Phlebotomus perfiliewi*, *Phlebotomus neglectus* et *Phlebotomus tobbi* (Briffod, 2011).

2.3. Morphologie

Les Phlébotomes sont des petits diptères hématophages de petite taille de 1.5 à 3.5 mm de long, présentant un aspect bossu, corps grêle et allongé, longues pattes, pilosité développée, ailes lancéolées. Le corps de couleur pâle est couvert d'une vestiture épaisse qui lui permet un vol silencieux. Au repos, les ailes sont inclinées à 45° conférant au phlébotome une attitude caractéristique (Depaquit et Léger, 2009 ; Bounamous, 2010).

L'intérêt qu'ils ont depuis longtemps suscite vient du fait que tous les vecteurs connus de leishmaniose sont des phlébotomes (Boussaa et Boumezzough, 2014). La plupart des espèces sont nocturnes, actives – et piquent donc – au crépuscule et durant la nuit ; à condition que le vent ne dépasse pas (limite : 1 m/s) et la température soit suffisamment élevée (généralement 19 à 20 °C) (Depaquit et Léger, 2009).

Ils présentent un cycle de vie holométabole, la vie préimaginale des phlébotomes passe obligatoirement par quatre stades larvaires et un stade nymphal (Abonnenc, 1972). Le stimulus qui provoque l'oviposition est le contact avec une surface humide, leurs œufs se développeront ensuite en larves sur le sol, dans les terriers, les nids, la poussière des anfractuosités de rochers ou de vieux murs, les tas de débris végétaux, puis on pourra observer une puppe et enfin un imago (Mliki, 2015).

Au cours de leur vie, les phlébotomes passent par 6 stades immatures (œuf, 4 stades larvaires et nymphe) et un stade adulte.

2.3.1. Les stades pré-imaginaux

2.3.1.1. Les œufs

Les Phlébotomes ont des œufs jaune clair au moment de la ponte qui brunissent plus tard en connecte de l'air, de forme ovale allongée, avec une surface dorsale principalement convexe et une surface ventrale légèrement concave (Kabout, 2017 ; Abonnenc, 1972).

2.3.1.2. Les larves

Après la ponte, la vie larvaire d'un phlébotome comprend 4 stades, premièrement. La larve se développe à l'intérieur de l'œuf et émerge au premier stade larvaire en 4 à 10 jours. Les larves sont vermiformes et de longueur variable selon les quatre stades de développement (Kabout, 2017). Les larves grandissent en quatre stades jusqu'à une longueur de 10 mm, avec un corps grisâtre clair, une tête foncée et de longues soies caudales (par exemple, *Plebotomus*) La tête, le thorax et l'abdomen portent de nombreuses soies proéminentes et claviformes qui peuvent être utiles à l'identification. La durée du développement larvaire peut varier considérablement, de 4 à 8 semaines (Munstermann, 2019).

2.3.1.3. Les nympe

Au début, la nympe est d'une couleur jaunâtre pâle, mais elle s'assombrit à mesure que la cuticule bronze et durcit (Munstermann, 2019). On une forme très caractéristique avec un céphalothorax bien distinct de l'abdomen, elle mesure environ 3 mm de long (Kabout, 2017). Les 4 premiers segments plus ou moins soudés entre eux constituent le céphalothorax et les autres, bien différenciés, forment l'abdomen. Le céphalothorax se compose de la tête, du prothorax, du mésothorax et du métathorax (Abonnenc, 1972).

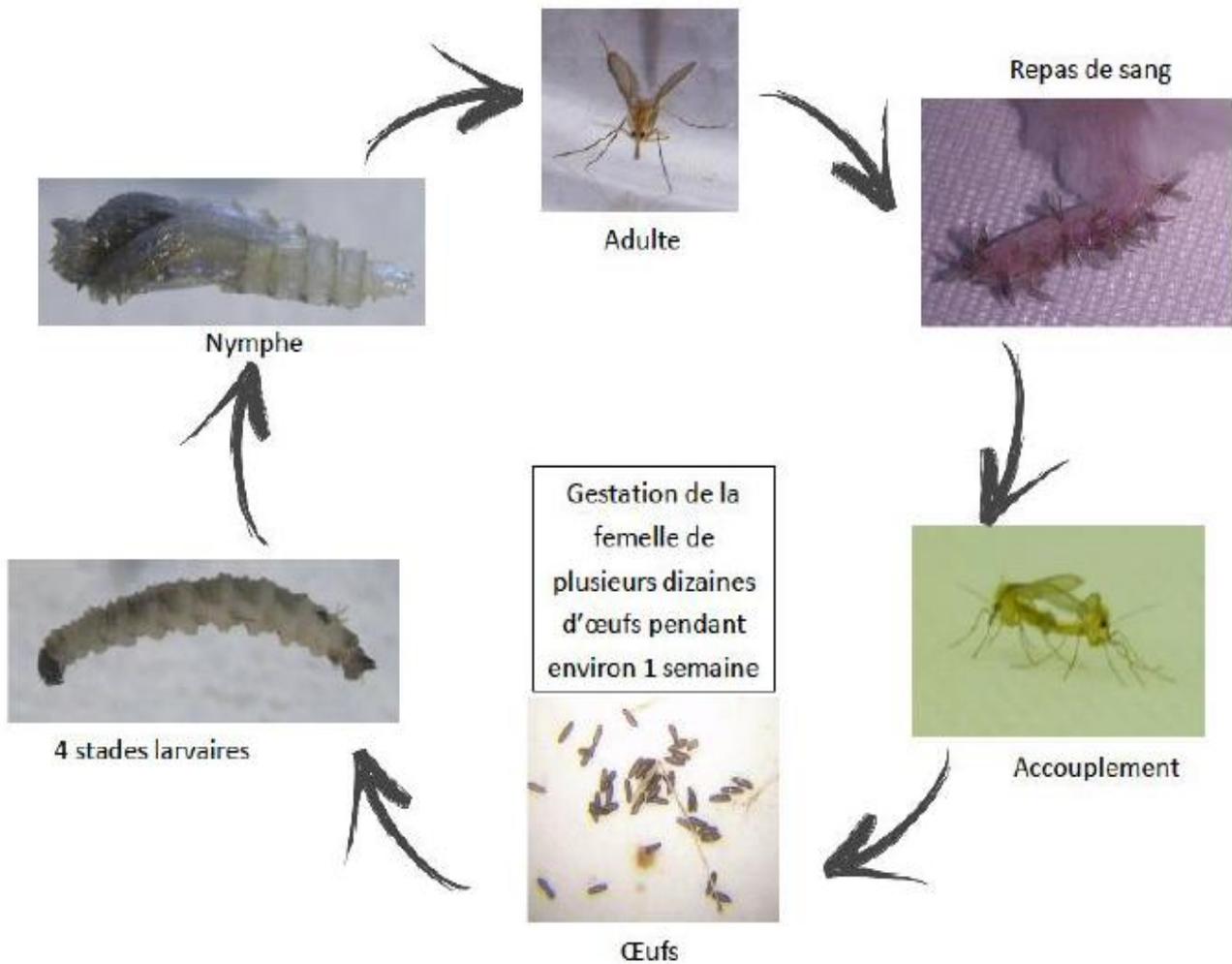


Figure 11 : Cycle de développement du phlébotome (Prudhomme, 2015).

2.3.2. Les imagos

Les adultes (ou imagos) mesurent généralement moins de 5 mm de long, ont un corps composé, comme tous les insectes, d'une tête, avec un thorax et un abdomen plus fins et plus allongés (Munstermann, 2019).

2.3.2.1. La tête

La tête des phlébotomes est petite, ovale, formée en grande partie par une capsule chitineuse (épicrâne), et porte une paire de grands yeux composés, de couleur noire (Kebout, 2017). Elle porte sur la région frontale le probocis et deux antennes, chacune formée de 16 articles ; deux segments basaux, relativement larges et 14 segments beaucoup plus minces, constituant le flagellum (Bousa, 2008). Les mâles ne portent pas de mandibules, et sont présents et dentelées chez les femelles. L'extrémité antérieure de la tête se termine par un grand clypéus. L'ensemble des pièces buccales forme une courte trompe, seules les femelles portent

desmandibules dentelées. Le nombre et la longueur de ces épines géniculées sont utilisés en systématique (Bounamous, 2010).

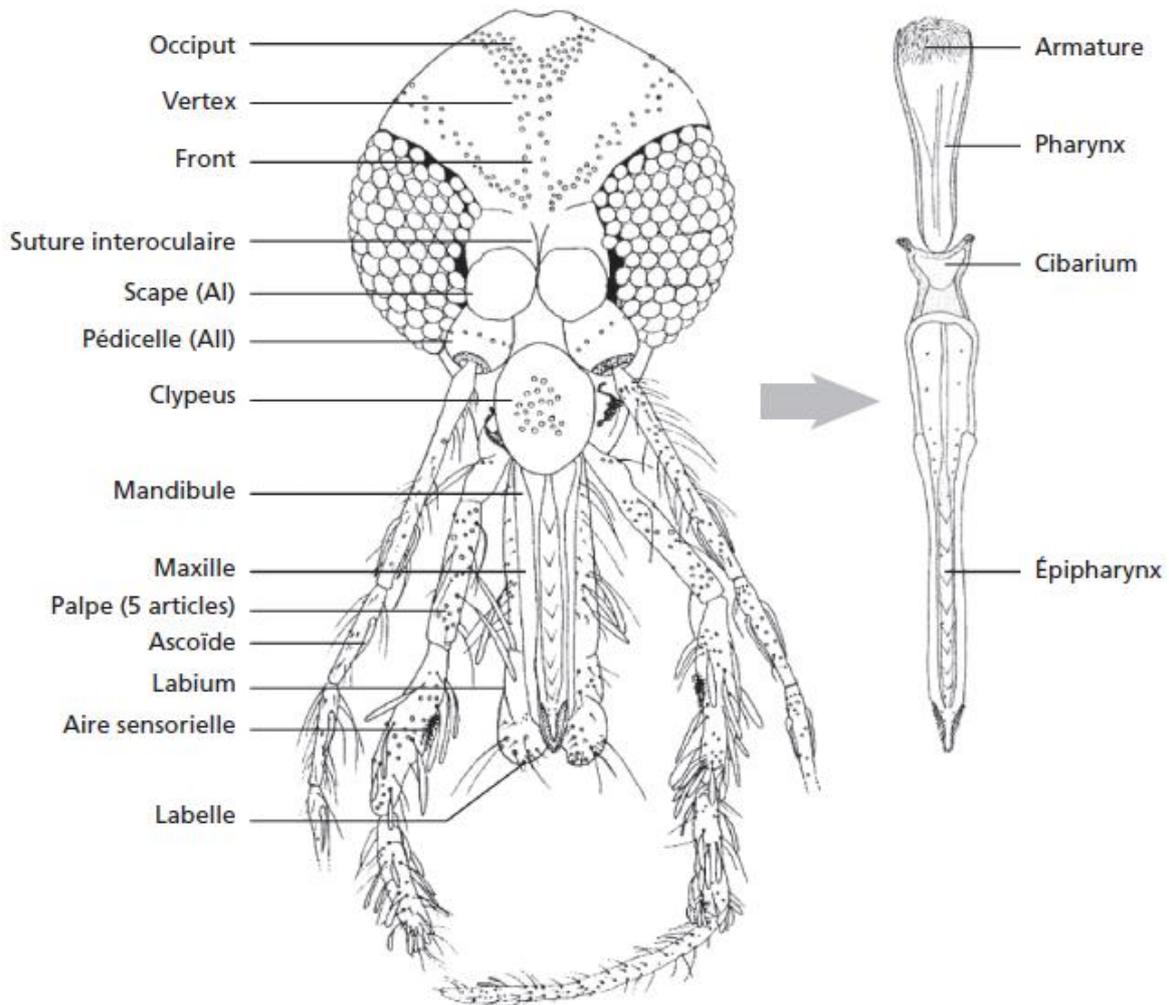


Figure 12 : Anatomie de la tête et des pièces buccales d'un phlébotome (Depaquit et Léger, 2009).

2.3.2.2 Le thorax

Le thorax est bien développé, porte généralement sur le côté dorsale les ailes et les haltères, tandis que sur le côté ventrale porte trois paires de pattes.

Les pattes assez longues, articulées, minces et couvertes de soies (Bounamous, 2010), chacune saisisse une hanche ou coxa, un trochanter, un fémur, un tibia et un tarse composé de 5 segments. La hanche porte sur son bord antérieur 6 fortes soies et à l'apex de sa partie externe 3-4 soies plus grêles et plus courts. Sur sa partie interne, on note quelques soies écailleuses et quelques véritables écailles éparses (Abonnenc, 1972).

Les ailes fournissent l'équilibre des phlébotomes au cours du vol, formant avec le corps un angle de 45°. Les ailes sont principalement lancéolées, larges, pointues sur le dos, bossu et comprennent sept nervures longitudinales et des nervures transverses, qui portent à son tour de fortes soies écailleuses (Abonnenc, 1972 ; Boussa, 2008 ; Kabout, 2017).

2.3.2.3. L'abdomen

Les phlébotomes ont généralement l'abdomen en forme cylindrique qui se termine par un cône. Il est composé de 10 segments et porte à sa partie terminale les structures génitales mâles ou femelles (Abonnanc, 1972).

2.3.2.4. Génitalia

Le 7^e et 8^e segments, chez le mâle, sont beaucoup plus réduits que les segments restants qui sont complètement développés (Kabout, 2017). Formant une armature génitale très composée, se caractérise par la présence de trois paires de prolongements : une paire de coxites sur lesquels s'articulent les styles, une paire de pièces médianes, les paramères naissant à la base des coxites, une paire de prolongements ventraux appelés lobes latéraux et enfin, soudés à la partie interne de ces derniers, deux lames membraneuses, les lamelles sous-médianes entre lesquelles s'ouvre l'anus. Entre les paramères se situent les gaines du pénis protégeant deux filaments génitaux. Les filaments, faisant suite à la pompe génitale, qui est un organe interne, prennent naissance dans les segments postérieurs de l'abdomen (Bounamous, 2010).

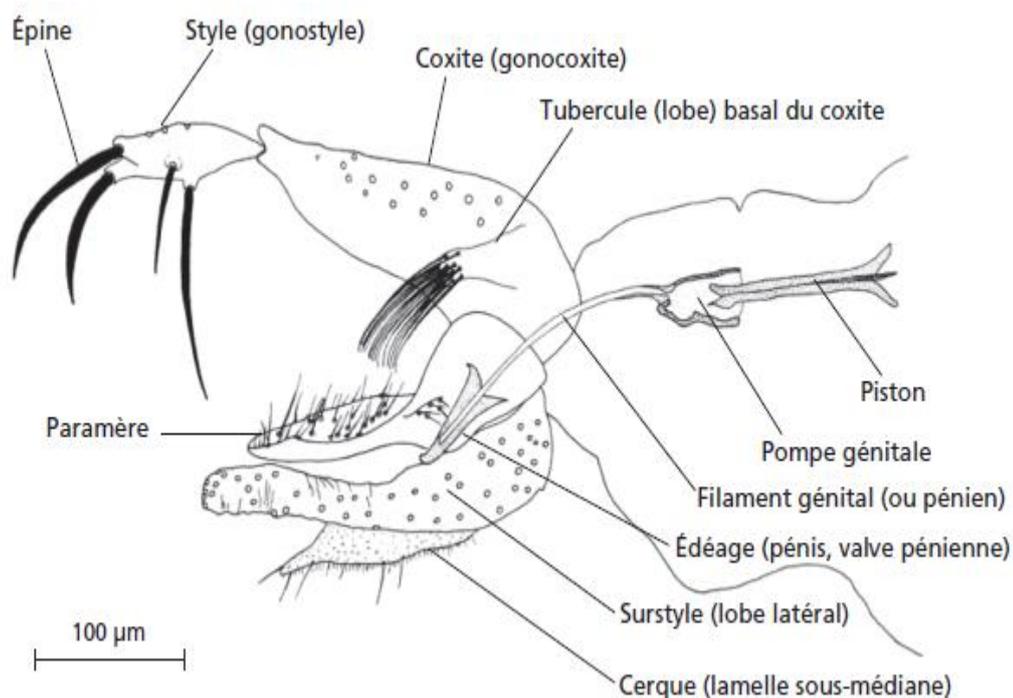


Figure 13 : Anatomie de génitale mâles (Depaquit et Léger, 2009).

Pour la femelle, le 7^{ème} segment un peu petit et un peu diffère par rapport au 8^{ème} segment qui est fortement modifié ; largement membraneux dorsalement, il permet sa rétraction totale à l'intérieur du 7^e segment (Abonnenc, 1972).

L'appareil génital des femelles se caractérise principalement par des anatomies externes différentes. Elle se caractérise par l'existence de trois paires d'organes :

Deux ovaires, chacun part un conduit relativement court qui se lie à son homologue, créant un oviducte commun, débouchant à l'extérieur, au niveau de l'extrémité antérieure de l'aire génitale (Kabout, 2017).

Deux glandes annexes qui ont un rôle sécrétoire, d'un enduit visqueux qui recouvre les œufs au fur et à mesure de la ponte, sont principalement des réceptacles allongés formant des sacs, qui s'étendant entre l'oviducte et l'intestin postérieur et se réunissant à leur base pour déboucher à l'extrémité postérieure de l'aire génitale (Abonnenc, 1972).

Deux spermathèques sont utilisés profondément dans l'identification et la classification des phlébotomes (Bouamou, 2010). Chaque spermathèque formée d'une capsule chitineuse, de morphologie variable, suivie d'un conduit assez long, qui vient s'unir à son homologue pour déboucher dans l'atrium génital (Boussa, 2008).

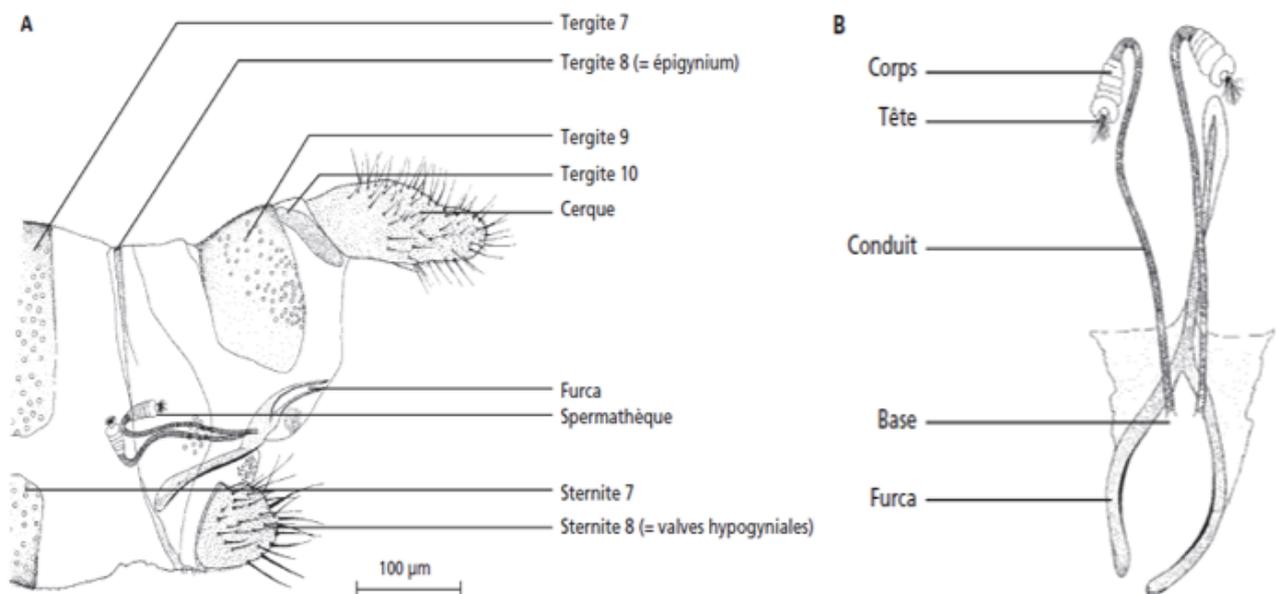


Figure 14 : (A) Extrémité postérieure de l'abdomen d'une femelle ; (B) Anatomie des spermathèques (Depaquit et Léger , 2009).

2.4. Bio-écologie des imagos

Globalement, les phlébotomes sont largement répandus à la surface du globe (Dedet et al., 2013). Ils connaissent une aire géographique intertropicale, et bien au-delà, dans beaucoup de régions ils s'adaptent à des différents climats, soit tropicaux, équatoriaux, méditerranéens ou désertiques (Depaquit et Léger, 2009).

Les stades pré-imaginaux ont besoin d'obscurité, de calme et d'humidité pour se développer. Les gîtes larvaires peuvent être variés (Garnier, 2013). Par ailleurs, les phlébotomes adultes fréquentent généralement les endroits où les paramètres météorologiques exposent une certaine stabilité et où la ventilation est nulle, occupant cependant des biotopes variés (Vattier-Bernard, 1972). Ils se reposent près des sites larvaires et généralement près des hôtes qui fournissent une source de sang dans un cadre naturel (Munstermann, 2019).

Les phlébotomes adultes vivent généralement dans des régions de collines entre 100 et 500 mètres d'altitudes. De mœurs nocturnes, gîtent durant la journée dans des endroits retirés et sombres (terriers, étables, clapiers, niches et même dans les maisons) et dans des endroits relativement humides (source, ruisseau, puits, fontaine...). Ils s'activent dès le crépuscule et pratiquement toute la nuit. Mais, Comparant aux autres insectes les phlébotomes réputés mauvais voiliers, ils ne se déplacent qu'à par des vols courts avec des arrêts fréquents ; leur rayon maximum de déplacement, variable selon les espèces est d'environ un kilomètre. Ils ne commencent à s'agiter qu'à la tombée du jour si la température est suffisamment élevée (19-20°C) (Mliki, 2015).

Certaines espèces sont endophiles (*Lu. Verrucarum* et *P. papatasi*) et d'autres sont exophiles (*Lu. Trapidoi* et *P. perniciosus*). Bien que la plupart des phlébotomes aient de larges préférences en matière d'hôte et soient des mangeurs opportunistes, certains sont étroitement restrictifs. Par exemple, *Lutzomyia gomezi* est connue pour se nourrir d'oiseaux et de membres de cinq ordres différents de mammifères, mais *Lu. vespertilionis* se nourrit exclusivement de chauves-souris. *Phlebotomus .papatasi* est anthropophage, se nourrissant préférentiellement des humains et des chiens domestiques dans toute son aire de répartition, tandis que *P. argentipes* est anthropophage dans certaines régions et zoophile dans d'autres, se nourrissant préférentiellement de bétail, De même, *Lu. longipalpis* semble préférer les animaux domestiques, mais en l'absence d'autres hôtes se nourrira avidement d'humains (Munstermann, 2019).

Selon les espèces, l'accouplement se fait, juste avant ou immédiatement après le premier repas sanguin qui dure de 30 secondes à 5 minutes. Les mouches des sables adultes se

nourrissent de la sève, du nectar et du miellat des plantes, et stockent le sucre et les liquides riches en protéines dans leurs cultures (Munstermann, 2019). Tous les phlébotomes se nourrissent sur les sucres des végétaux, les miellats d'aphididés et sur des fleurs. Cependant, seules les femelles adultes sont hématophages, elles prennent de ce fait plusieurs repas sanguins ce qui est indispensable à la transmission des leishmanies, les femelles vivent en moyenne, deux semaines à deux mois contrairement aux mâles qui ont une longévité beaucoup plus brève (Depaquit et Léger, 2009 ; Kabout, 2017). Les femelles ont besoin de sang de vertébré pour le développement de leurs œufs. L'alimentation par le sang est dirigée vers les zones de peau plus tendres et exposées comme les oreilles, le nez, le cou, le dessous, les pieds et la queue. La plupart des mouches des sables se nourrissent de sang au crépuscule et pendant la nuit, bien que quelques espèces, dont plusieurs vecteurs importants, mordent pendant la journée (Munstermann, 2019).

Habituellement, les mouches de sable se reproduisent dans les déchets organiques, notamment le fumier, les feuilles mortes, les fèces, les terriers de rongeurs, les fissures dans les murs où la température et l'humidité sont élevées. La femelle peut pondre environ quinze à quatre-vingt œufs minuscules, dans les terriers, dans l'écorce de certains arbres, dans les ruines, dans les abris de certains animaux, dans où n'importe quel environnement favorable au développement de ces larves (Biffod, 2011).

2.5. Importance médicale et vétérinaire de phlébotomes

2.5.1. Nuisance

Les mouches des sables présentent une grande importance pour la santé vétérinaire et la santé publique en raison de leur rôle de vecteurs de leishmanioses et d'autres maladies bactériennes et virales (Lafri et al., 2016 ; Cazan et al., 2019). La piqûre est de type telmophage et douloureuse, mais l'intensité des réactions de l'hôte varie selon l'espèce de phlébotomes en cause (douleur, apparition d'une papule ou d'une tache hémorragique). Elles peuvent, à la faveur d'expositions répétées à la piqûre, provoquer des réactions allergiques, mais sont plus connues pour transmettre des agents pathogènes au premier rang desquels figurent des parasites (leishmanies), des bactéries (bartonelle) et des arbovirus (Boussa, 2008).

Les arbovirus transmis à l'homme par les phlébotomes appartiennent à trois genres : *Phlebovirus* (*Bunyaviridae*), *Orbivirus* (*reoviridae*) et *Vesiculovirus* (*rhabdoviridae*). Dans la plupart des cas, il a été démontré que les phlébotomes s'infectent par repas sanguin à partir des vertébrés, ou par voie transovarienne (Depaquit et Léger, 2009). Les mouches des sables sont des vecteurs de phlébovirus (famille des Phenuiviridae), dont le virus de Naples et le

virus sicilien de la fièvre de sandfly. Les phlébovirus transmis par la mouche des sables sont largement répandus dans la région méditerranéenne et provoquent principalement des maladies bénignes caractérisées par de la fièvre, des myalgies et des maux de tête. Plusieurs nouveaux phlébovirus ont été détectés en Europe au cours de la dernière décennie, mais l'importance médicale et vétérinaire de ces nouveaux virus n'a pas encore été étudiée (Oerther et al., 2020).

La maladie virale du phlébotome est présente dans la région méditerranéenne, en Asie centrale, en Chine du Sud, dans certaines parties de l'Inde, au Sri Lanka et dans certaines parties de l'Amérique du Sud. Dans les régions du nord-ouest de l'Amérique du Sud, les phlébotomes transmettent également la bactérie *Bartonella bacilliformis*, l'agent causal de la maladie de Corrión (bartonellose), une maladie grave et souvent mortelle. Le troisième groupe d'agents pathogènes transmis par les phlébotomes est constitué de protozoaires qui provoquent les différentes formes de leishmaniose (Bogitshet al., 2019).

2.5.2. La leishmaniose

Les leishmanioses sont un groupe de zoonoses à transmission vectorielle, dont le spectre clinique et la diversité épidémiologique sont variables (Alemayehu et Alemayehu, 2017 ; Nweze et al., 2020), qui attendrissent aussi bien l'homme que l'animal (Mouloua et al., 2017). Dues au parasitisme du système monocytes-macrophages (ANOFEL, 2014). Appartenant à la famille des Trypanosomatidae, genre *Leishmania* (Maia et Depaquit, 2016), par des protozoaires flagellés du genre *Leishmania* (Dedet et al., 2013). La transmission nécessite l'intervention d'un insecte vecteur, le Phlébotome (Bennis et al., 2017). La leishmaniose est transmise par la piqûre de mouches des sables femelles infectées. Il existe plus de 600 espèces de mouches des sables réparties en cinq genres : *Phlébotome* et *Sergentomyia* dans l'ancien monde et *Lutzomyia*, *Brumptomyia* et *Warileya* dans le nouveau monde. L'infection peut rarement être transmise par d'autres moyens tels que les transfusions sanguines, le partage des aiguilles, ou de la mère à l'enfant pendant la grossesse (Alemayehu1 et Alemayehu, 2017). Elle est causée par diverses espèces de *Leishmania*, chacune ayant des hôtes réservoirs de mammifères et des vecteurs spécifiques. (Aoun et Bouratbine, 2014). Cette affection est considéré parmi les six maladies parasitaires les plus importantes du monde, touchant 88 pays sur presque tous les continents (Azimi et al., 2017). Malgré son impact sanitaire énorme sur les populations de vastes régions, la leishmaniose est l'une des maladies les plus négligées. C'est l'un des principaux maladies tropicaux négligés (Kobets et al., 2012 ; Chaves et al., 2014). Associée à la pauvreté (Kumar, 2013). L'infection est responsable d'un large spectre de manifestations cliniques, allant de la simple forme cutanée localisée aux formes cutanée

diffuse, cutanéomuqueuse et viscérale, de pronostic plus grave (Louzir et al., 2013). La maladie se propage en raison de facteurs de risque qui incluent les changements climatiques, les mouvements de population, le tourisme et le commerce à longue distance (Kobets et al., 2012).

2.5.2.1. Présentations cliniques

D'après, l'Organisation Mondiale de Santé environ 350 millions d'individus sont exposés aux leishmanioses dans plus de 90 pays dans lesquels près de 1,5 à 2 millions de nouveaux cas sont recensés annuellement (1 à 1,5 million de cas de LC et 300 000 à 500 000 cas de LV). L'Afghanistan, l'Algérie, la Syrie et encore le Brésil comptent les pays les plus touchés par la leishmaniose cutanée. En revanche, L'Inde, le Bangladesh, le Soudan et le Brésil sont les plus touchés par la leishmaniose viscérale (WHO, 2010).

2.5.2.2. Distribution géographique

La distribution géographique de la leishmaniose est étroitement liée par la distribution de vecteurs compétents, la présence du réservoir de la maladie et la capacité du vecteur à assurer le développement d'une espèce spécifique de *leishmania*.

les leishmanioses connaissent une aire géographique intertropicale, mais débordant largement sur les zones tempérées d'Afrique du Nord, du Sud de l'Europe, d'Amérique et d'Asie (Dedet et al., 2013 ; Munstermann, 2019). Les limites de la maladie sont les latitudes 45° au nord et 32° au sud (Showler et Boggild, 2017). Elle est absente en Nouvelle-Zélande et dans le Pacifique Sud. Elle est endémique dans de vastes zones comprenant plus de 98 pays (Akhoundi et al., 2016). Parmi lesquelles l'Algérie, où la leishmaniose représente une menace majeure dans le pays (Eddaikra et al., 2017).

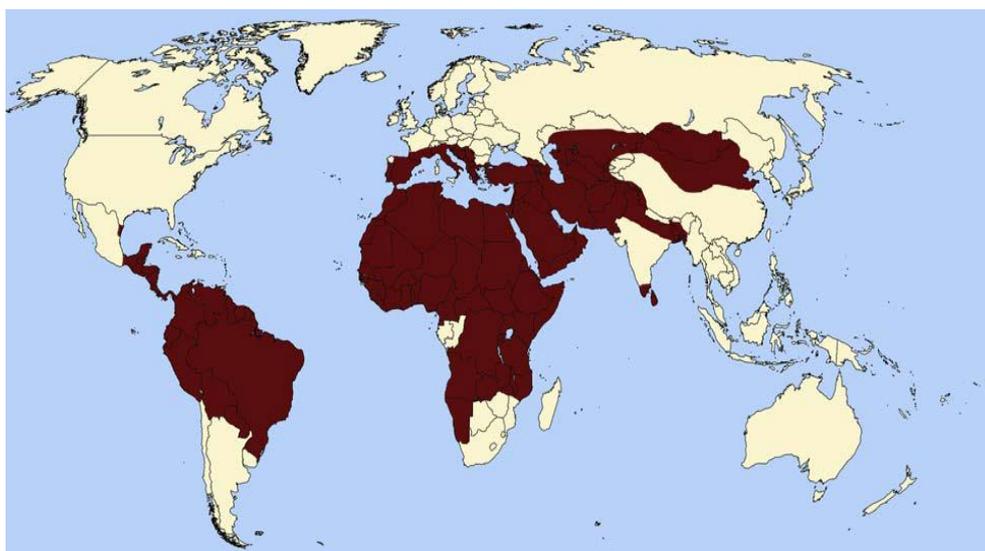


Figure15 : Distribution géographique de la leishmaniose humaine dans le monde (Munstermann, 2019).

2.5.2.3. Les formes cliniques de la leishmaniose en Algérie

A l'échelle mondiale, La maladie se présente sous trois formes principales : la leishmaniose viscérale (également appelée kala-azar), cutanée ou mucocutanée chez l'homme, selon l'espèce qui est principalement l'agent causal (Nweze et al., 2020). Chez l'homme, les leishmanioses représentent un spectre clinique allant d'une simple lésion cutanée autorésolutive à la forme viscérale mortelle en l'absence de traitement efficace, en passant par la forme cutanéomuqueuse très mutilante (Mouloua et al., 2017).

En Algérie la leishmaniose est une maladie ré-émergente se propager en raison d'une combinaison de plusieurs facteurs : changements environnementaux ainsi que des facteurs liés au statut immunitaire de l'hôte et à la résistance aux médicaments (Adel et al., 2014). Le rôle des Phlébotomes dans la transmission des leishmanioses en Algérie a été suspecté pour la première fois, en 1905, par les frères Sergent, à l'institut Pasteur (Abonnenc, 1972). Ces maladies constituent un problème de santé publique grave et croissant en Algérie qui représente un terrain favorable à la propagation des deux formes de la maladie cutanée et viscérale, d'une part par sa forte population rurale, et d'autre part par ses différents étages bioclimatiques ; allant du climat méditerranéen au Nord, des zones subhumides et semi-aride, jusqu'au climat Saharien au Sud (Zeroual et al., 2016 ; Ramdane et al., 2019). L'Algérie est concernée donc par seulement deux formes distinctes la leishmaniose viscérale et cutanée.

2.5.2.3.1. La leishmaniose viscérale (LV)

La LV est la forme la plus dévastatrice, la plus redoutée et la plus grave parmi les autres formes de la maladie, si elle n'est pas traitée, elle est généralement mortelle, le parasite est responsable de tout un éventail de syndromes cliniques qui peuvent, dans la majorité des cas extrêmes, passer d'une infection asymptomatique à une forme fatale de la LV (Kumar, 2013). Les signes sont dominés particulièrement par une fièvre irrégulière et prolongée, une splénomégalie et une anémie, et leur intensité reflète une multiplication importante des parasites dans certains organes hématopoïétiques (Louzir et al., 2013) , où le parasite envahit et se multiplie au sein des macrophages et affecte le système réticulo-endothélial, surtout la rate, le foie, la moelle osseuse et le tissu mardo-lymphoïde (Kumar, 2013).

La LV se distribue sur toute la partie nord du pays au niveau des étages bioclimatiques humides et subhumides et sa distribution géographique correspond à celle de la leishmaniose canine (Harrat et al., 1995). Mais aussi à la leishmaniose cutanée zoonotique dans les régions semi-arides et arides avec d'autres cas signalés dans le Hoggar et dans le Tassili N'ajjar. Il est causé par *Leishmania infantum*, transmise par *Phlebotomus (larroussius) perniciosus* et admet le chien comme réservoir (Bachi, 2006).

2.5.2.3.2. La leishmaniose cutanée

C'est la forme la plus courante de leishmaniose, également appelée «plaie orientale», qui se manifeste pour la première fois par une morsure persistante d'insecte (Kumar, 2013). Les patients présentent généralement des ulcères ou des nodules, généralement sur les parties exposées du corps, telles que les bras, les jambes et le visage (Satoskar et Durvasula, 2014).

A l'heure actuelle, trois entités de leishmanioses cutanées existent en Algérie.

2.5.2.3.2.1. La leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ)

La leishmaniose cutanée à *L. major*, zoonotique correspond au « clou de Biskra », transmise par *Phlebotomus papatasi* et admet les rongeurs sauvages *Psammomys obesus* et *Meriones shawi* comme réservoir. Elle regroupe presque la quasi-totalité des cas des LC algériens et s'observe à l'état endémo épidémique dans les régions steppiques, arides et semi-arides, principalement au niveau de la frange nord du Sahara (Harrat et al., 1995). Cette forme éprouve son extension géographique en dehors des foyers naturels de la maladie ces dernières années, où séparaient la forme cutanée du nord à *L. infantum* et la LCZ du sud à *L. major* et franchie la barrière d'Atlas tellien, avec une avancée rapide de cette dernière vers le nord du pays (Boudrissa et al., 2012).

2.5.2.3.2.2. La leishmaniose cutanée du Nord ou sporadique (LCN ou LCS)

Autrement dite « clou de Mila », elle s'étend sur tout le littoral et le Tell algérien et s'observe de façon permanente durant toute l'année (Bachi, 2006). La leishmaniose cutanée du nord à *L. infantum* MON-24, transmise par *Phlebotomus perfiliewi* (Benikhlef et al, 2004). Toutefois le chien reste le principal réservoir de la souche *Leishmania infantum* (Bounamous, 2010).

2.5.2.3.2.3. La leishmaniose cutanée à *Leishmania killicki*

L. killicki : Il s'agit d'un variant de *L. tropica* responsable d'une LCL zoonotique sporadique, rurale ou périurbaine (Granier, 2013). Cette forme est récemment identifiée en Algérie à Ghardaïa, elle sévit de façon endémique et coexiste dans le même foyer où la LCZ à *L. major* se trouve (Harrat et al., 2009 ; Boubidi et al., 2011 ; Garni et al., 2014). Avec une nouvelle variant enzymatique de *L. killicki*, MON-306 qui a été aussi dernièrement identifié dans Annaba à l'extrême nord-est de l'Algérie (Mansouri et al., 2012). *P. sergenti* prouvé comme vecteur et le, Massoutiera mzabi (le Goundie du Mzab) comme réservoir (Fendri et al., 2012).

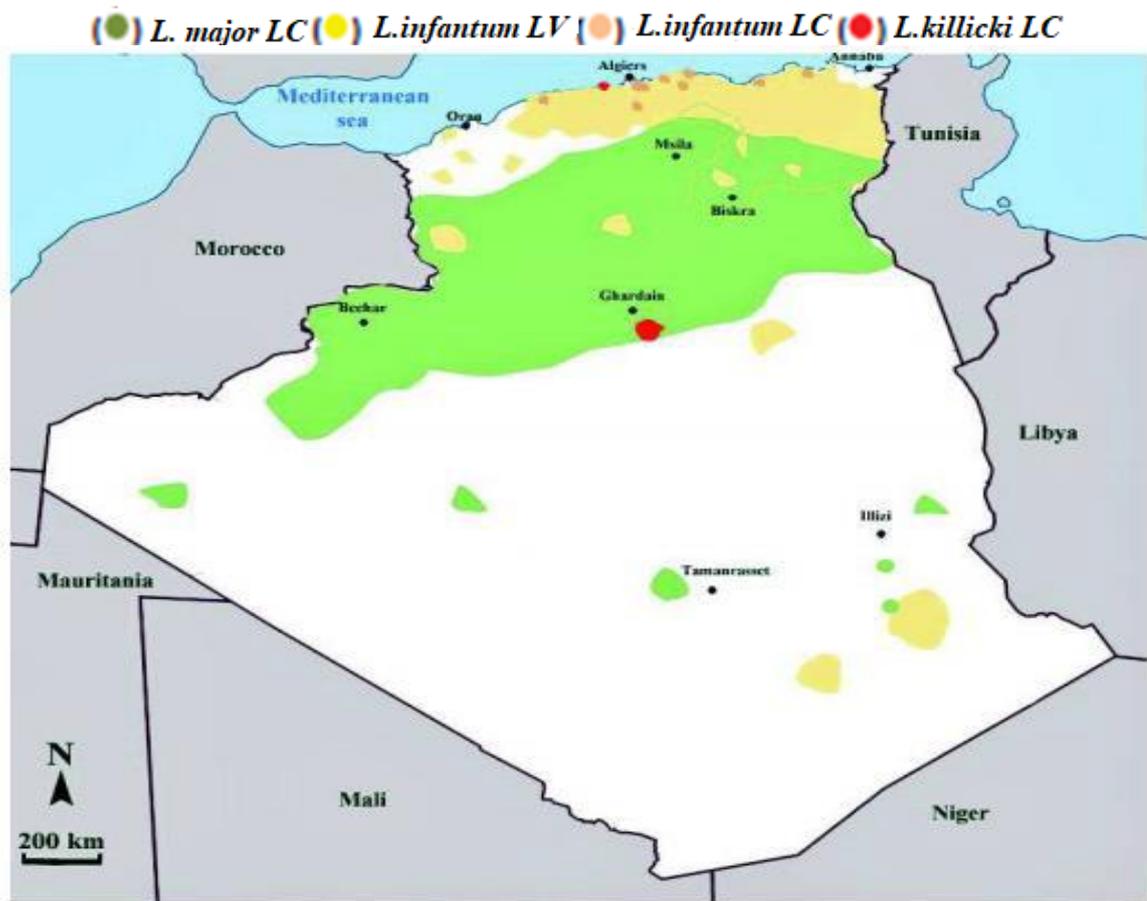


Figure 16 : Répartition des leishmanioses, viscérale et cutanée en Algérie (Eddaikra, 2016).

2.5.2.4. Le parasite

L'épidémiologie de la leishmaniose dépend de la coexistence et de l'interaction du parasite, du vecteur et de la population hôte (Alemayehu et Alemayehu, 2017). La transmission de l'espèce *leishmania* implique dans les interactions écologiques entre le vecteur parasite et l'hôte vecteur. Un hôte naturel, ainsi qu'un vecteur, est nécessaire pour la transmission de *Leishmania* (Nweze et al ., 2020).

Les parasites *Leishmania* sont les agents responsables des leishmanioses, qui touchent principalement les plus pauvres des pauvres dans les pays en développement (Lafri et al ., 2016). Elle sont des protozoaires parasites, flagellés tissulaires (ANOFEL, 2014 ; Sarri et al ., 2019), possédant une masse caractéristique d'ADN extranucléaire appelée kinétoplaste (Pinazo et al., 2017), appartenant à la famille des Trypanosomatidae (Gay et al.,2015 ; Alemayehu et Alemayehu,2017). Ces protozoaires sont des parasites hétéroxènes obligatoires et dimorphiques c'est-à-dire possédant deux formes morphologiques distinctes au cours de leur cycle de vie (Acebey et al ., 2008 ; Granier, 2013).

2.5.2.4.1. La forme promastigote (flagellée)

Les promastigotes sont retrouvés 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). *Leishmania* dans ce cas est présente en tant que promastigote extracellulaire de forme allongé mesure de 15 à 30 μm de long et environ 5 μm d'épaisseur, il a un flagelle à l'extrémité antérieure pour le permettre un mouvement actif (Sarri et al., 2019).

2.5.2.4.2. La forme amastigote (sans flagelle)

Les amastigotes sont des parasites intracellulaires de forme arrondie ou ovale est présent sous forme non flagellée, mesure environ 2–6 μm de diamètre (Acebey et al., 2008 ; Sarri et al., 2019). Elle renferme un gros noyau sphérique subcentral, un kinétoplaste (qui contient de l'ADN mitochondrial) et un flagelle interne rudimentaire. Elle est donc immobile (Granier, 2013). Se développe dans le cytoplasme et plus particulièrement à l'intérieur des macrophages chez l'hôte mammifère (Acebey et al., 2008).

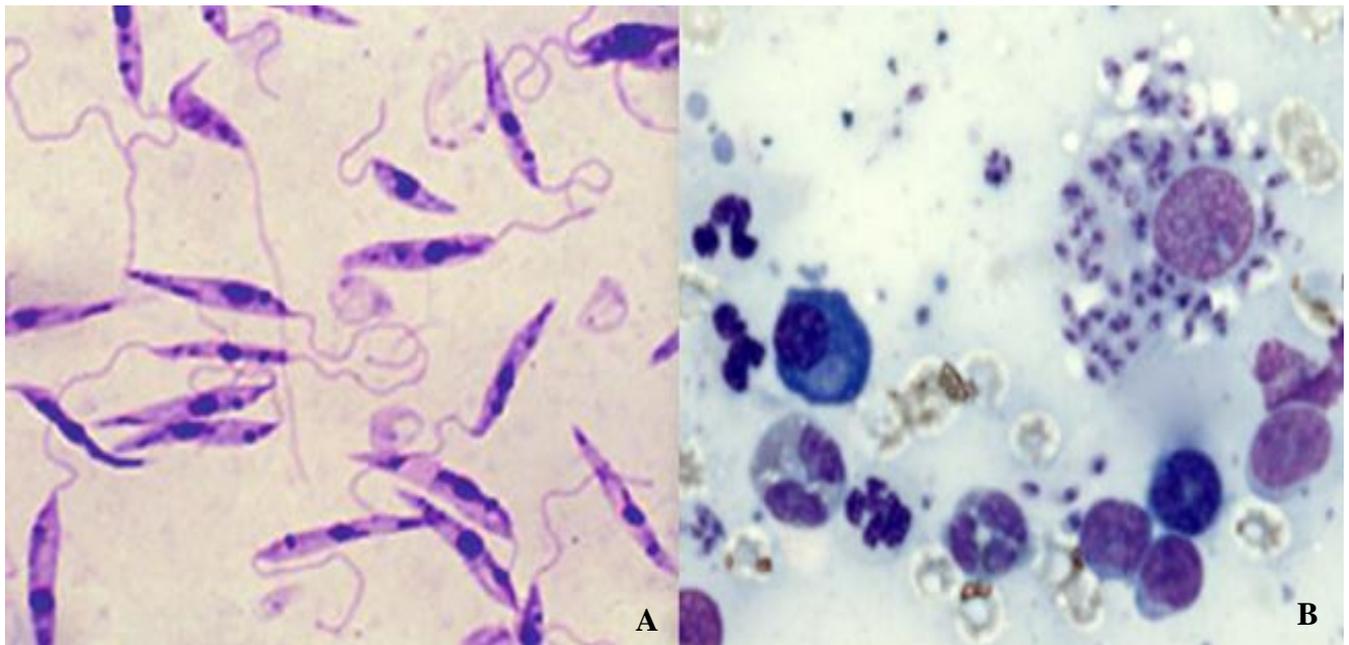


Figure 17 : Les deux stades du parasite *Leishmania* ; (A) Forme promastigotes (Krumer, 2013) ; (B) Forme amastigotes (Sarri et al., 2019).

2.5.2.4.2. Taxonomie et classification

La classification de Levine et al (1980) du genre *Leishmania* est la suivante

Tableau 03 : La classification de genre *Leishmania*

Règne	Protista (Haechei, 1866).
Sous règne	Protozoa (Goldfuss, 1817 Emend Siebold, 1848).
Embranchement	Sarcomastigophora (Honingberg et Balamuth, 1963).
Sous embranchement	Mastigophora (Diesing, 1866).
Classe	Zoomastigophorea (Calkins, 1909).
Ordre	Kinetoplastida (Honingberg, 1963 emendVickerman, 1976).
Sous ordre	Trypanosomatina (Kent, 1880).
Famille	Trypanosomatidae (Döflein, 1901 Emend. Grobбен, 1905).
Genre	<i>Leishmania</i> (Ross, 1903).

Le genre *Leishmania* est subdivisé en deux sous-genres, *Leishmania* et *Viannia*, selon que le parasite se développe dans la partie centrale ou postérieure de l'intestin du vecteur, respectivement (Boussaa, 2008).

Tableau 04 : Espèces de *Leishmania* (Garnotel, 2011).

	Sous genre <i>Leishmania</i>		Sous genre <i>Vianna</i>	
Ancien monde	<i>L.donovani</i>	<i>L.tropica</i> <i>L.major</i> <i>L.aethiopica</i>		
		<i>L.infantum</i>		
Nouveau monde		<i>L.mexicana</i> <i>L.amazonensis</i> <i>L.venezuelensis</i>	<i>L.guyanensis</i> <i>L.panamensis</i> <i>L.peruviana</i>	<i>L.braziliensis</i>
Clinique	viscérale	cutanée		Cutané - muqueuse

2.5.2.4.3. Cycle évolutif des leishmanies

La leishmanie est un parasite dixène, dont le cycle nécessite deux hôtes (Sasidharan et Saudagar, 2021). Un phlébotome, le vecteur biologique, qui abrite dans son tractus digestif la forme allongée, flagellée, mobile et extracellulaire du parasite dite promastigote, et un mammifère, qui héberge la forme ovoïde non mobile et intracellulaire du protozoaire ou amastigote (Briffod, 2011). Le cycle de vie commence quand un phlébotome femelle parasitée prend un repas de sang d'un hôte vertébré (Banlus et al ., 2007), telmophage, il dilacère le tégument avec ses pièces buccales et crée un lac sanguin dans lequel il va pouvoir se nourrir, et par la même occasion transmettre une forte charge parasitaire (Garnier, 2013). Une fois les Leishmanies parasitent le vecteur en tant que promastigotes, forme hautement mobile elles se multiplient ensuite dans le tube digestif central des phlébotomes par division longitudinale. Au début, les promastigotes sont situés dans la partie postérieure de l'intestin central, mais pendant que l'infection évolue, 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 (Sarri, 2019).

Le vecteur inocule la forme finale ou infectante du promastigote, le promastigote métacyclique, au niveau du derme de l'hôte. Seules les femelles hématophages sont capables de transmettre le parasite pendant un repas de sang (Briffod, 2011).

Chez l'hôte vertébré, le parasite évolue vers une forme amastigote. Les promastigotes sont ensuite phagocytés par des macrophages dans lesquels ils se métamorphosent en formes amastigotes et se reproduisent par fission binaire. Ils augmentent en nombre jusqu'à ce que la cellule finisse par éclater, puis infectent d'autres cellules phagocytaires pour poursuivre le cycle (Banlus et al ., 2007). Enfin de compte, tous les organes contenant des macrophages et des phagocytes sont infectés, en particulier les la rate, le foie et la moelle osseuse (Kumar, 2013).

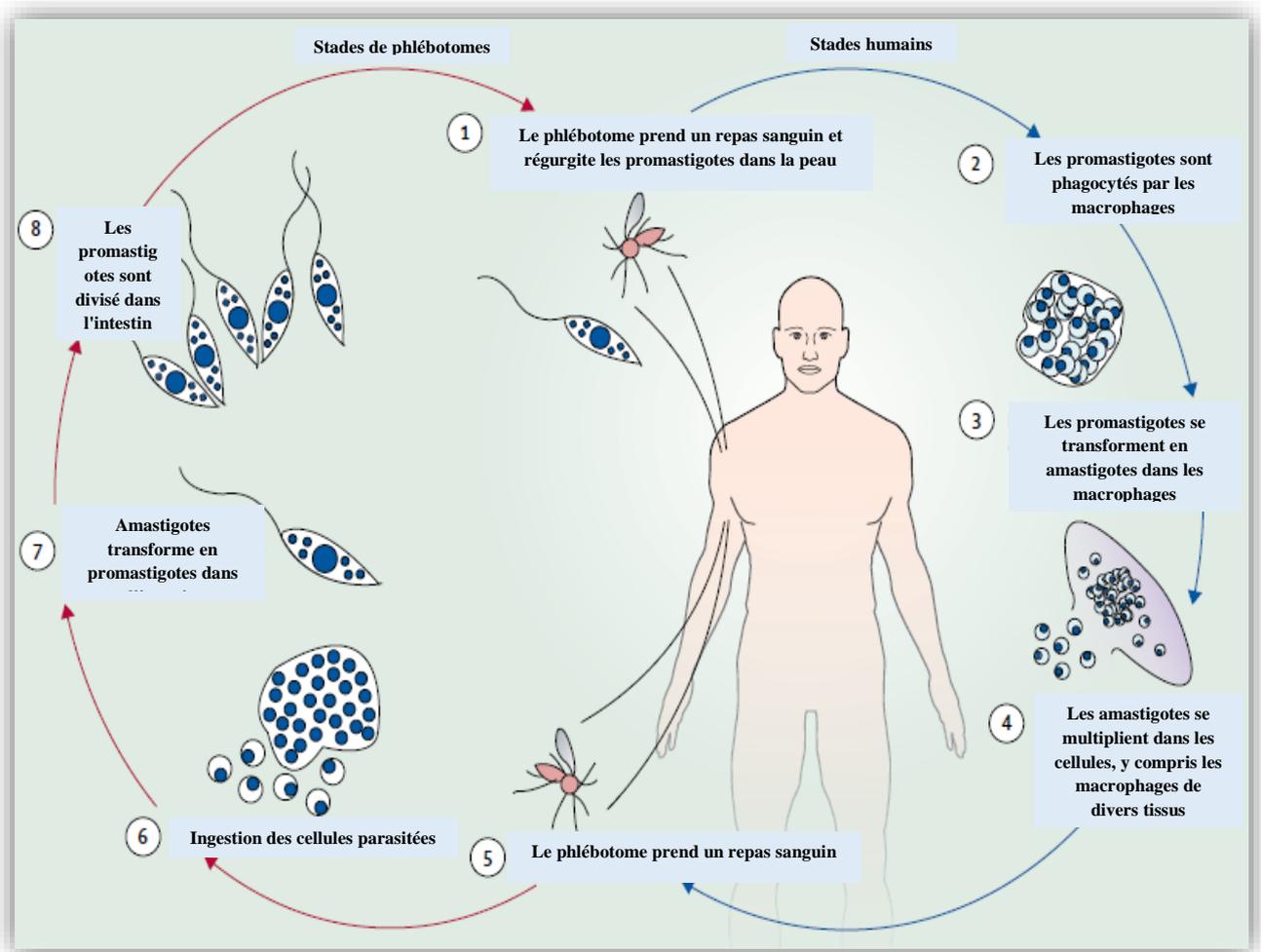


Figure 18 : Le cycle de vie de la *Leishmania* (Burza et al., 2018).

2.5.2.4.4. Les principaux réservoirs des leishmanies

Les réservoirs naturels des *Leishmania* sont des mammifères, chez lesquels le parasite colonise les cellules du système des phagocytes mononucléés (Dereure, 1999). Le réservoir parasitaire comporte 20 à 30 espèces de mammifères sauvages ou domestiques, et l'homme est un hôte accidentel (Coulet et al., 2000). Il existe donc des espèces anthroponotiques et d'autres zoonotiques. Les réservoirs sont domestiques (chiens, rats) ou sauvages (canidés, rongeurs, daman, paresseux, fourmilier, opossum, procyonidés). Ces réservoirs animaux présentent des symptômes cliniques, et certains sont des porteurs sains, tout comme l'homme (Dedet, 1999). La forme zoonotique, avec le chien comme principal réservoir de parasites (Bassin méditerranéen, Moyen Orient, Brésil). Alors que la forme anthroponotique où l'homme est la seule source d'infection pour le vecteur (Inde, Soudan, Soudan du Sud). Mais aussi la leishmanie en cause est *L. donovani* (Aubry et Gaüzere, 2019).

En Algérie les leishmanioses sont zoonotiques, ainsi les réservoirs sont présentés par les rongeurs et les chiens (Bachi, 2006).

2.5.2.4.4.1. Réservoir du complexe *L.infantum*

Le chien reste le principal réservoir de la leishmaniose viscérale à *L. infantum* (Djebouh et al., 2005). Ainsi que la leishmaniose cutanée du Nord (Harrat, 1995).

2.5.2.4.4.2. Réservoir du complexe *L.major*

La leishmaniose cutanée zoonotique à *L.major* transmise par *P. papatasi* et dont les réservoirs sont des rongeurs sauvages désertiques (*Meriones shawi*, *Psammomys obesus*) (Belazzoug, 1983 ; Harrat et al., 1996).

- ***Psammomys obesus***

Le rat des sables (*Psammomys obesus*) est largement réparti dans le nord de l'Afrique, en particulier dans les régions sahariennes de l'Algérie (Omari et al., 2007). Il est appelé communément, « Gerd par les populations locales de nos différentes contrées sahariennes (régions de Beni-Abbès-Bechar ; de Oumache-Biskra ; de Hassi el gara M'néa ex. El Goléa) (Koceir, 2004). Petter, (1961), retrouve *P.obesus* aux étages bioclimatiques arides et semi-arides, dans les régions steppiques à sol salin, situées autour de point d'eau naturel, la répartition de ce rongeur saharien est limitée aux endroits où subsiste toute l'année une humidité suffisante pour permettre la survie des végétaux appartenant à la famille des Chénopodiacées.

Psammomys obesus est végétarien strict, il se nourrit exclusivement de feuilles et de tiges de Chénopodiacés (plantes riches en eau et en sels minéraux) (Daly et Daly, 1974), et ses terriers sont localisés sous ces plantes et par voie de conséquence, les chénopodes représentent l'habitat naturel de cette espèce de rongeur (Ben Salah et al., 2007). La présence des nappes phréatiques ou de point d'eau favorise celle de ces plantes et donc des rongeurs et des Phlébotomes (Dolmatova et Demina, 1971).

- ***Meriones Shawi***

Meriones Shawi est l'espèce la plus préjudiciable et la plus prépondérante à l'agriculture en Algérie. Cette espèce sévit dans les Hauts Plateaux et les plaines intérieures, mais en période de forte infestation on peut la retrouver dans les zones côtières (Belhebib et Oukaci, 2007). Il est découvert pour la première fois au niveau du foyer de Ksar chellala (Belazzoug, 1986). Le *Meriones Shawi* vive dans un biotope varié, de préférence dans les sols argileux ou sableux, moins fréquemment rocheux. Il s'installe souvent dans les cultures (palmeraies présahariennes) et s'observe aussi dans les décharges et les dépôts d'ordures. Son besoin en eau lui interdit de sortir des palmeraies et conditionne son comportement domestique. Il est installé dans une butte au pied du buisson d'une plante pérenne, qui sert d'abri, généralement un épineux (figuier de barbarie, jujubier... etc.). Dans les zones intermédiaires, entre le désert et les steppes humides qui le bordent (Jebbouri, 2013).

Le régime alimentaire de la mérione est très varié ; elle consomme des fruits et légumes au printemps, des céréales en automne et lorsque la source de nourriture est tarie en hiver elle peut consommer des insectes. L'activité de la mérione est diurne ou nocturne en période froide et crépusculaire ou nocturne en période chaude. Elle prolifère après une bonne année agricole, lorsque la pluviométrie est importante entre le mois de Novembre et le mois d'Avril. La période de reproduction commence en fin d'hiver et atteint le maximum au printemps. La durée de gestation est de l'ordre de 20 jours. Le nombre de petits est de 5 à 12 par portée (INPV, 2012).

2.5.2.4.4.3. Réservoir du complexe *L. Killicki*

Pour la complexe *leishmania Killicki*, Le réservoir serait le gondi (*Ctenodactylus gondii*), un petit rongeur des milieux rocheux d'Afrique du Nord (Granier, 2013). Selon Claude (1973), les Goundi, rongeurs appartenant à la famille des Ctenodactylidae (ordre des Hystricomorphes), série phylétique en voie d'extinction, habitent actuellement les régions désertiques et subdésertiques de l'Afrique septentrionale. Ils sont étroitement liés au milieu rupestre, où ils mènent une vie essentiellement diurne, groupés par petites colonies dans les éboulis des djebels et de la Hamada. Le genre *Massoutiera Lataste*, exclusivement saharien, est représenté par une seule espèce, *M. mzabi*. Cette espèce caractéristique du Mzab (Ghardaïa) à une aire de dispersion assez vaste vers le sud (Fort Miribel, Hoggar, Air et Tibesti) où elle forme des isolats. Il a trouvé récemment une population très localisée en bordure septentrionale du Tadémaït, entre Timimoun et El Goléa. Ainsi, *Massoutiera* habite des régions où certains biotopes montrent un caractère désertique encore plus accentué que celui où l'on trouve *Ctenodactylus*.

Le Goundi ne boit pas et se nourrit de plantes et de graines. En période de disette, il supporte sans difficulté une nourriture très sèche. Son régime n'est pas aussi strict que celui d'un autre rongeur diurne, *Psammomys obesus*, lié aux plantes succulentes et halophiles telles que les Chénopodiacées, dont il peut cependant se nourrir (Haloxylon) (Dubuis et al., 1971).

2.6. Distribution géographique des phlébotomes dans le monde

Les phlébotomes se rencontrent généralement entre la latitude 50 ° nord et 40 ° sud .Leur présence dans un territoire géographique dépend des facteurs climatiques généraux, en particulier de la température et la pluviosité (Dedet, 2001). Leur aire de répartition englobe toutes les régions intertropicales, et bien au-delà dans beaucoup de régions ils ont su s'adapter à des climats très différents : méditerranéens, désertiques, tropicaux ou équatoriaux .Etant peu mobiles, ils sont généralement absents des îles purement volcaniques ou coralliennes isolées, à

quelques exceptions près telles les Comores ou l'atoll d'Aldabra aux Seychelles (Depaquit et Léger ,2009).

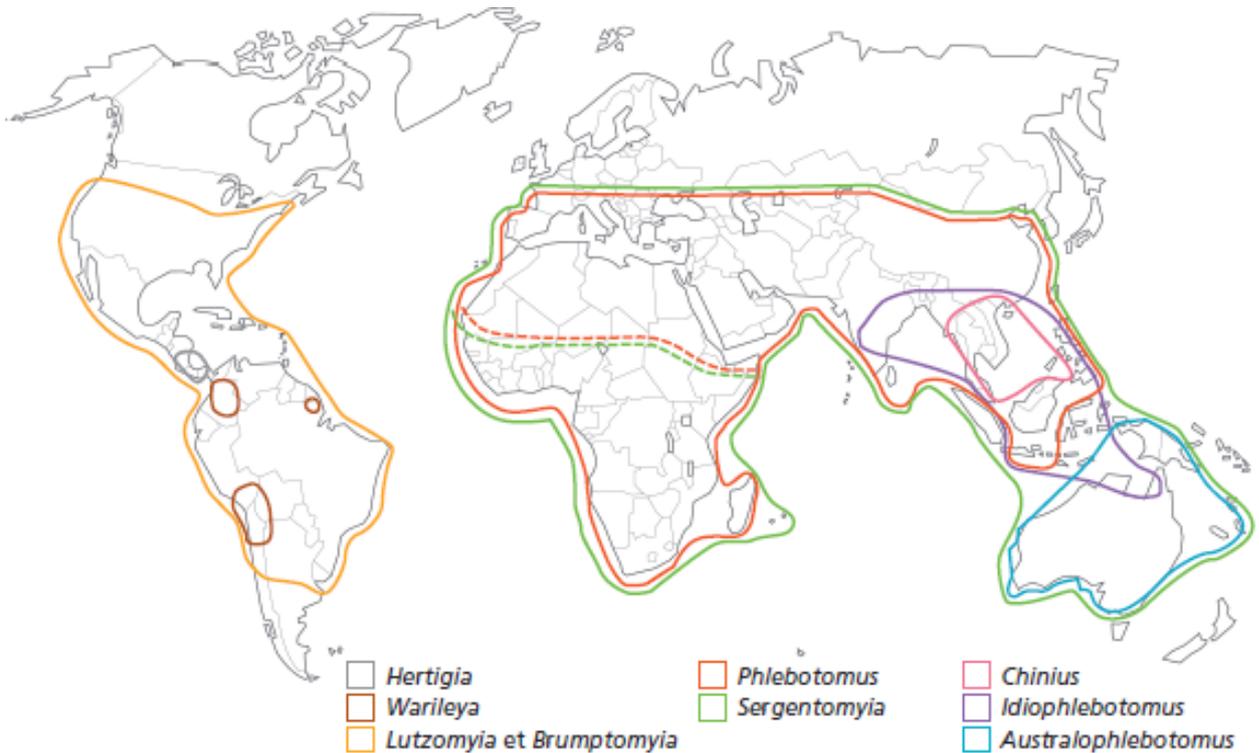


Figure 19 : Distribution des principaux genres de phlébotomes dans le monde entier (Depaquit et Léger, 2009).

2.7. Les phlébotomes de l'Algérie

En Algérie, les phlébotomes sont largement répandus autour de tout le territoire national, sous tous les étages bioclimatiques depuis l'étage humide jusqu'à l'étage saharien (Kabout, 2017). Ils ont fait l'objet de très importants travaux menés à l'Institut Pasteur d'Algérie, sous la direction de Parrot et des frères Sergent. Des découvertes capitales concernant tant leur systématique que leur pouvoir pathogène y ont été réalisées (Dedet et al., 1984).

Depuis 1984 et jusqu'à 2008 la liste des phlébotomes d'Algérie ne contient qu' 22 espèces, réparties en 12 espèces du genre *Phlebotomus* et 10 espèces du genre *Sergentomyia* (Berdjane-Brouk et al., 2012).

G/ Phlebotomus

Phlebotomus (phlebotomus) papatasi (Scopoli, 1786)

Phlebotomus (Phlebotomus) bergeroti (Parrot, 1934)

Phlebotomus (Paraphlebotomus) sergenti (Parrot, 1917)

Phlebotomus (Paraphlebotomus) alexandri (Sinton, 1928)

Phlebotomus (Paraphlebotomus) chabaudi (Croset, Abonnenc et Rioux, 1970)

Phlebotomus (Paraphlebotomus) kazeruni (Theodor et Mesghali, 1964)

Phlebotomus (Larroussius) ariasi (Tonnoir, 1921)

Phlebotomus (Larroussius) chadlii (Rioux, Juminer et Gibily 1966)

Phlebotomus (Larroussius) perniciosus (Newstead, 1911)

Phlebotomus (Larroussius) longicuspis (Nitzulescu, 1911)

Phlebotomus (Larroussius) langeroni (Nitzulescu, 1930)

Phlebotomus (Larroussius) perfiliewi (Parrot, 1930)

G/ *Sergentomyia*

Sergentomyia (Sergentomyia) minuta parroti (Adler et Theodor, 1927)

Sergentomyia (Sergentomyia) fallax (Parrot, 1921)

Sergentomyia (Sergentomyia) antennata (Newstead, 1912)

Sergentomyia (Sergentomyia) schwetzi (Adler, Theodor et Parrot, 1929)

Sergentomyia (Parrotomyia) Africana (Newstead, 1912)

Sergentomyia (Parrotomyia) eremitis (Parrot et de Jolinière, 1945)

Sergentomyia (Grassomyia) dreyfussi (Parrot, 1933)

Sergentomyia (Sintonius) clydei (Sinton, 1928)

Sergentomyia (Sintonius) christophersi (Sinton, 1927)

Sergentomyia (Sintonius) hirta (Parrot et de Jolinière, 1945)(Bounamous, 2010).

Les travaux de Bounamous et al., (2008), ont présenté une caractérisation moléculaire et morphologique de deux espèces affines de *paraphlebotomus*: « *phlebotomus chabaudi* » et « *phlebotomus riouxi* ».

En 2011, Berdjane-Brouk et ses collaborateurs signalent pour la première fois la présence de vingt-quatrième espèce appartient au genre *phlébotomus* dite « *Phlébotomus mascitti* ».

Actuellement, l'Algérie renferme vingt-quatre espèces de phlébotomes ont été déjà inventoriées, dont deux genres et sept sous-genres (Lafri et al., 2016).

2.8. Impacte des facteurs climatiques sur la biologie les phlébotomes

La propagation des maladies transmises par les insectes est une question particulièrement préoccupante concerne la façon dont les changements climatiques les affectèrent.

Les changements climatiques avec les modifications de la température, des précipitations, de l'humidité qu'il entraîne, pèse sur le devenir de certaines maladies infectieuses et parasitaires qui affectent l'ensemble du monde vivant. Ce changement influence les aires de distribution des espèces qui remontent en latitude comme en altitude, perturbe la composition des écosystèmes et les interactions des espèces entre elles. Il agit sur les cycles de nutrition et de vie des organismes (vitesse de développement, nombre de cycles annuels...), sur leurs systèmes de défense et de reproduction, sur la floraison des plantes, sur la date de migration des oiseaux, sur la durée d'activité des insectes... Il intervient donc sur la répartition, l'abondance, le comportement, la dynamique, la structuration génétique des populations d'espèces vectrices et réservoirs. Il agit également directement sur les virus, bactéries ou parasites pathogènes, en sélectionnant des populations les mieux adaptées aux conditions environnementales qui pourront s'avérer plus ou moins virulentes. Le changement climatique peut modifier les relations que les agents pathogènes, les vecteurs et les espèces réservoirs entretiennent entre eux (Mliki, 2015).

Les maladies à transmission vectorielle sont sensibles aux conditions climatiques. Le changement climatique peut entraîner un déplacement de la répartition géographique des populations d'insectes en modifiant les conditions climatiques et en affectant la durée de l'activité annuelle des espèces vectrices. Ces changements peuvent entraîner une augmentation de leur population dans les zones récemment habitées (Trájer et al., 2013).

Les paramètres dits abiotiques notamment la température et l'humidité sont considéré comme des facteurs déterminants pour la dynamique des maladies infectieuses dont un stade de développement s'effectue en dehors de l'hôte définitif. Plusieurs bactéries, virus ou parasites, ne se multiplient plus en dessous d'un certain seuil de température et, au-dessus de ce seuil (Mliki, 2015).

Globalement, le climat influence le cycle de vie des vecteurs, ainsi que le taux de reproduction des parasites et des particules virales à l'intérieur des vecteurs et des hôtes humains, ce qui signifie que les hausses de température peuvent réduire la période d'incubation de ces agents pathogènes et le cycle de vie des vecteurs, augmentant ainsi le

risque de transmission par des populations élevées de vecteurs, bien que dans une certaine enveloppe de température. Les changements à long terme des saisons peuvent également affecter les animaux vecteurs et hôtes, l'activité humaine et l'utilisation des terres, ce qui pourrait par conséquent affecter davantage la distribution spatio-temporelle et la prévalence des maladies à transmission vectorielle (Jan et Jonathan, 2017).

Ces facteurs climatiques affectent également la digestion, les processus métaboliques et la durée de développement des phlébotomes, et la température ambiante affecte également le taux de développement des stades immatures, la survie des stades préimaginaux et la longévité des phlébotomes adultes (Cheghabalaki et al., 2019). Des températures plus élevées peuvent induire un vol plus précoce des insectes adultes. On a constaté que l'augmentation de la température augmentait de manière significative la proportion globale de phlébotomes infectés. La chaleur, l'humidité et une quantité suffisante de matière organique sont les principaux facteurs du développement larvaire des espèces de phlébotomes (Trájer et al., 2013).

Généralement, les phlébotomes sont caractérisés comme thermophiles, nécessitant des températures plutôt élevées pour leur développement et leur survie. La distribution de ces petits moucheron est limitée aux zones où les températures sont supérieures à 15,6 °C pendant au moins trois mois de l'année. En dessous de 10 °C, les phlébotomes doivent entrer en dormance pour survivre à l'hiver. Par exemple, les femelles de *P. papatasi* ne sont pas capables de survivre à des températures inférieures à 15 °C pendant une période prolongée dans des conditions de laboratoire. Les larves de *P. perniciosus*, la principale espèce vectrice dans la zone méditerranéenne, s'immobilisent et meurent lorsqu'elles sont exposées à des températures froides entre 2 °C et 10 °C. La température est donc considérée comme un facteur essentiel pour le développement et la survie des différents stades de vie et, par conséquent, elle influence la répartition géographique des phlébotomes. Les parasites du *Leishmania* se sont développés plus rapidement à des températures plus élevées uniquement au cours des premiers stades de la colonisation des intestins des phlébotomes (Koche et al., 2017; Kahime et al., 2018). Les précipitations et l'humidité jouent également un rôle important dans le cycle de vie des phlébotomes. Par rapport à d'autres arthropodes vecteurs de maladies comme les moustiques, les phlébotomes ne pondent pas leurs œufs dans l'eau et n'ont pas de phase de vie aquatique. Cependant, une humidité suffisante est toujours importante pour la survie des œufs. D'autre part, les fortes pluies peuvent limiter l'activité de vol, limiter la disponibilité des sites de repos pour les phlébotomes adultes et tuer les stades immatures (Koche et al., 2017). Un niveau élevé de précipitations et un feuillage végétatif sont des

habitats favorables à la fois pour les réservoirs et les vecteurs de la leishmaniose cutanée (Kahime et al., 2018).

Outre ces facteurs bio-écologiques, il est également important d'évaluer que de nombreux autres facteurs entre en ligne peuvent jouer un rôle dans la modulation de sa propagation. Parmi ceux-ci, certains sont liés à l'hôte (statut immunitaire, nutritionnel ou génétique de l'hôte), au parasite (virulence et résistance aux médicaments) et aux déterminants socio-économiques (voyages et migrations des populations humaines, urbanisation, démographie, mode de vie et disponibilité de la santé (Kahime et al., 2018).

On peut dire finalement que chaque modification de l'environnement, qu'elle soit due à un phénomène naturel ou à une intervention humaine, modifie l'équilibre écologique et le contexte dans lequel les vecteurs et les parasites développent et transmettent des maladies (Amoura et al., 2009).

*Matériel et
méthodes*

Chapitre II : Matériel et méthodes

2. Présentation de la région d'étude

2.1. Cadre géographique

Notre étude a été menée dans la wilaya de Mila qui se localise entre (36° 37' 30" et 35° 52' 15" de la latitude Nord et 5°44' 13" et 6° 32' 55" de longitude. Cette wilaya a été créée lors du dernier découpage administratif Algérien de 1984, avec la ville de Mila comme chef-lieu de la wilaya 43. Elle est située dans le Nord-Est Algérien (Athmania et al., 2011), à 464 m d'altitude, et à 33 km de la mer Méditerranée qui s'étend sur une superficie de 3470,60 km². La région de Mila est limitée au Nord par la wilaya de Jijel, au Nord-Est par la wilaya de Skikda, à l'Est par la wilaya de Constantine, au Sud-Est par la wilaya de Oum El Bouaghi, au Sud par la wilaya de Batna, et au Ouest par la wilaya de Sétif (Messai et al., 2011).

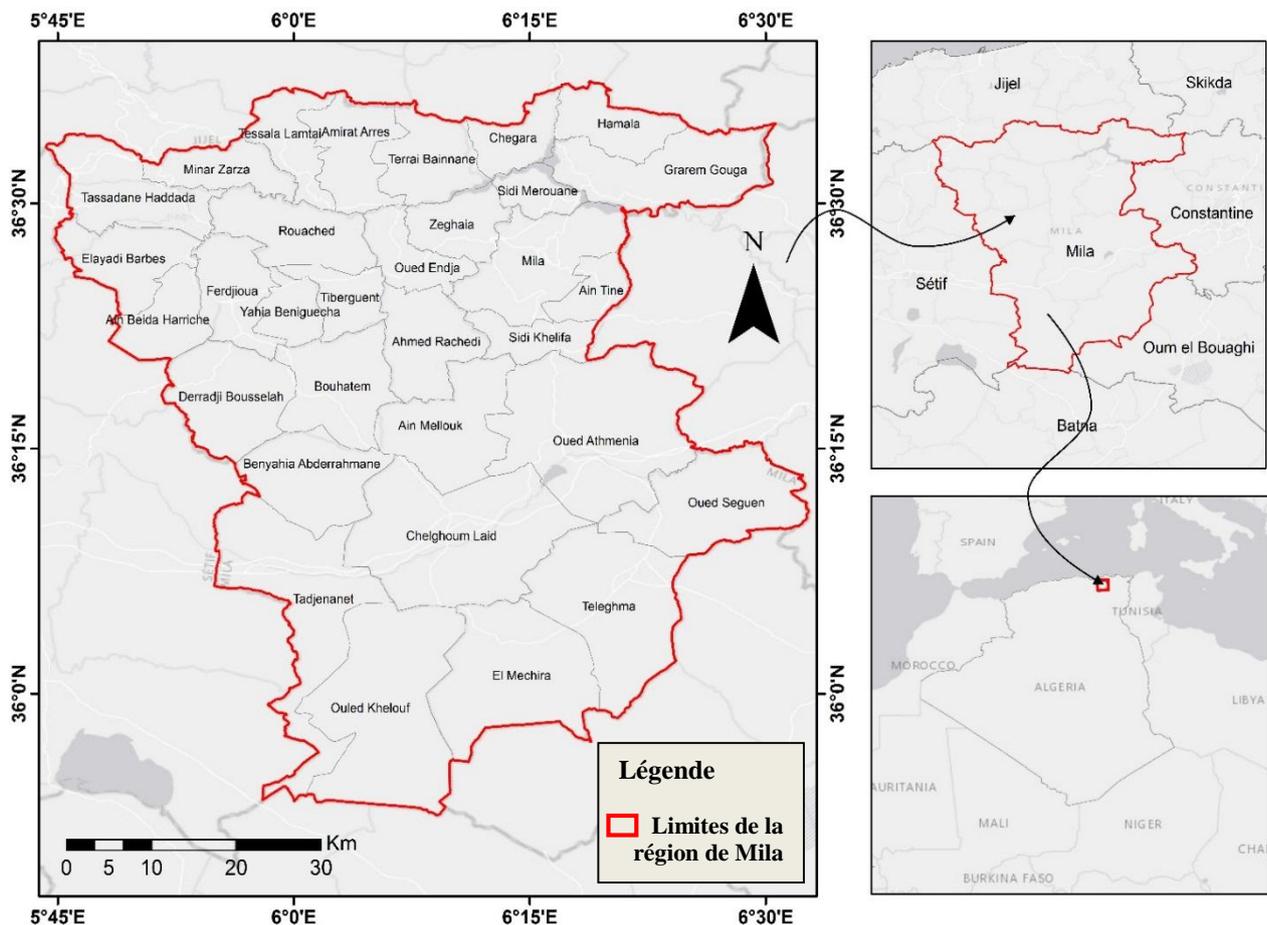


Figure 20 : Situation géographique de la wilaya de Mila (Arcgis, 2022).

2.3. Cadre démographique

La population totale de la wilaya est estimée à 865 370 habitants, soit une densité de 92.3habitants par Km² (ANIREF, 2013). Cette densité varie d'une commune à l'autre en raison

de multiples spécificités régionales d'ordre économiques (agriculture, industrie et commerce), géomorphologiques (nature et reliefs des terrains) et administratives (superficie allouée à chaque commune lors du découpage administratif) (Abid, 2014).

La population est en grande partie rurale et suburbaine. Elle est constituée généralement par des travailleurs de la terre, que ce soit sur les hautes plaines ou dans les régions montagneuses. La population urbaine, concentrée dans les grandes cités, est toujours imprégnée des valeurs de la ruralité.

Le nombre de femmes est légèrement plus élevé que celui des hommes, 408604 pour 401766. La population de la wilaya est relativement jeune, plus de 50 % est située dans la tranche d'âge allant de 1 à 24 ans, soit 420887 habitants, pour un total de 810370 habitants. Les régions montagneuses du nord de la wilaya sont peuplées par des tribus berbères (Seddiki et al., 2013).

2.2. Cadre administratif

La wilaya de Mila compte 13 daïras regroupant 32 communes.

Tableau 05 : Le découpage administratif de la région de Mila

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- Tiberguent
Terrai Beinen	Terrai Beinen- Amira Arres- Tassala Lamtai
Ferdjioua	Ferdjioua- Yehya Beni Guecha
Tassadane Hadada	Tassadane Hadada- Minar Zarza
Bouhatem	Bouhatem- DerahiBousselah-
Ain Baidah Ahriche	Ain Baidah Ahriche- Ayadi Berbes
Telaghma	Telaghma- Oued Seguen - El M'chira
Chelghoum Laid	Chelgoum Laid- Oued Athmania- Ain Melouk
Tadjenanet	Tadjananet- Ben Yahia Abdrehmane – Ouled Khlouf

2.4. Cadre climatique

Mila est l'une des wilayas algériennes les plus productives. Le climat de la région est de type méditerranéen (Bouaroudj et al., 2019). Avec un été très chaud et très sec, l'hiver est très frais et plus humide. Ce climat est qualifié de xérothermique. Il est globalement caractérisé par deux saisons nettement distinctes, l'une humide et pluvieuse s'étendant de Novembre à Avril l'autre chaud et sec allant de Mai à Octobre (Zouaidia, 2006).

La wilaya de Mila est caractérisée par trois microclimats : subhumide dans la plupart des zones semi-aride dans les provinces du sud, et humide en haute altitude (Bouaroudj et al., 2019) calqués sur l'agencement des trois grands ensembles morphologiques :

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

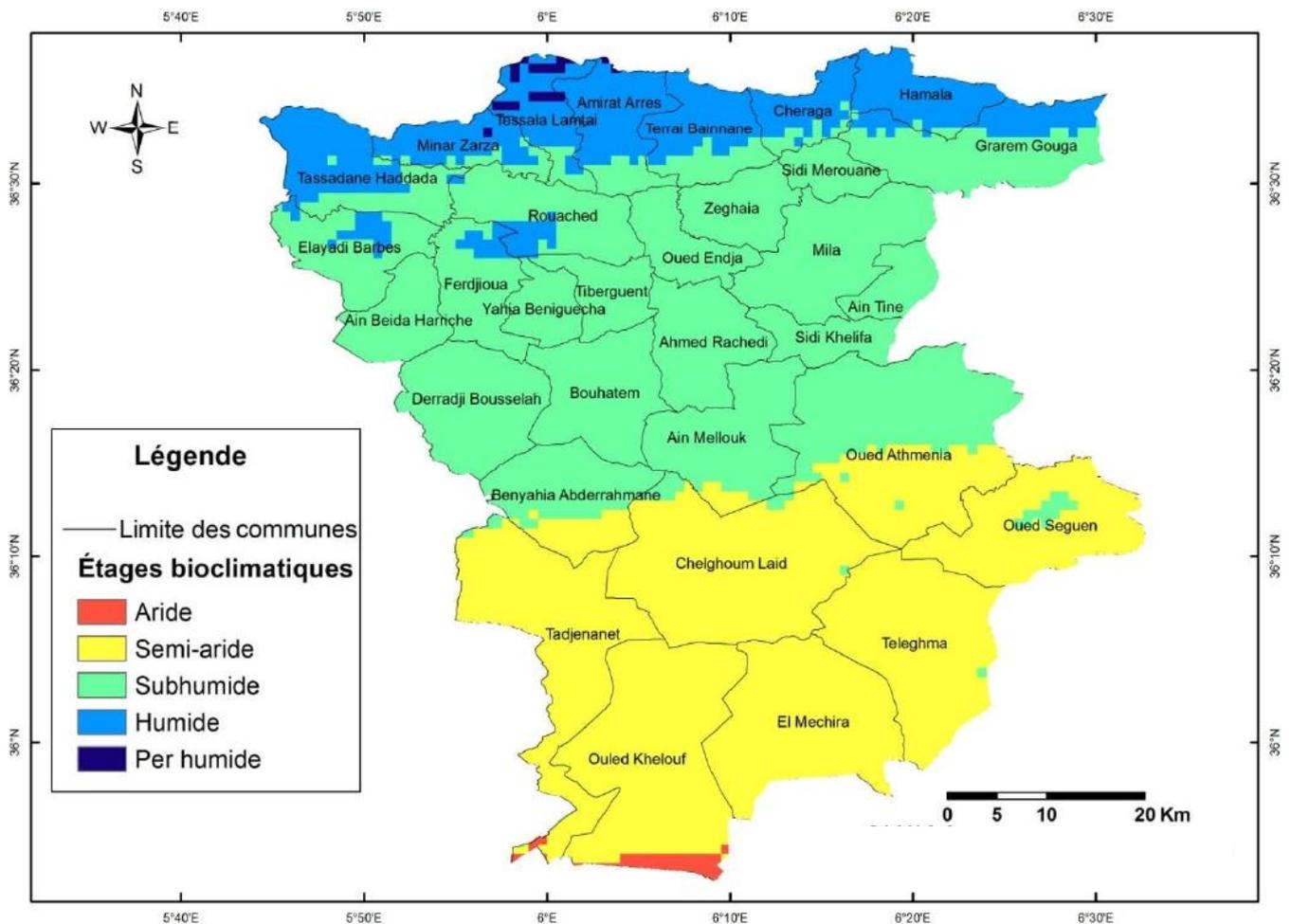


Figure 21 : Etages bioclimatiques de la wilaya de Mila (Laala et al., 2018).

Les paramètres climatiques influencent la répartition et la diversité des insectes. Il est donc nécessaire de mettre en évidence les facteurs climatiques de la région tels les températures, les précipitations, l'humidité relative, et les vents. Les données météorologiques sont issues de la station météorologique d'Ain -Tine de l'année 2010 à 2019.

2.4.1. Température

La température de la wilaya de Mila est une température méditerranéenne modérée durant les mois de l'Automne, l'Hiver et le Printemps, pendant l'Eté la température augmente rapidement surtout, à l'intérieur de la wilaya, où on a enregistré des pics allant jusqu'à 49° C (Soukhal, 2009). D'après les données prélevées durant la décennie (2010-2019), nous constatons que le mois le plus chaud est le mois de juillet avec une moyenne de 34,8 °C, le mois le plus froid est celui de janvier avec une moyenne de 13,5 °C, avec des variations saisonnières remarquables.

Tableau 06 : Températures mensuelles moyennes, maxima et minima de la wilaya de Mila durant la période d'étude (2018-2019).

Année	T (°C)	Mois											
		Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
2018	M	14,5	18,7	16,2	19,8	21,7	29,9	36,3	31,7	29,8	21,5	17,9	14,7
	m	6,1	7,2	7,7	8,6	11	15	21,6	18,6	18,1	13,2	9,2	5,9
	(M+m)/ 2	10,3	12,9	11,95	14,2	16,3	22,4	28,9	25,15	23,9	17,3	13,5	10,3
2019	M	10,5	12,7	16,2	19,3	22,3	33,2	33,1	35,7	28,8	24	15,4	15
	m	3,3	3,8	5,7	8,5	9,7	17,7	23	20,9	6	13,9	8,2	7,7
	(M+m)/ 2	6,9	8,25	10,95	13,9	16	25,4	28,0	28,3	17,4	18,9	11,8	11,3

M : moyenne mensuelles des températures maxima ;

m : moyennes mensuelles des températures minima ;

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

Le tableau montre que la répartition de la température moyenne annuelle durant la période d'étude est relativement variable entre 3.3 et 36.3 °C ,avec une moyenne annuelle est de 16,78°C °C Le mois le plus chaud reste toujours le mois de juillet avec une température

moyenne de 28.41°C. Tandis que le mois Janvier est le plus froid avec une température moyenne de 8.26°C.

2.4.2. Précipitations

Les précipitations sont des facteurs climatiques essentiels en ce qui concerne le cycle écologique, le régime hydrographique et l'activité agricole. La variation de précipitations annuelles est le fait marquant dans cette wilaya.

La pluviométrie à Mila est inégalement répartie à travers les mois de l'année et les précipitations sont, naturellement, cantonnées dans le semestre frais qui débute en Novembre et se termine en Mars.

Le manque ou l'abondance des précipitations agissent sensiblement sur les réserves en eau ; quantités mobilisées et quantités exploitées.

La sécheresse agit directement sur le comportement de la population de cette zone (Soukhal, 2009). Dans notre région d'étude, la pluviométrie est irrégulière, le Nord de la wilaya de Mila se situe dans une zone où la pluviométrie moyenne interannuelle est entre 600-700 mm. En revanche la partie centrale et Sud de la wilaya n'enregistre que des moyennes interannuelles inférieures à 400 mm/an. Le tableau 07 montre les valeurs de pluviométries mensuelles moyennes durant les deux années d'étude (2018-2019).

Tableau 07 : Pluviométries mensuelles de la wilaya de Mila durant la période d'étude (2018-2019).

Mois Années	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
2018	41	43	136	67	48	16	0	14	32	16	16	25
2019	114	46	22	29	51	0	0	36	62	106	63	134

P : précipitations exprimées en mm

Le tableau montre que durant la période d'étude, la wilaya de Mila a connu un total des précipitations estimé à 1117mm soit une moyenne annuelle de 46.54 mm. Les précipitations sont importantes en hiver particulièrement en Décembre avec 134 mm pour ce mois, qui

correspond à un taux égal à 20.2 % de la somme des pluies de l'année 2019. Il est à remarquer que le mois le plus sec est Juillet avec 0 mm pour les deux années.

2.4.3. L'humidité relative

L'humidité relative dans la wilaya de Mila est plus élevée en hiver qu'en été. Une valeur supérieure à 79 % est enregistrée durant la période d'étude (2018-2019) (Tab.08). Ces valeurs mensuelles sont élevées grâce à l'apport de l'humidité provenant du barrage de Beni-Haroun.

Tableau 08 : Valeurs mensuelles de l'humidité relative de la wilaya de Mila durant la période d'étude (2018-2019).

Mois Années	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
2018	69	69	56	61	78	60	40	36	66	64	69	80
2019	64	77	77	75	71	51	43	51	68	68	71	69

H : humidités exprimées en %

Les résultats de ce paramètre portés dans le tableau 08, montrent que l'état hygrométrique de l'air est plus sec surtout en été atteignant 36 % en Aoute (2018) et 43 % en mois de Juillet (2019). Les valeurs les plus élevées sont enregistrées pendant l'hiver et le printemps généralement en mois de Décembre en 2018 avec 80%, et le mois de Février, Mars en 2019 avec 77 %.

2.4.4. Les vents

Le vent est l'un des facteurs écologiques limitant dans certains biotopes. Il a un rôle mécanique remarquable dans la répartition et leur degré d'activité des insectes (Belkhrchouche, 2014). Le vent est un facteur omniprésent dans la région de Mila parfois violent (effet venturi). Les vitesses mensuelles du vent dans notre région au cours de la période d'étude sont présentées au tableau 09.

Tableau 09 : Valeurs mensuelles de la vitesse du vent de la wilaya de Mila durant la période d'étude (2018-2019).

Mois Années	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
2018	18	17	23	18	18	15	19	13	36	19	23	12
2019	17	18	11	13	13	9	9	15	22	14	23	24

V : Vitesse des vents exprimée en m/s

D'après le tableau, les vitesses de vent les plus élevées sont enregistrées en septembre 2018 à 36 m/s et en décembre 2019 à 24 m/s. Les plus faibles sont en mois décembre 2018 avec 12 m/s et Juin et Juillet 2019 avec 9 m/s.

2.4.5. Analyse climatique

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

2.4.5.1. Diagramme pluvio-thermiques de Gaussen

Afin de définir les saisons sèches et humides de la région de Mila. Nous avons établi le diagramme pluvio-thermique et une représentation graphique des températures et des précipitations moyennes mensuelles pour une station donnée, permettent de mettre en évidence les périodes sèches et humides de l'année. Il comporte un axe horizontal où sont placés les 12 mois de l'année et deux axes verticaux, un à gauche pour les précipitations et à droite pour les températures, selon des graduations standardisées : une graduation de l'échelle des précipitations correspond à deux graduations de l'échelle des températures ($P = 2T$) (Chebbah et Kabour, 2018).

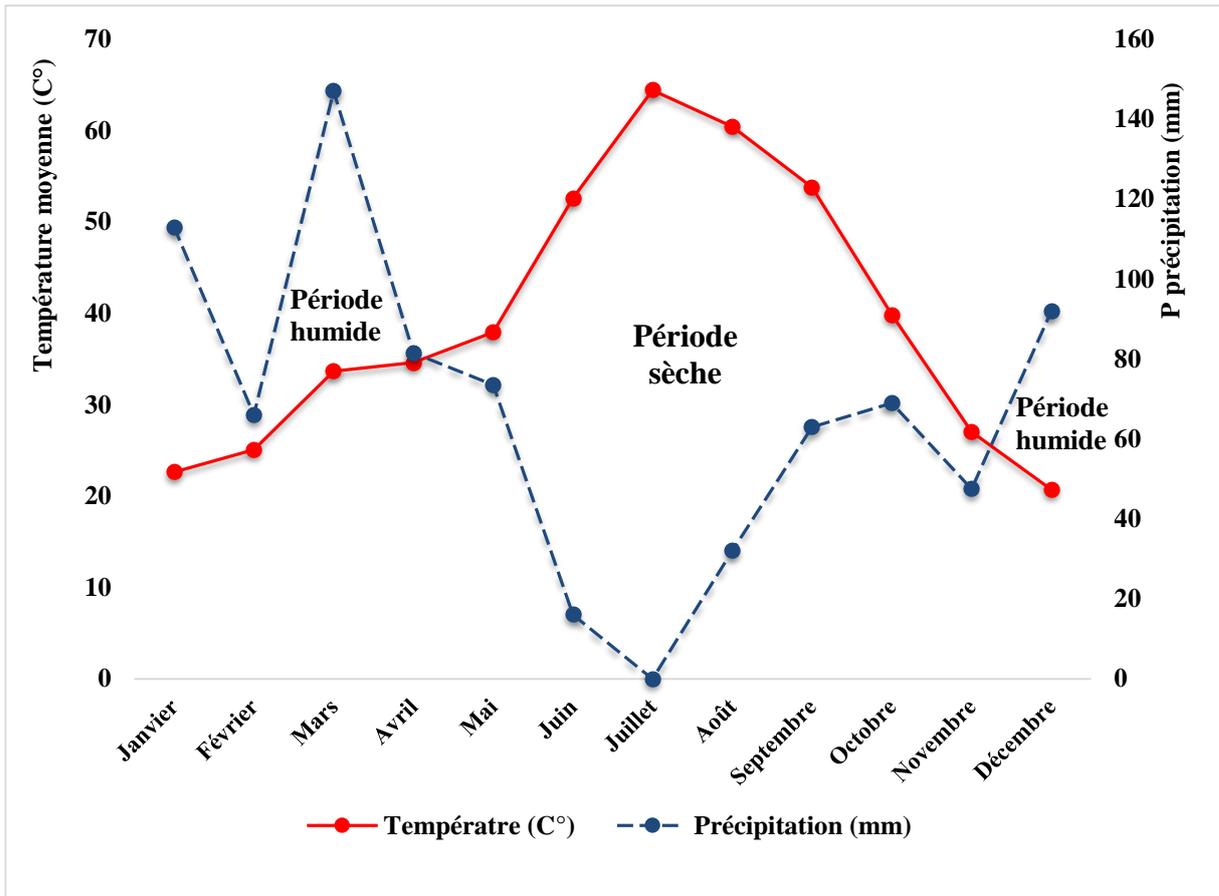


Figure 22 : Diagramme de précipitations sur deux ans dans la région de Mila (2018-2019).

En se basant sur les données météorologiques de la station météorologique d'Ain-tin (Mila). Le diagramme ombrothermique de Gausson établi pour notre zone d'étude qui dure pendant deux années (2018-2019), fait apparaître 2 périodes. Une période humide qui s'étend de Janvier à fin Avril et de Novembre à Décembre. Une période sèche qui s'étale sur 6 mois, allant du mois de Mai jusqu'à la fin d'Octobre (fig. 22).

2.4.5.2. Climagramme et quotient pluviométrique d'Emberger

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

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

$$Q_2 = 3,43 \cdot P / M - m$$

Q₂ : quotient pluviométrique d'Emberger

P : est la moyenne des précipitations annuelles exprimées en mm.

M : est la moyenne des températures maxima du mois le plus chaud exprimées en °C.

m : est la moyenne des températures minima du mois le plus froid exprimées en °C.

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

Tableau 10 : Les valeurs des moyennes des T° max ,T° m (°C), P(mm) et Q₂ (période 2010-2019) dans la région de Mila.

Années	M (C°)	m (C°)	P (mm)	Q ₂
2010	35	6,8	1030	125,219326
2011	34,5	4,5	745,8	85,2698
2012	35,4	1,4	550,1	55,4953824
2013	34,2	3	929,8	102,218397
2014	33,4	4,5	654,7	77,7031488
2015	36,3	2,2	773,2	77,7734897
2016	34,3	6	534	64,7215548
2017	36,1	8	399	48,7035587
2018	36,3	7,2	454	53,5127148
2019	33,1	3,8	663	77,6139932
Moyenne	34,8	4,7	673	76,8231366

En portant les valeurs de Q₂ et de m sur le climagramme, il en ressort que la région de Mila se localise dans un étage bioclimatique sub-humide à hiver doux (fig.23).

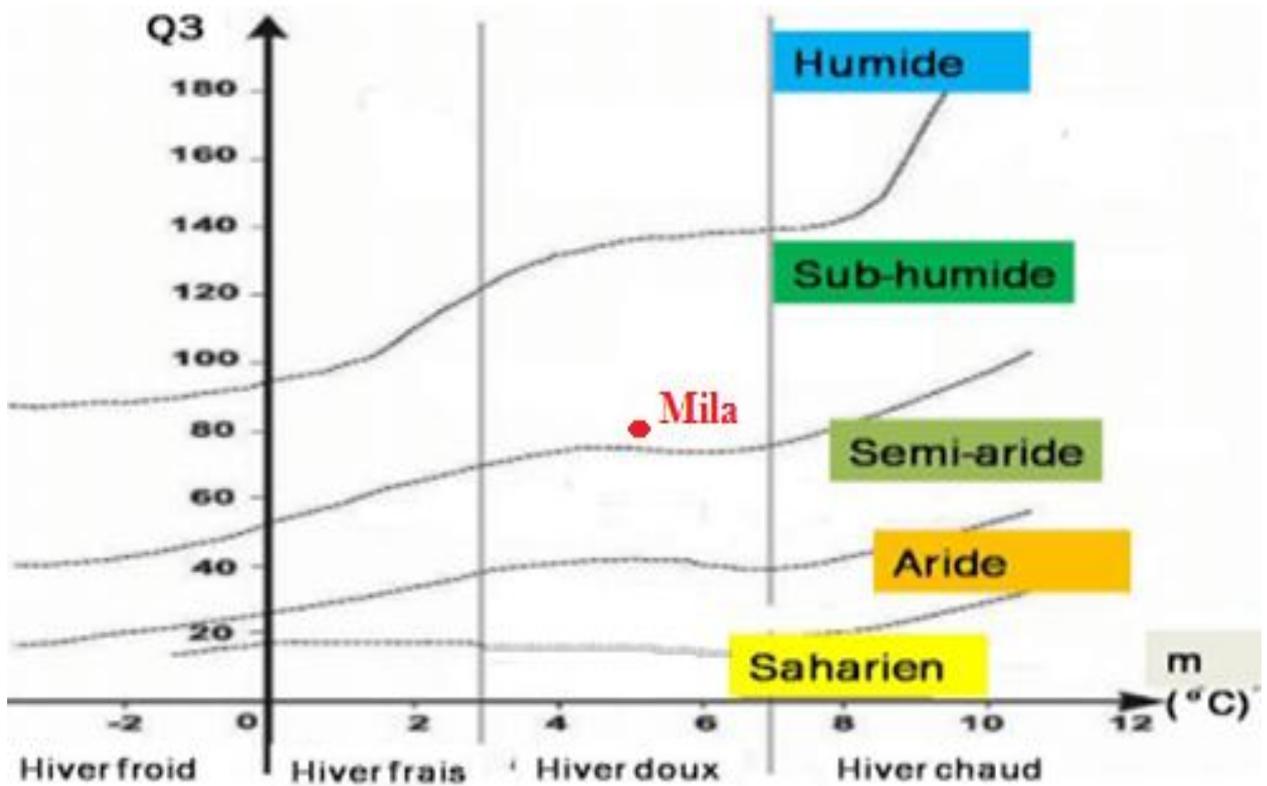


Figure 23 : Situation de la région de Mila dans le climagramme d'Emberger (2010-2019).

2.5. Cadre géologique

2.5.1. Reliefs

Le relief de la wilaya de Mila est structuré en trois ensembles morphologiques :

La partie nord, un ensemble de hautes montagnes, caractérisé par les altitudes très élevées et des pentes excessivement marquées (ANDI, 2013), avec une superficie de 503,90 km² limitée par les montagnes de M'cid Aicha, de Zouagha et de Djebel El Halfa, cette zone est parsemée de pentes abruptes. Quatre principaux sommets des massifs telliens du nord, occupent également cet espace, qui est marqué par l'abondance de précipitation pluviométriques (350 à 700 mm/an).

Les parties Est, Ouest et le centre de la wilaya sont formés de piémont et de collines répartissent sur une superficie de 1216,04 km², ils se caractérisent par les plaines intramontagneuse dans les régions de Ferdjiwa et de Oued Endja, et dont l'altitude atteinte en moyenne 400m.

Les collines et piémonts qui couvrent la partie Est présente un relief montagneux désordonné dont l'altitude varie entre 400 et 800 m. La partie Ouest est formée par les hautes piémonts qui sont le prolongement des reliefs tellien.

La partie sud s'étale sur une superficie de 1760,60 km² et se caractérise par des pentes douces inférieures à 12,5 pour cent des altitudes moyenne variant entre 800 et 900 m et des massifs isolés (Seddiki et al., 2013).

2.5.2. Pédologie

Le bassin de Mila fait partie du domaine externe de la chaîne des maghrébides caractérisée par des dépôts laguno-continentaux d'âge Mio-Plio-Quaternaire qui sont : les argiles, le sable, le gypse et le sel gemme (Athmania, 2010).

2.6. Cadre végétatif

Du fait de son occupation permanente du sol, le couvert végétal forestier joue un rôle important dans le maintien de l'équilibre écologique, notamment dans les zones montagneuses où la sensibilité à l'érosion est favorisée par la nature du relief, la fragilité des substrats en place, ainsi que par la fréquence, l'intensité et le caractère torrentiel des pluies (ANDI, 2013). De la petite Kabylie, abrite un massif forestier riche et varié : Forêts de Terai Bâinem, Tassala et Grarem Gouga (Abid, 2014). Elle fait partie de la nappe végétale de l'Est Algérien. Elle porte, essentiellement, les caractéristiques de la forêt méditerranéenne. Elle se constitue d'un peuplement d'un seul étage de type clair avec prédominance de chêne liège.

La superficie de la forêt de Mila est réduite à 8.860 hectares selon les services des forêts de la wilaya. Et un couvert végétal frappé d'une sécheresse sévère : Ce sont des espèces xérophiles qui poussent sur les monts du nord de la wilaya. Encore, ce sont des formations en dégradation. C'est la forêt méditerranéenne, type clair de chêne vert. Les cicatrices des incendies se voient de loin sur la forêt d'Arras et de Tassala. Des arbres centenaires qui ont survécu à plusieurs feux. Dans les jours caniculaires le sol est totalement sec. La sécheresse augmente le risque d'incendies et chaque année des dizaines d'hectares qui partent en fumée (Soukhal, 2009).

2.7. Cadre d'agriculture et d'élevage

La wilaya de Mila est considérée comme l'une des régions algériennes les plus fructueuses au niveau agricole, du fait de sa diversification de ses terres fertiles valables pour tout type de culture, ainsi que le climat dont elle bénéficie, humide au nord, aride à semi-aride au sud, ce qui la rend parmi les wilayas exploratrices dans le domaine de production agricole.

Elle s'étend sur une superficie totale de 315,745 hectares, dont 237,557 hectares valables pour l'agriculture avec 45 % pour l'agriculture des follicules environ 1.600.248 quintaux (DSA, 2015). La région possède environ 445.247 têtes de bétail, dont 89.570 bovins, 315.810 ovins et 121.396.87 caprins (DSA, 2022).

2.8. Cadre hydrologique

La wilaya de Mila abrite un important réseau hydrographique composé de rivières et de barrages : le plus grand barrage d'eau au niveau national, barrage de Béni-Haroun qui alimente une grande partie de l'est algérien avec de l'eau potable et de l'eau d'irrigation, barrage de oued el Athmania, et barrage de oued Seguene. Les oueds Rhumel et oued Endja (oued El-Kebir) sont les principales sources d'alimentation du barrage de Béni Haroun (Abid, 2014). Le barrage de Béni Haroun situé au cœur d'un immense complexe hydraulique, le barrage de Béni Haroun, d'une capacité de stockage de 960 millions de mètres cubes, et d'une hauteur de 120 mètres (Seddiki et al., 2013). Il constitue la plus grande retenue artificielle algérienne et la seconde du continent africain (après le barrage de Al Sad El Alli en Egypte) avec une réserve de 1 milliard de m³ d'eau atteinte en février 2012 (soit 40 millions de m³ au-delà de sa capacité d'objectif), répartis sur 3 900 hectares. Situé sur l'oued el Kébir, il est alimenté par deux bras principaux, avec les oueds Rhumel et Endja (Seddiki., 2012).

2.9. Cadre sanitaires

La wilaya de Mila est organisée autour de cinq établissements publics hospitaliers.

Tableau 11 : Structures sanitaires hospitalières (EPH).

Dénomination	N° de lits	N° de services
Etablissement public hospitalier frères Tobal, Mila	88	07
Etablissement public hospitalier frères Maghlaoui, Mila	166	09
Etablissement public hospitalier frères Boukhchem, O.Athmania	110	08
Etablissement public hospitalier Med Meddahi, Ferdjioua	240	11
Etablissement public hospitalier, Chelghoum Laid	200	12
Total	804	47

3. Matériel et méthodes utilisées

3.1. Choix de la région d'étude

En Algérie, plusieurs régions n'ont pas été identifiées par les prospections et les enquêtes entomologiques visant à déterminer et à recenser les espèces de *Culicoides* et de phlébotomes réparties dans le territoire national. Cependant, quelques études ont déjà été effectuées sur les phlébotomes, mais elles restent encore rares, Certaines études ont déjà été effectuées sur des phlébotomes. Quant recherche aux *Culicoides* aucune ne s'est déroulée, à ce jour, dans la région de Mila (Nord-est algérien).

L'objet de notre étude est d'identifier les espèces de *Culicoides* et de phlébotomes présentes dans la région de Mila et de décrire leur diversité. Cette région a été choisie parce qu'elle se caractérise par une grande variété de microclimats et de paysages (riche milieu naturel) la région, ce qui se traduit par une grande diversité de la flore et de la faune. Par ailleurs, les travaux sur la faune des *Culicoides* et des phlébotomes à travers cette région sont rares. En effet, de sa grande population rurale et de sa productions agricole avec 445247 têtes de bétail, dont 89570 bovins, 315810 ovins et 121 39687 caprins (DSA, 2022), la région de Mila présente un terrain favorable à la propagation de diverses maladies à transmission vectorielles, telles que les leishmanioses les épizooties de la fièvre catarrhale ovine (FCO), par le biais du déplacement des hôtes ou des vecteurs de ces maladies à d'autres régions du pays. Considérant la région de Mila concernée par ces pathologies, du fait qu'elle se situe dans une zone carrefour entre plusieurs foyers surtout de la leishmaniose, où, ces maladies sont responsables des pertes considérables aussi bien sur la santé animale que sur l'économie.

3.2. Description des sites de captures

Le cadre de notre étude est représenté par la région de Mila situé dans le Nord-Est algérien. Les investigations menées se sont étalées sur huit mois (Juin-Septembre) de l'année 2018 et 2019. Nous avons prospecté 28 sites. Parmi eux 15 sites seulement sont positifs pour les *Culicoides* (fig.24). Les coordonnées géographiques et les animaux à proximité présents dans les sites d'étude sont donnés dans le tableau 12.

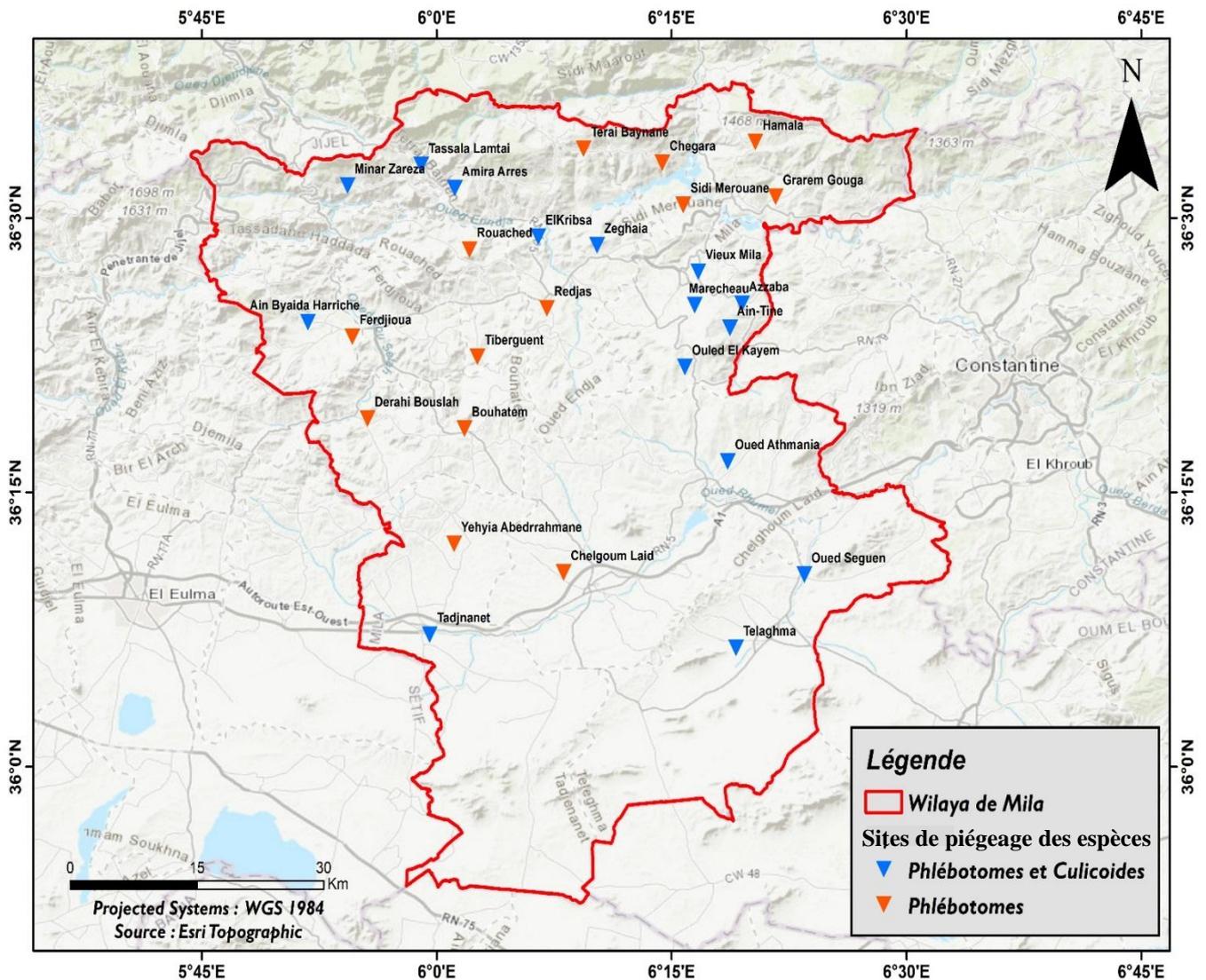


Figure 24 : Situation géographique des sites de collecte dans la wilaya de Mila (Arcgis, 2022).

Tableau 12 : Description des sites de piégeages de *Culicoides* et de phlébotomes dans la wilaya de Mila (2018-2019).

Sites de piégeage	Type de site	Les coordonnées géographiques	Altitude (m asl)	Type de spécimens collectés	Localisation du piège	Les animaux à proximité
Azzaba	Suburbaine	36.421952 °N 6.324973 °E	959	Phlébotomes et <i>Culicoides</i>	à l'extérieur de l'abri des moutons, près des moutons	ovins, chèvres, bovins, chiens
ElKribsa	Suburbaine	36.482834 °N 6.108003 °E	220	Phlébotomes et <i>Culicoides</i>	à l'extérieur de l'abri des moutons, près des moutons	ovins, chèvres, bovins, chiens
Ain-Tine	Suburbaine	36.399846 °N 6.312251 °E	781	Phlébotomes et <i>Culicoides</i>	à l'extérieur de l'abri des moutons, près des moutons	ovins, chèvres, bovins, chiens
Ain-Byaida-Harriche	Rurale	36.405098 °N 5.862927 °E	582	Phlébotomes et <i>Culicoides</i>	A l'intérieur de l'abri des moutons	Bovins
Zeghaia	Suburbaine	36.475163° N 6.170684 °E	501	Phlébotomes et <i>Culicoides</i>	à l'extérieur de l'abri des moutons, près des moutons	Ovins, chiens
Redjas	Suburbaine	36°25'03.8"N 6°07'02.2"E	389	Phlébotomes	à l'intérieur de l'abri des moutons	Ovins, chèvres, gees, chiens
Tassala-Lamtai	Rurale	36.548101 °N 5.983464 °E	572	Phlébotomes et <i>Culicoides</i>	à l'extérieur de l'abri des moutons, près des moutons	Ovins ,chèvres
Amira-Arres	Rurale	36.527062 °N 6.019232 °E	483	Phlébotomes et <i>Culicoides</i>	à l'extérieur de l'abri des moutons, près des moutons	Ovins
Minar-Zareza	Rurale	36.529496 °N 5.905040 °E	646	Phlébotomes et <i>Culicoides</i>	à l'extérieur de l'abri des moutons, près des moutons	Ovins
Grarem-Gouga	Suburbaine	36°27'03.2"N 6°16'42.2"E	488	Phlébotomes	à l'intérieur de l'abri des moutons	Ovins, chèvres, bovins, chevaux, chiens
Sisdi-Merouane	Rurale	36°30'42.8"N 6°15'45.0"E	368	Phlébotomes	à l'intérieur de l'abri des moutons	bovins, chiens
Marecheau	Rurale	36.420520 °N 6.274533 °E	758	Phlébotomes et <i>Culicoides</i>	à l'extérieur de l'abri des moutons, près des moutons	Ovins chèvres, gees, chiens
Vieux Mila	Subrbuaine	36.451064 °N 6.278281 °E	448	Phlébotomes et <i>Culicoides</i>	à l'intérieur de l'abri des moutons	Chèvres, gees

Terai-Baynane	Rurale	36°33'47.2"N 6°09'22.9"E	790	Phlébotomes	à l'intérieur de l'abri des moutons	Bovins
Ouled-El-Kayem	Rurale	36.364052 °N 6.264093 °E	938	Phlébotomes et <i>Culicoides</i>	à l'extérieur de l'abri des moutons, près des moutons	Ovins, chèvres
Oued-Seguen	Rurale	36.174803 °N 6.391261 °E	704	Phlébotomes et <i>Culicoides</i>	à l'extérieur de l'abri des moutons, près des moutons	Ovins, chèvres, bovins
Oued-Athmania	Suburbaine	36°16'40.9"N 6°18'35.4"E	671	Phlébotomes et <i>Culicoides</i>	à l'intérieur de l'abri des moutons	Ovins, gees, chiens
Tadjnanet	Suburbaine	36°07'29.9"N5° 59'15.1 "E	848	Phlébotomes et <i>Culicoides</i>	à l'intérieur de l'abri des moutons	Ovins, chèvres, bovins, chevaux, chiens
Telaghma	Suburbain	36°08'34.6"N6° 21'287"E	760	Phlébotomes et <i>Culicoides</i>	à l'intérieur de l'abri des moutons	Ovins, chèvres
Chelgoum-Laid	Rurale	36°14'01.4"N 6°07'12.1"E	812	Phlébotomes	à l'intérieur de l'abri des moutons	Ovins
Rouached	Rurale	36°28'16.2"N 6°02'05.6"E	535	Phlébotomes	à l'intérieur de l'abri des moutons	Ovins
Hamala	Rurale	36°34'09.4"N 6°20'21.2"E	602	Phlébotomes	à l'intérieur de l'abri des moutons	Ovins, chèvres
Ferdjioua	Rurale	36°23'30.5"N 5°54'37.1"E	554	Phlébotomes	à l'intérieur de l'abri des moutons	Ovins, chèvres,
Bouhatem	Rurale	36°18'28.5"N 6°01'46.4"E	890	Phlébotomes	à l'intérieur de l'abri des moutons	Ovins, chèvres, bovins
Tiberguent	Rurale	36°22'24.7"N 6°02'35.7"E	722	Phlébotomes	à l'intérieur de l'abri des moutons	Ovins, bovins
Chigara	Rurale	36°33'01.1"N 6°14'24.2"E	427	Phlébotomes	à l'intérieur de l'abri des moutons	Bovins
Derahi-Bouslah	Rurale	36°19'01.2"N 5°55'34.7"E	667	Phlébotomes	à l'intérieur de l'abri des moutons	Bovins
Yehyia-Abedrrahmane	Rurale	36°12'10.3"N 6°01'06.7"E	927	Phlébotomes	à l'extérieur de l'abri des moutons	Bovins



Figure 25 : Quelques photos des sites de piégeages (photos originales).

3.3. Type de piégeage utilisé

Plusieurs méthodes sont destinées à la capture des moucheron. La méthode la plus fructueuse qui donne le meilleur rendement est la capture au piège lumineux, soit avec une ampoule de faible intensité (piège CDC), soit avec un tube à ultra-violet. Dans notre cas, les spécimens ont été capturés grâce à des pièges miniatures du type CDC, à raison d'un seul piège dans chacune des exploitations. Ils ont été mis en route à la tombée du jour et arrêtés à l'aube. Ces pièges ont la particularité de capturer les insectes qui ont une activité nocturne et crépusculaire.

Le piège se compose de :

- Une source de lumière de faible intensité (tube néon fluorescent ou petite lampe) de 8 Watts et supportant une tension de 12 Volts. Il mesure 15 cm. Le tube est accroché sous un « chapeau » de plastique, et entouré d'un cylindre noir en matière plastique dont la partie supérieure est couverte d'un grillage métallique à larges mailles permet de piéger les insectes. La lumière à faible intensité permet d'attirer les insectes la nuit.
- Un ventilateur électrique rond permettant d'aspirer les insectes qui virevoltent autour du piège attirés par la lumière émise.
- Un cylindre en tissu de type moustiquaire (à mailles très fines) guidant les insectes savonneuse dans lequel ils se noient, et le ventilateur propulsant les insectes vers le pot en plastique contenant de l'eau.
- Un flacon collecteur en plastique rempli au 1/3 d'un mélange d'eau et de détergent, jouant le rôle d'agent mouillant : une fois dans cette eau savonneuse, les insectes ne peuvent plus fuir un pot mélange présente aussi l'avantage de conserver la souplesse des tissus, contrairement à l'alcool (Zimmer et al., 2009).
- Un câble électrique de 120 cm est s'accrocher au piège pour assurer une bonne alimentation en électricité.



Figure 26 : Piège lumineux de type CDC utilisé dans notre étude (photos originales).

3. 3.1. Prélèvement par piège CDC

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

Nous avons réalisé plusieurs sorties (2 à 3 sorties /semaine) dans différentes communautés rurales, urbaines et suburbaines de Mila. Les prélèvements sont effectués durant la période estivale et automnale soit entre le mois de Juin et Septembre durant deux ans successifs 2018 et 2019.

Les pièges de captures de type lumineux sont installés au niveau des différentes fermes, à raison d'un piège par site. Ces pièges sont placés au moyen de trois fois par semaine durant toute la période d'étude. Ils sont mis le soir avant le coucher du soleil et récupérés à l'aube.

Suivant les protocoles établis, la pose des pièges lumineux renferme les étapes suivantes :

- Accrocher le piège à un support d'une hauteur accessible environ un 1,50 m de la terre.
- Remplir 1/3 du pot avec de l'eau et mettre 1à 2 gouttes de savon dans le pot, le détergent jouant le rôle d'un agent mouillant qui empêche les insectes de remonter le long des parois.

4. Traitement des échantillons destinés aux analyses morphologiques

4.1. Transport des spécimens

Les captures de toutes sortes sont ramenées au laboratoire des Sciences Naturelles et Matériaux au sein de centre universitaire A. BOUSSOUF de Mila, dans des pots collecteurs. Ils sont tamisés ensuite pour séparer les insectes de l'eau savonneuse. Les échantillons ainsi collectés sont stockés dans l'éthanol à 70% dans des pots bien étiquetés (date, nom du site, emplacement de piège), puis conservés au réfrigérateur à l'abri de la lumière jusqu'à leur identification.

4.2. Tri des *Culicoides* et des phlébotomes

De retour au laboratoire, les mouchérons piégés sont pré-triés à l'aide d'une loupe binoculaire. Les *Culicoides* et les phlébotomes sont séparés simultanément des autres insectes selon leur sexe, en les mettant à neveux dans des tubes en plastiques contenant l'éthanol 70%.

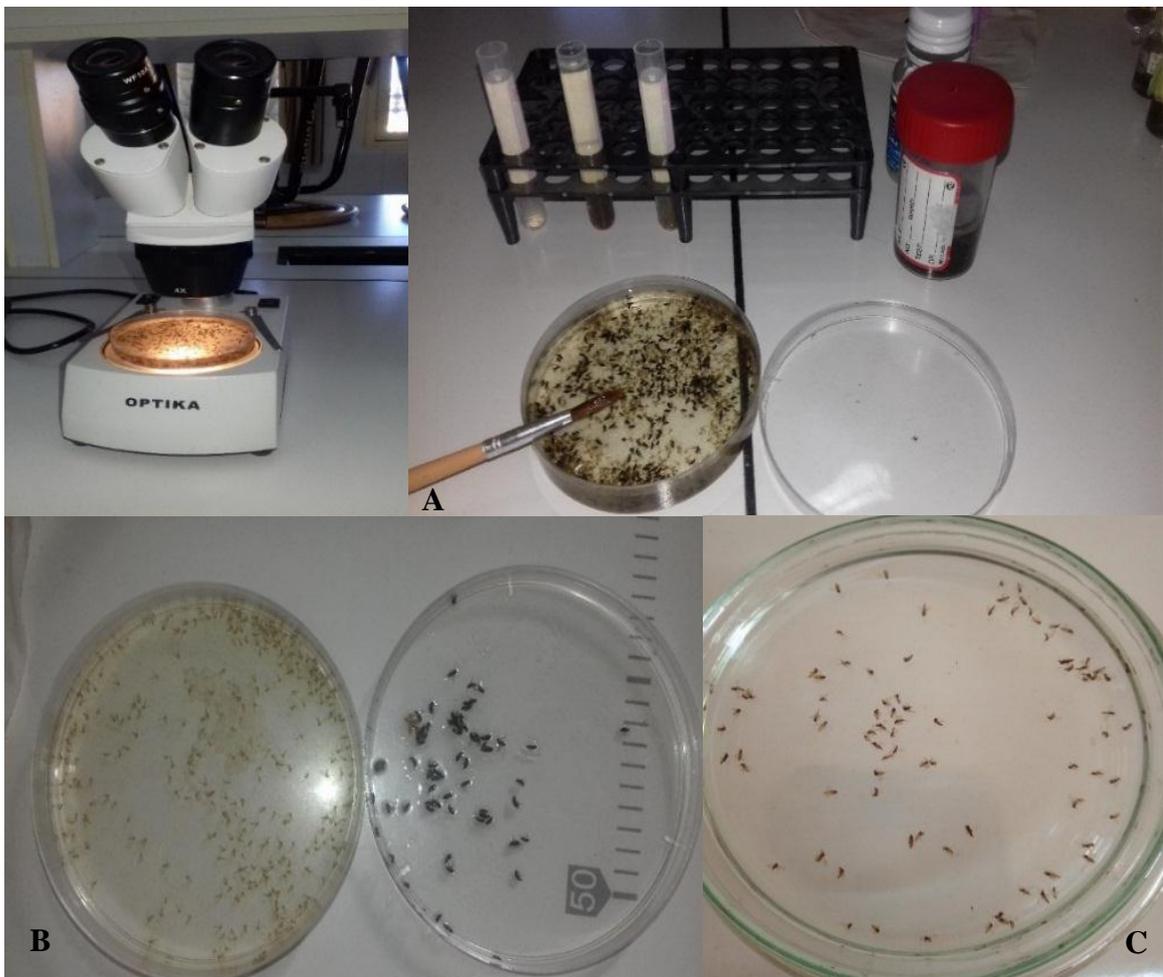


Figure 27 : (A) Le tri des spécimens collectés ; (B) phlébotomes ; (C) *Culicoides* sous la loupe binoculaire (Optika) (photos originales).

4.2.1. Identification des *Culicoides*

L'identification morphologique de *Culicoides* peut être difficile et nécessite une intervention d'expert (Dik et al., 2014 ; Ziani Hadj-Henni et al., 2014).

Les spécimens ramenés au laboratoire sont pré-triés puis identifiés. Le pré-tri consiste à séparer les *Culicoides* des autres insectes sous une loupe binoculaire pour ne garder que des *Culicoides*, suivant les critères diagnoses du genre notamment la taille inférieure à 5mm et les pièces buccales plus petites que la tête. Par ailleurs, ils sont différenciés des autres *Ceratopogonidae* grâce à la forme générale du corps, la disposition des nervures alaires (notamment la présence de deux cellules radiales ayant approximativement la même taille et la nervure médiane M2 qui ne touche pas la M1) (Belkhrchouche ,2014). Les *Culicoides* sont généralement caractérisé par leurs ailes tachetée qui à nous ont permis de distinguer ces moucheron facilement.

L'identification morphologique des différentes espèces de *Culicoides* est basée sur l'examen à la loupe binoculaire des dessins alaires. Les espèces difficilement identifiables sont éclaircies dans un mélange d'alcool/phénol, puis disséquées à l'aide d'une fine aiguille. La tête, les ailes et les derniers segments abdominaux des femelles, ou hypopygium des mâles sont ensuite montés individuellement entre lames et lamelles dans une goutte de Baume du Canada. Après cette étape de montage suit une étape d'identification qui est délicate et fastidieuse. Elle consiste en la reconnaissance des différentes espèces et pour ce faire chaque *Culicoides* est étudié individuellement à l'aide d'un microscope de haute qualité couplé à une caméra pour faciliter d'identification.

Plusieurs clés d'identification ont été utilisées en fonction des espèces rencontrées et de leur appartenance sub-générique ou de groupe morphologiquement, certaines espèces sont difficilement distinguables (individus morphologiquement semblables) pour cette raison, les données pour ces espèces sont combinés et présentée sous le taxon ou le complexe comme dans notre cas « *Obsoletus* complexe ».

L'étape d'identification des *Culicoides* s'est déroulée au sein de Selcuk université, Faculté de médecine vétérinaire, Département de parasitologie, Konya-Turquie. En collaboration avec le professeur « DIK Bilal ».

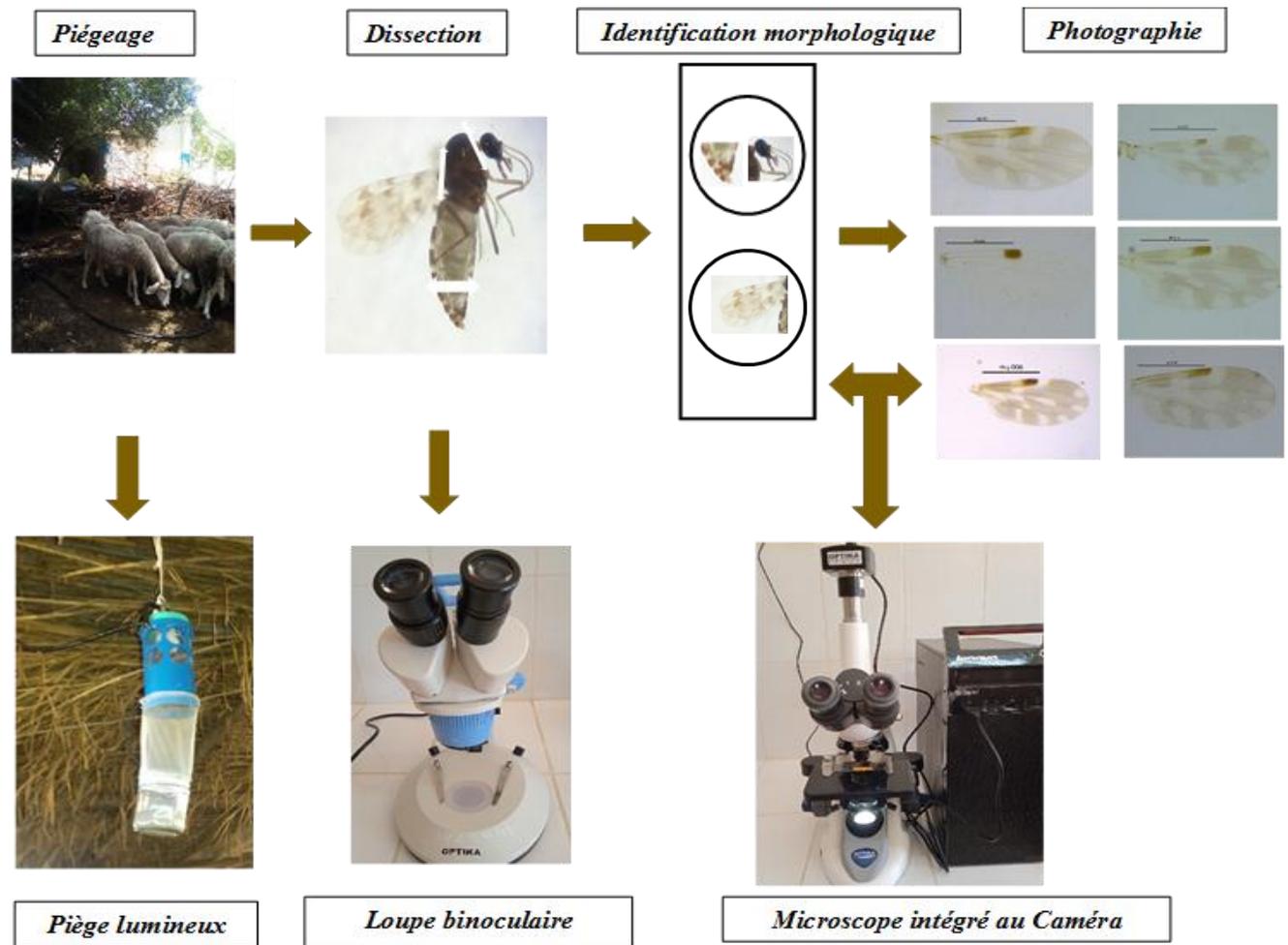


Figure 28 : Les étapes d'identification des *Culicoides*.

4.2.2. Identification des phlébotomes

La détermination des phlébotomes passe par les étapes suivantes

4.2.2.1. Eclaircissement

Les phlébotomes conservés sont versés dans une boîte de pétri en verre munie d'un couvercle dans laquelle s'effectueront toutes les manipulations, après le soutirage d'alcool à l'aide d'une pipette Pasteur.

Nos phlébotomes sont ensuite passés par les suivants bains successifs

- 4 à 8 heures dans la solution de potasse à 10%
- 4 bains, de 15 minutes chacun, dans l'eau jusqu'à élimination totale de la potasse
- Au moins 1 heure dans le liquide de Marc-André qui est composé principalement selon Abonnenc (1972) de ces trois produits

- 30 ml d'eau distillée
- 40 g d'hydrate de chloral
- 30 ml d'acide acétique cristallisable (Boussaa ,2008).

Une conservation prolongée des phlébotomes dans le liquide de Marc-André ne présente pas d'inconvénient.

4.2.2.2. Montage et dissection

Pour le montage, chaque phlébotome est placé individuellement dans un porte-objet (lame), puis renverser une goutte de la gomme au chloral sous la loupe binoculaire. Les phlébotomes sont ensuite disséqués soigneusement avec de fines épingle entomologiques dans quatre parties, la tête est bien détachée du reste du corps, les autres parties (thorax-pattes, ailes et abdomen) sont placées et réparties dans la goutte en adoptant l'orientation et la position les plus correctes pour enfin la recouvrir d'une lamelle en évitant la formation de bulles d'air à l'intérieur. Un seul échantillon est monté dans chaque préparation.

La solution de montage utilisée dans ce travail a été la gomme au chloral, qui est préparé en laboratoire en mélangeant ce qui suit produits :

- 10 ml d'eau distillée
- 74 g d'hydrate de chloral 74 g
- 8 g gomme arabique pulvérisée 8 g
- 5 g de sirop de glucose à 98%
- 3 ml d'acide acétique cristallisable (Boussaa ,2008).

Chaque préparation microscopique doit se passer correctement étiquetés, fournissant au moins les données de localisation, date de capture, sexe et collection pour un seul échantillon est monté dans chaque préparation.

Enfin, ceux-ci sont soit conservés dans une étuve à 45° C pendant environ 15 jours, soit on les laisse sécher en plein air à l'abri de la poussière, les spécimens étant ainsi prêt à être étudié au microscope optique.

4.2.2.3. Identification morphologique

Tous les spécimens ont été identifiés utilisant les clés morphologiques décrites par Abonnec (1972), Dedet et al., (1984), Killick-Kendrick et al., (1991), Berchi et al., (2007), Bounamous et al., (2008) et Bounamous (2010) basée principalement sur les génitalia mâle et femelle, et sur la tête (antennes) notamment les pièces buccales (pharynx, le cibarium).

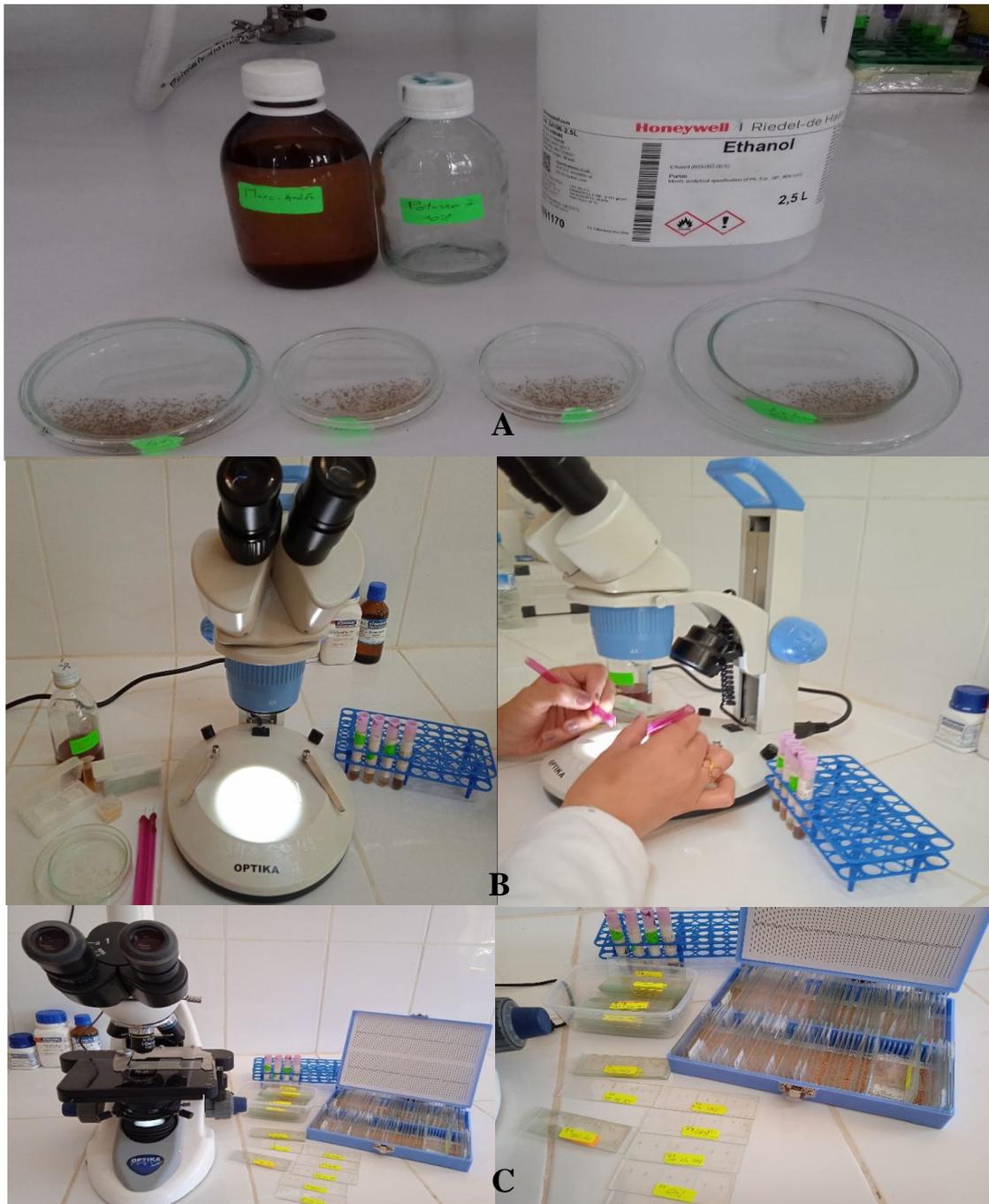


Figure 29 : Les étapes de l'identification des phlébotomes ; (A) l'éclaircissement des spécimens ; (B) la dissection des phlébotomes sous la loupe binoculaire ; (C) l'identification morphologique des phlébotomes à l'aide d'un microscope optique (photos originales).

5. Étude écologique

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

5.1. Abondance relative (AR %)

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

$$\text{RA \%} = \text{ni} / \text{N} \times 100$$

ni= le nombre de spécimens pour chaque espèce ;

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

Occurrence ou degré de présence (C)

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

$$\text{C (\%)} = \text{Pi} / \text{P} \times 100$$

pi :nombre de relevés contenant l'espèce étudiée.

p :nombre total des relevés effectués.

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

5.3. Richesse spécifique (RS)

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

5.4. L'indice de diversité de Simpson (IS)

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

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

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

5.5. Équitabilité (E)

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

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

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

6. Analyses statistiques

6.1. Pour les *Culicoides*

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées sous R version 4.1.2 (R Foundation for Statistical Computing). Pour tester les différences significatives dans la composition de la communauté *Culicoides* entre les sites ruraux et suburbains et entre l'intérieur et l'extérieur des étables ainsi que pour évaluer un effet possible de l'élévation sur la composition de la communauté culicoidienne, nous avons mis en œuvre une analyse de variance multivarié epermutationnelle (PERMANOVA) et ordination de la mise à l'échelle multidimensionnelle non métrique (NMDS) à l'aide des fonctions `adonis` et `metaMDS`, respectivement, du package végétalien (Oksanen et al., 2020). Le NMDS a été exécuté sur la base des similitudes Bray-Curtis en utilisant la transformation de la 4^e racine pour réduire le poids des espèces abondantes. Pour regrouper des sites similaires en clusters en fonction des occurrences et de l'abondance des espèces de *Culicoides*, nous avons appliqué une analyse de clustering hiérarchique agglomérative à l'aide de la fonction `hclust`. De plus, nous avons utilisé un diagramme de cordon pour illustrer la distribution des espèces à travers la relation entre l'abondance des espèces de *Culicoides* et les sites d'échantillonnage.

Nous avons utilisé la fonction gg entre les statistiques du package de parcelles ggstats (Patil, 2021), pour comparer les indices de diversité taxonomique (SR, IS, E) entre les sites ruraux et suburbains et entre l'intérieur et l'extérieur des étables. La fonction de tracé ggstats a l'avantage de créer des graphiques avec des détails à partir de tests statistiques inclus dans les tracés eux-mêmes. L'effet de l'altitude d'échantillonnage du site sur chaque indice de diversité a également été examiné à l'aide d'un modèle de régression linéaire. Les résidus du modèle ont été inspectés pour assurer l'homoscédasticité et la normalité. Enfin, les corrélations entre les abondances mensuelles des espèces de *Culicoides* collectées et les variables climatiques mensuelles (température moyenne de l'air, précipitations et humidité relative), et la relation entre les abondances des espèces de *Culicoides* et l'altitude ont été évaluées à l'aide du coefficient de corrélation de Spearman.

5.6. 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 23 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.

Résultats et discussion

Chapitre III : Résultats et discussion

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

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

Durant les années 2018-2019 de Juin à Septembre, des captures de *Culicoides* se sont déroulées sur 15 sites municipaux localisés dans la région de Mila du nord-est algérien. Un total de 1046 spécimens sont capturés et identifiés, dont 1024 femelles et 22 mâles.

L'inventaire faunistique a révélé, que l'ensemble des spécimens collectés appartenant à la famille des Ceratopogonidae et le genre des *Culicoides*, est divisé sur neuf sous-genres et 22 espèces. La liste systématique des espèces recensées est rapportée comme suit (tab.13).

Tableau 13 : Liste globale des espèces de *Culicoides* récoltées dans la région de Mila.

Famille	Sous-famille	Genre	Sous- genre	Espèces
<i>Ceratopogonidae</i>	<i>Ceratopogoninae</i>	<i>Culicoides</i>	<i>Avaritia</i>	<i>C. imicola</i> Kieffer, 1913
				<i>C. obsoletus complex</i> (Meigen, 1818)
			<i>Beltranmyia</i>	<i>C. circumscriptus</i> Kieffer, 1918
			<i>Culicoides</i>	<i>C. newsteadi</i> Austen, 1921
				<i>C. fagineus</i> Edwards, 1939
				<i>C. pulicaris</i> Linné, 1758
				<i>C. panctatus</i> (Meigen, 1804)
			<i>Monoculicoides</i>	<i>C. puncticollis</i> Becker, 1903
				<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. santonicus</i> Callot, Kremer, Rault et Bach, 1966
				<i>C. simulator</i> Edwards, 1939
				<i>C. kurensis</i> Dzhafarov 1960
			<i>Selfia</i>	<i>C. schultzei</i> (Enderlein, 1908)
				<i>C. odiatus</i> Austen, 1921
			<i>Sensicullicoides</i>	<i>C. gejjelensis</i> Dzhafarov, 1964
			<i>Silvaticulicoides</i>	<i>C. subfascipennis</i> Kieffer, 1919
				<i>C. puctiratus</i> Kremer et Déduit, 1961
			<i>Synhele</i>	<i>C. ravus</i> de Meillon, 1936
			<i>SAG</i>	<i>C. albican</i> Winnertz, 1852

Les informations sur l'abondance et la composition spécifique du genre *Culicoides* en Algérie sont rares. Pour cela la présente étude a exposé la composition et la diversité des espèces *Culicoides* dans la région de Mila. OÙ de la liste de contrôle des 59 *Culicoides*, rapporté en Algérie (Belkharchouche et al., 2020), 22 espèces sont capturées et identifiées à savoir : *C. albicans*, *C. circumscriptus*, *C. fagineus*, *C. gejjelensis*, *C. imicola*, *C. kurensis*, *C. longipennis*, *C. newsteadi*, *C. panctatus*, *C. nubeculosus*, *C. obsoletus complexe*, *C. odiatus*, *C. parroti*, *C. puncticollis*, *C. puctiratus*, *C. pulicaris*, *C. ravus*, *C. sahariensis*, *C. santonicus*, *C. schultzei*, *C. simulator*, *C. subfascipennis* dans la région de Mila. 20 sont recouru parmi les 59 espèces qui déjà décrites alors que les deux espèces restants, (*C. albicans* et *C. nubeculosus*) n'avaient jamais été signalés auparavant en Algérie (Djeral et Delécolle, 2009 ; Berrayah et al., 2020 ; Belkharchouche, 2021), ni dans les pays voisins comme 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).

La présente étude a confirmé la grande diversité des espèces de *Culicoides* (22 espèces) par rapport à la superficie de notre région d'étude qui considéré relativement petite. Cette grande diversité pourrait être interprétée par la présence de sites de reproduction potentiels et propices et de matière organique humide à proximité des sites d'échantillonnage. Nos résultats concordent avec des enquêtes récentes dans la province de Tiaret (ouest de l'Algérie) où plus de 30 espèces de *Culicoides* ont été identifiées (Belkharchouche et al., 2020). Nos résultats se rapprochent de ceux de (Djeral et Delécolle, (2009) et Berrayah et al., (2020) qui a recensé 47 et 14 espèces respectivement à travers plusieurs régions du territoire algérienne.

3.1.2. Description des espèces recensées

3.1.2.1. *Culicoides albicans* Winnertz, 1852

Espèce de taille moyenne environ 2 mm (Dellecole, 1985). *Culicoides albicans* présente en Autriche, Biélorussie, Belgique, Grande-Bretagne, Russie d'Europe centrale, Danemark continental, Paléarctique oriental, Estonie, France continentale, Allemagne (Fauna Europaea, 2010). Cette espèce n'a jamais été signalée auparavant, ni en Algérie ni dans les pays voisins, comme le Tunisie et le Maroc (Djeral et Delécolle, 2009 ; Lhor et al., 2015 ; Slama et al., 2015 ; Sghaier et al., 2017 ; Slama et al., 2017 ; Bourquia et al., 2019 ; Berrayah et al., 2020 ; Bourquia et al., 2020 ; Belkharchouche, 2021). *C. albicans* n'a pas encore été classé comme vecteur de BTV en Afrique du Nord et en Méditerranée (Bell-Sakyi et al., 2020).

▪ **Description morphologique de la femelle de *C. albicans***

- Aile claire sans taches. Macrotriches abondantes sur toute la surface alaire (**a**), très rarement présents dans la cellule basale.
- Yeux non pubescents, fréquemment soudés sur une courte longueur (**b**). Ils peuvent parfois être séparés par un espace très étroit.
- Antenne avec sensilles coeloconiques sur les articles 3, 11 à 15, exceptionnellement présentes sur les articles 4 et 9. Présence d'une seule sensille trichoïde courte sur les articles 4 à 10. Présence en général de six sensilles chétiformes sur chacun des articles 4 à 15.
- Troisième palpe maxillaire modérément renflé présente dans son tiers distal une encoche, où l'on distingue une fossette sensorielle polycyclique (**c**).
- Pièces buccales, les mandibules et les maxilles sont dépourvues de dents. Ce caractère très important permet de reconnaître très facilement cette espèce.
- Présence de deux spermathèques fonctionnelles ovoïdes (**d**), et d'une rudimentaire (**e**).

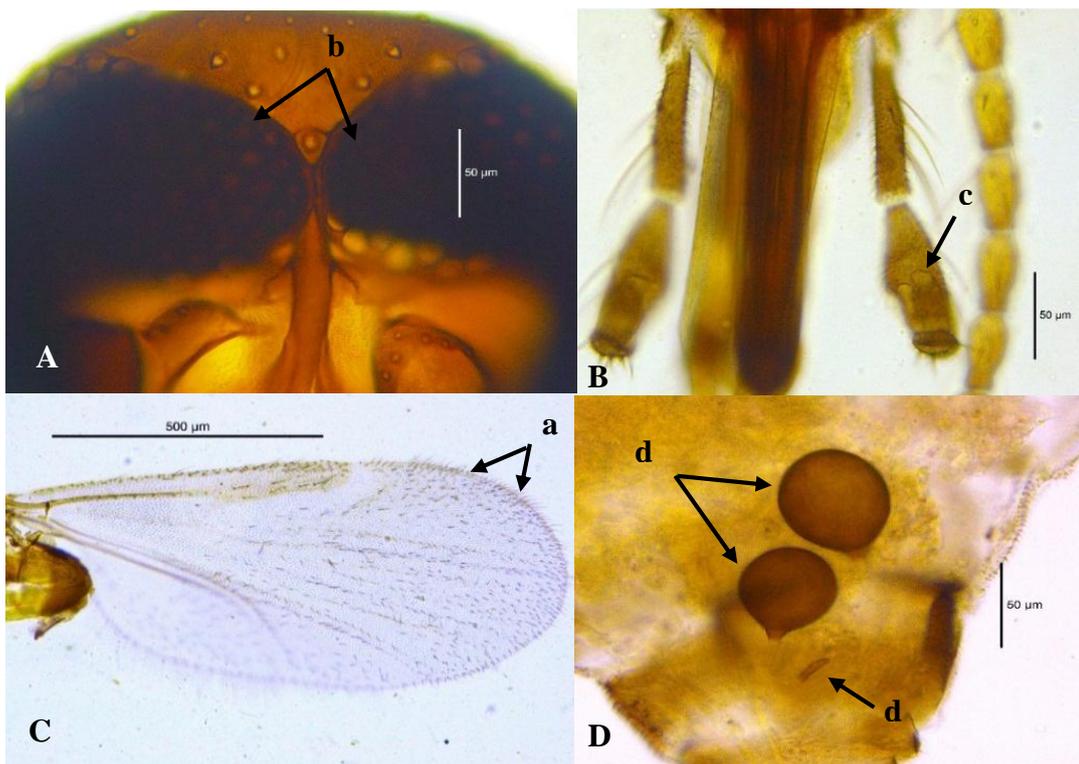


Figure 30 : Critères d'identification morphologique de *C. albicans* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

3.1.2.2. *Culicoides circumscriptus* Kieffer, 1918

Espèce avec un motif alaire et des caractères morphologiques caractéristiques, qui ne ressemblent à aucune autre espèce, elle a une taille de 2,2 mm ; ail : 1,6 mm (González et Goldarazena, 2011). *C. circumscriptus* présente dans une grande variété d'habitats, les larves de cette espèce ont été trouvées dans de la boue riche en matières organiques (Uslu et Dik, 2010), en particulier dans la boue autour des barrages, la boue des eaux stagnantes et les petites mares. Ces habitats sont tous exposés à ciel ouvert et donc à une forte intensité lumineuse et riches en matière organique, à faible pH et conductivité électrique. Il est probable qu'il se nourrisse du sang des oiseaux (Foxi et Delrio, 2010), et qu'il soit peut-être autologue, du moins lors de sa première couvée. Kieffer (1923) a signalé qu'il s'agissait d'une espèce de mammifère. Dzhafarov (1964) a capturé des femelles sur des chevaux, des buffles et des crapauds. *C. circumscriptus* répandue principalement dans les Paléarctique, Proche-Orient, Région orientale, Nord et zone tropicale de l'Afrique. En Europe de l'Irlande à la Russie (Fauna Europaea, 2010). Présent en Espagne (répartis sur tout le territoire), au Portugal (González et Goldarazena, 2011), en Algérie (Berrayah et al., 2019 ; Belkherchouche et al., 2020), 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 *C. circumscriptus*

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

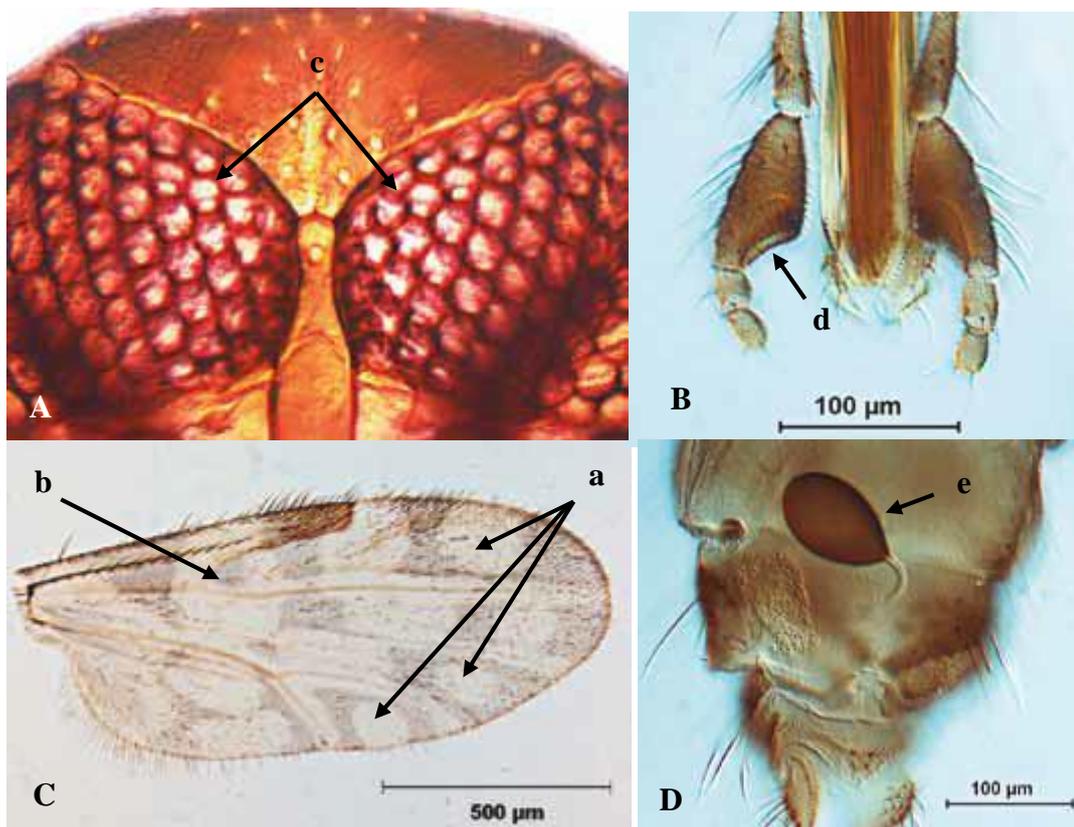


Figure 31 : Critères d'identification morphologique de *C. circumscriptus* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).

3.1.2.3. *Culicoides fagineus* Edwards, 1939

Espèce de taille moyenne (Dellecole, 1985), 1,8 mm ; aile : 1,3 mm. Les adultes *C. fagineus* ont été capturés émergeant d'une litière humide de hêtre en Angleterre (González et Goldarazena, 2011). Alors que les larves ont été signalées dans des trous d'arbres, ainsi que dans des endroits humides tels que la sève d'orme et près des racines des arbres (Dzhafarov, 1939). Kremer (1965) et Sánchez-Covisa et al., (1979) ont trouvé des larves dans des trous de *Quercus ilex* dans le nord de la France et le centre de l'Espagne, respectivement. Cette espèce semble dépendre de la présence de grands trous d'arbres permanents et est assez commune dans les captures avec des pièges lumineux (IAH, 2010 ; González et Goldarazena, 2011). Cette espèce est répandue dans les régions Paléarctique, Proche-Orient et Afrique du Nord. En Europe de la Grande- Bretagne à la Russie ; il peut manquer dans certains pays (Fauna Europaea, 2010). Présente aussi dans la région méditerranéenne citons l'Espagne, le Portugal (González et Goldarazena, 2011), le Maroc (Bourquia et al., 2019), et l'Algérie (Belkharouch et al., (2020).

▪ Description morphologique de la femelle de *C. fagineus*

- Ailes avec des taches sombres bien délimitées (a), avec des macrotriches non abondantes.
- Yeux soudés et non pubescents (b).
- Présence d'un pharynx ornementation cibariale pharyngée, sous forme de petites épines (c), avec trou d'insertion couvrant toute la largeur du cibarium.
- Antenne avec présence constante de sensilles coeloconiques sur les articles 3 et 11 et 15.
- Troisième palpe maxillaire fin et subcylindrique (d), avec de multiples petites fosses sensorielles réparties sur toute la largeur du cibarium.
- Deux spermathèques ovoïdes fonctionnelles (e), de taille égale et une rudimentaire (f).

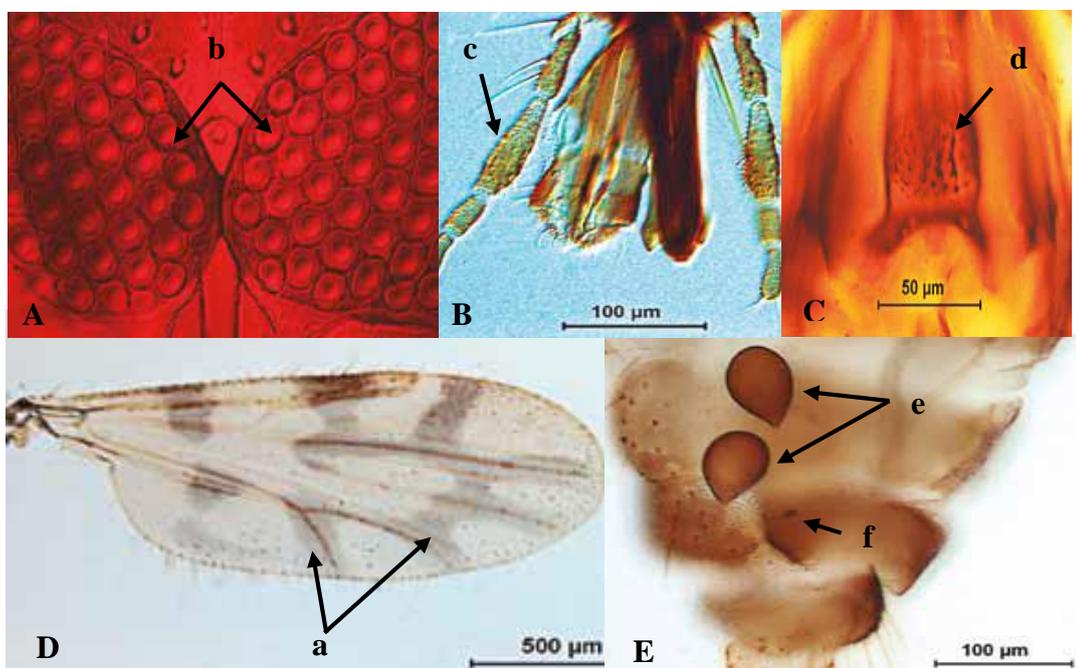


Figure 32 : Critères d'identification morphologique de *C. fagineus* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) pharynx ; (D) Aile ; (E) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).

3.1.2.4. *Culicoides gejgelensis* Dzhafarov, 1964

Espèce de taille moyenne : 2 mm ; aile : 1,3 mm (González et Goldarazena, 2011). Les espèces de *C. gejgelensis* se reproduit dans la boue avec peu de matière organique près des cours d'eau, dans la boue autour des barrages, dans la boue des roselières (Uslu, 2003). Elle est répartie généralement dans les régions Paléarctique, Proche-Orient et Afrique du Nord. Dans l'Europe actuelle France, Corse, Italie, Sicile, Croatie, Bosnie, Ukraine et bordure de la Russie (Fauna

Europaea, 2010). En Espagne, il est signalé en Andalousie (Mellor et al., 1983). Présent au Portugal, l'Algérie, le Maroc et la Tunisie (González et Goldarazena, 2011 ; Slama et al., 2017 ; Sghaier et al., 2017; Bourquia et al., 2020; Belkharchouche et al., 2020).

▪ **Description morphologique de la femelle de *C. gejjelensis***

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

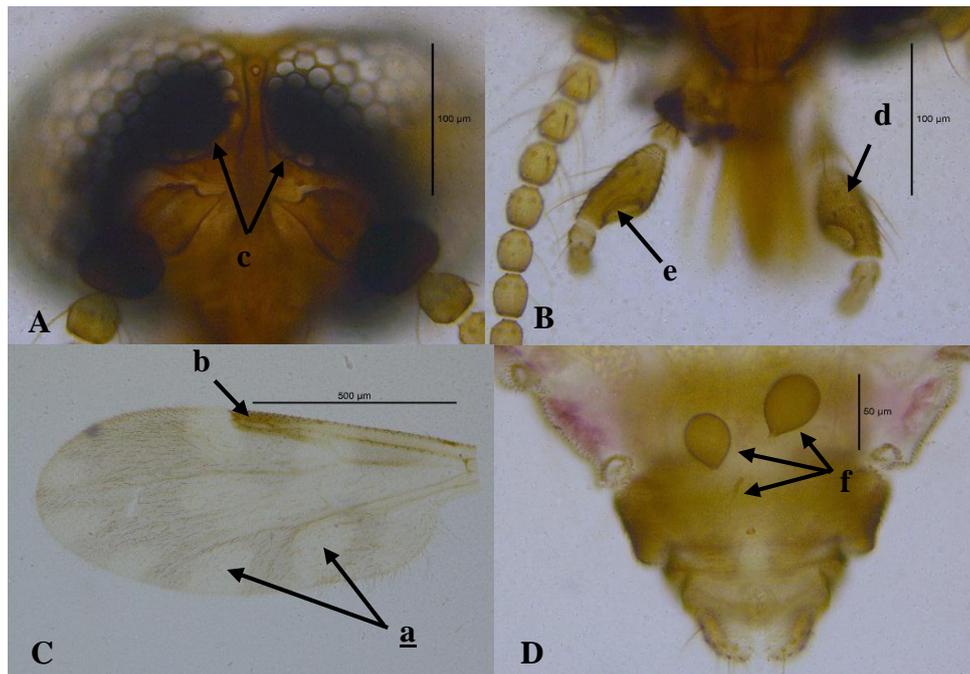


Figure 33 : Critères d'identification morphologique de *C. gejjelensis* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

3.1.2.5. *Culicoides imicola* Kieffer, 1913

L'aile de cette espèce mesure 1,1 mm (González et Goldarazena, 2011). Les larves de *C. imicola* se reproduisent dans les zones humides des microhabitats boueux qui ne se gorgent pas

d'eau. On les trouve donc sur les rives et les étangs, ainsi que sur les bords des étangs contaminés par des fèces animales (Foxi et Delrio, 2010). Elles se nourrissent de matières organiques, principalement des bactéries et des protozoaires. Dans des conditions optimales, il faut 15 jours pour se transformer en adultes, mais leur cycle peut durer jusqu'à plusieurs mois, passant l'hiver sous forme de larve, en état de diapause. Les adultes vivent environ 20 jours, mais selon les conditions environnementales, ils peuvent vivre plus de 90 jours. La copulation a lieu en vol, formant de grands essaims où mâles et femelles s'accouplent. Leur activité de mai-juin à novembre-décembre, avec un pic de population d'août à octobre. Dans les régions plus chaudes, il peut y avoir des adultes les adultes volent presque toute l'année, bien qu'en nombre réduit (González et Goldarazena, 2011). *Culicoides imicola* occupe les régions de Proche-Orient, région orientale, Afrique du Nord et tropicale. En Europe, il est présent au Portugal et dans les pays méditerranéens comme l'Espagne, France continentale, Corse, Italie, Grèce, Israël, Chypre, Turquie, en cours d'extension aux pays limitrophes. , il est particulièrement abondant dans le sud-est et le centre jusqu'à Madrid. Dans la région méditerranéenne, au Maroc, la Tunisie et en Algérie (Djeral1 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). Cette espèce à une importance médico-vétérinaire très importante en tant que vecteur prouvé de la fièvre catarrhale du mouton en Afrique, au Moyen-Orient, en Asie du Sud-Est et en Europe du Sud (Anthony et al. 2010). En outre, il transmet la peste équine, la maladie hémorragique épizootique et le virus Akabane (González et Goldarazena, 2011).

▪ Description morphologique de la femelle de *C. imicola*

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

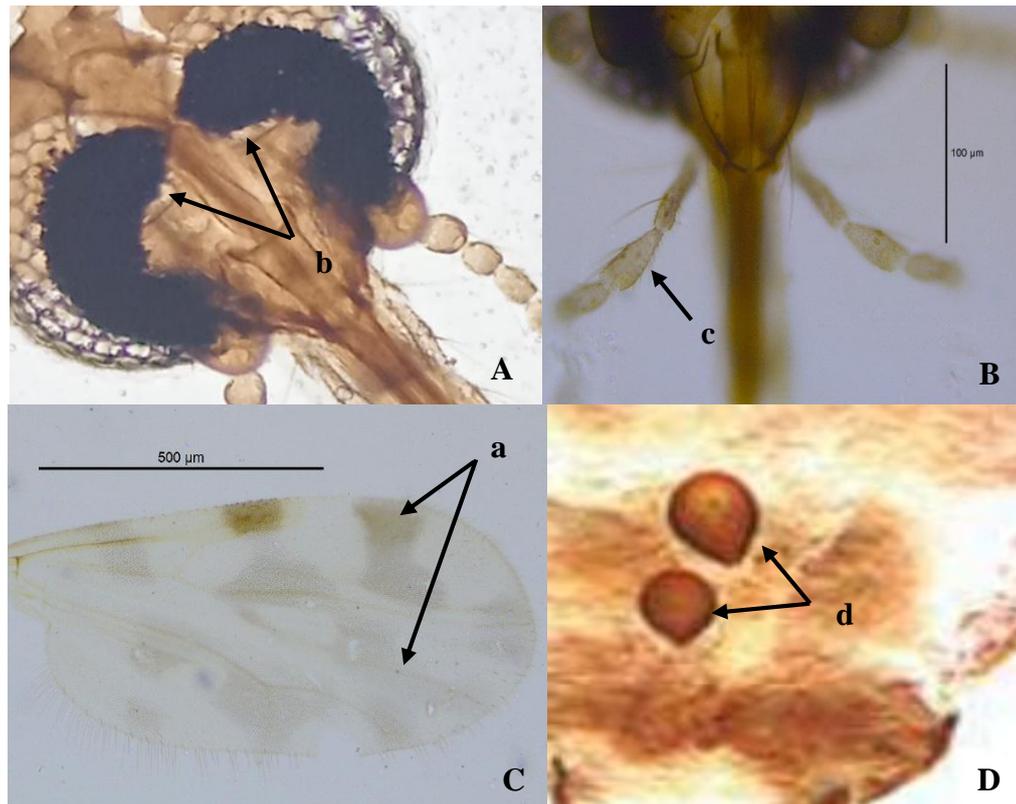


Figure 34 : Critères d'identification morphologique de *C. imicola* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

3.1.2.6. *Culicoides kurensis* Dzhafarov 1960

Les ailes de cette espèce mesurent : 1,1 mm. Les femelles présentent un bon développement des pièces buccales. Elle occupe les régions Paléarctique, Proche-Orient et Afrique du Nord. En Europe (Chypre, Corse, Grèce, Italie continentale, Sicile) (González et Goldarazena, 2011), Portugal (Capela et al., 1993) et en Espagne en Andalousie. Espagne en Andalousie (Mellor et al., 1983), et en Catalogne (Sarto Monteys et al., 2009). Elle est déjà signalé en Afrique du Nord citons l'Algérie, la Tunisie et le Maroc (Sghaier et al., 2017; Bourquia et al., 2019; Belkharchouche et al., 2020).

- **Description morphologique de la femelle de *C. kurensis***

- Ailes marron avec une tache qui englobe la zone 1 et la veine r-m, dispose de quatre taches longitudinales, l'une en dessous de l'autre dans la zone 2, la partie basale de M1, partie basale de M2 et en Cu. Dans certains spécimens, des taches peuvent également être observées dans M qui se joignent à r-m et à la cellule An. Parfois, ces taches ils sont difficiles à observer. Macrotriches abondantes sur la surface de l'aile en particulier sur la zone distale supérieure (González et Goldarazena, 2011).

-Yeux séparés et non pubescents (**b**).

- Antennes à sensilles celloconiques de répartition variable distribué dans les articles 3 et 7 à 14, occasionnellement également dans les articles 5 et/ou 6 (parfois chez le même individu il y a une répartition différente entre les deux antennes).

- Troisième palpe maxillaire volumineux avec une grande fosse sensorielle de contour délimité (**c**).

- Deux spermathèques fonctionnelles ovoïdes très chitinisées sans pédicelle et une spermathèque rudimentaire (**d**).

- Thorax marron foncé.

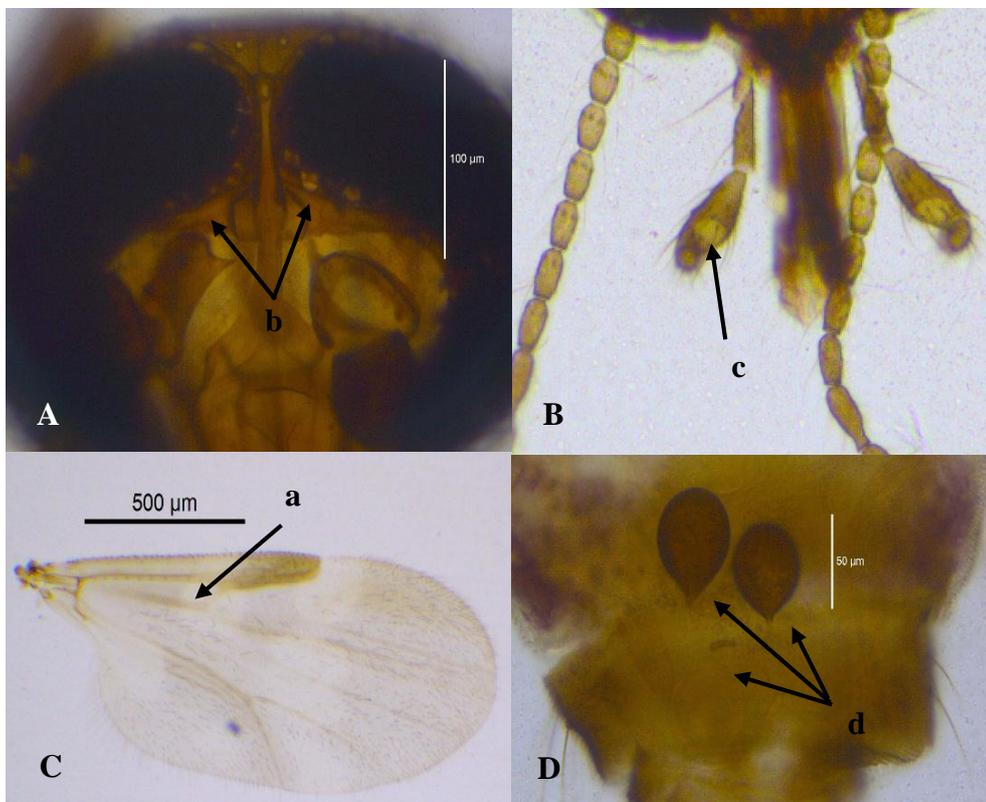


Figure 35 : Critères d'identification morphologique de *C. kurensis* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

▪ **Description morphologique du mâle de *C. kurensis***

- Neuvième tergite (**a**), avec deux processus apicolatéraux mi-développés (**b**). Il a une suture centrale. Neuvièmes sternites légèrement sillonnés et sans membrane basale spiculée. Apodemes (coccyx ventral) longs et légèrement recourbés (**c**).

- Corps d'édéage est petit, de forme carrée et bien chitinisé (**d**). Paramères séparés se terminant par un sommet pointu et incurvé (**e**).

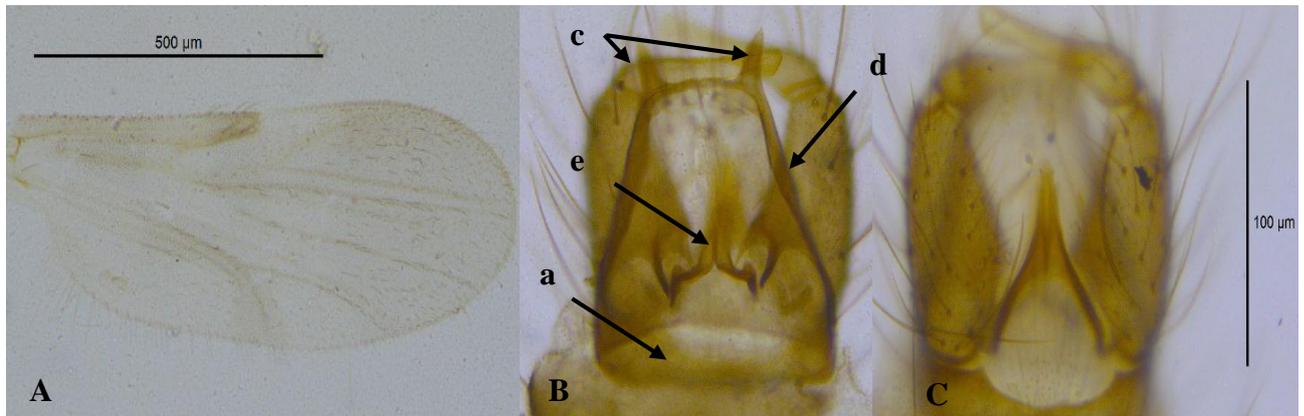


Figure 36 : Critères d'identification morphologique de *C. kurensis* ♂ ; (A) Aile ; (B) Génitalia ; (C) Edéage (photos originales).

3.1.2.7. *Culicoides longipennis* Khalaf, 1957

L'aile *C. longipennis* mesure : 1 mm (González et Goldarazena, 2011). Les larves ont été trouvées dans des zones boueuses avec des fèces près des réservoirs d'eau et sur le sol aux réservoirs d'eau et dans les sols sans matière organique (Uslu et Dik, 2010). Les femelles présentent un bon développement des pièces buccales. Cette espèce occupe les régions Paléarctique et Proche-Orient. En Europe, présent en France et en Corse, Italie continentale, Grèce, Bulgarie, Croatie, Bosnie-Herzégovine, Ukraine, Russie et Chypre (Fauna Europaea, 2010). En Espagne présent en Andalousie (González et Goldarazena, 2011), Madrid (Gil Collado et Sahuquillo Herráiz, 1983) et la Catalogne (Sarto Monteys et al., 2009). Présent au Portugal, Algérie, Tunisie et au Maroc (González et Goldarazena, 2011 ; Sghaier et al., 2017; Bourquia et al., 2019; Belkharouché et al., 2020).

▪ Description morphologique de la femelle de *C. longipennis*

- Aile a des caractéristiques bien définies. Avec des taches sur les parties distales de R5, M1, M2, Cu et une anal bilobé. Avec des taches dans la zone 2 et une grande tache englobant la zone 2, de façon très nette englobant la zone 1, la veine r-m et une autre dans M pratiquement jointe à la tache r-m. Tache claire dans la partie basale de M1 et une petite mais perceptible au-dessus de la veine cu juste à l'endroit où la veine cu subdivisé en cu1 et cu 2. Enfin, il existe une tache sur l'arcule et la partie basale anale. Macrotriches peu abondantes sur la surface de l'aile (**a**).

- Les yeux sont peu espacés et non pubescents (**b**). Il y a une suture très fine qui joint les yeux en leur centre.
- Antennes avec sensilles céloconiques bien peuplées sur les articles 3 à 10, avec deux épines postpharyngiennes insérées sur leur protubérance correspondante.
- Troisième palpe maxillaire volumineux avec une fossette sensoriel large de contour délimité (**c**).
- Deux spermathèques ovoïdes fonctionnelles avec un pédicelle très bien développé (**d**), et une petite spermathèque rudimentaire digitiforme.

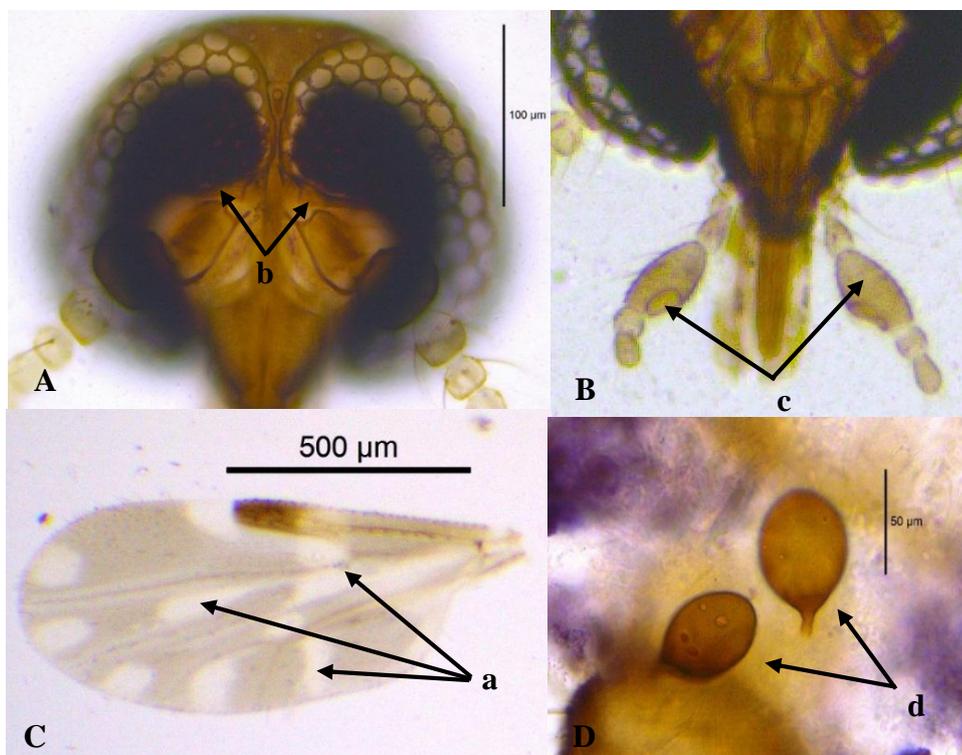


Figure 37 : Critères d'identification morphologique de *C. longipennis* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

▪ **Description morphologique du mâle *C. longipennis***

- Neuvième tergite avec deux processus apicolatéraux mi-développés et épais (**a**). Pas de suture centrale.
- Neuvième sternite avec membrane basale spiculée droite et manquante. Apodemes (coccyx ventral) relativement longs, pointus et épais à la base (**b**).

- Corps de l'édéage avec aspect triangulaire, très allongé et se terminant en pointe(c). Paramères séparés qui portent une structure torsadée munie de dents et ayant l'apparence d'un peigne (d).

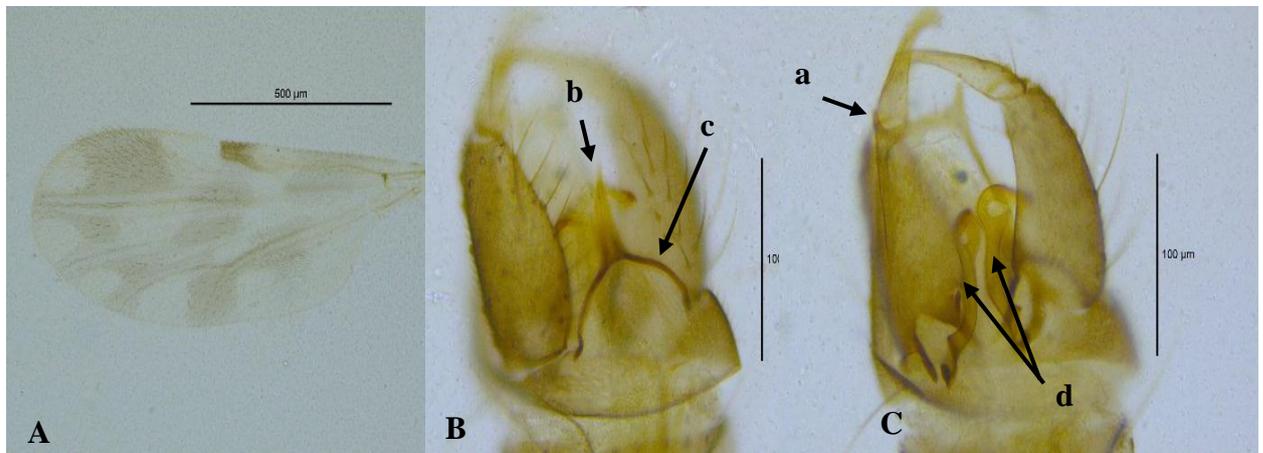


Figure 38 : Critères d'identification morphologique de *C. longipennis* ♂ ; (A) Aile ; (B) Génitalia ; (C) Edéage et paramères (photos originales).

3.1.2.8. *Culicoides newsteadi* Austen, 1921

C. newsteadi mesure environ 2,1 mm ; aile : 1,45 mm (González et Goldarazena, 2011). Elle se nourrit du sang des animaux et aussi des humains, causant de graves problèmes à certains endroits Ses larves vivent dans les bords boueux des étangs et des mares (Foxi et Delrio, 2010). Ils forment des essaims d'accouplement où les mâles et les femelles se rencontrent (Downes, 2010). Cette espèce occupe les régions : Paléarctique, Proche-Orient et Afrique du Nord. En Europe, de de l'Irlande à la Russie, elle peut être absente dans certains pays d'Europe centrale et orientale, commun en Espagne et présent au 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). En Algérie *C. newsteadi* est recensée dans les collections de Djerbal et Delécolle (2009), Belkharouch et al., (2020) et Berrayah et al., (2020). *C. newsteadi* est considérés comme des vecteurs potentiels du BTV en Algérie (Berrayah et al., 2020).

▪ Description morphologique de la femelle de *C. newsteadi*

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

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

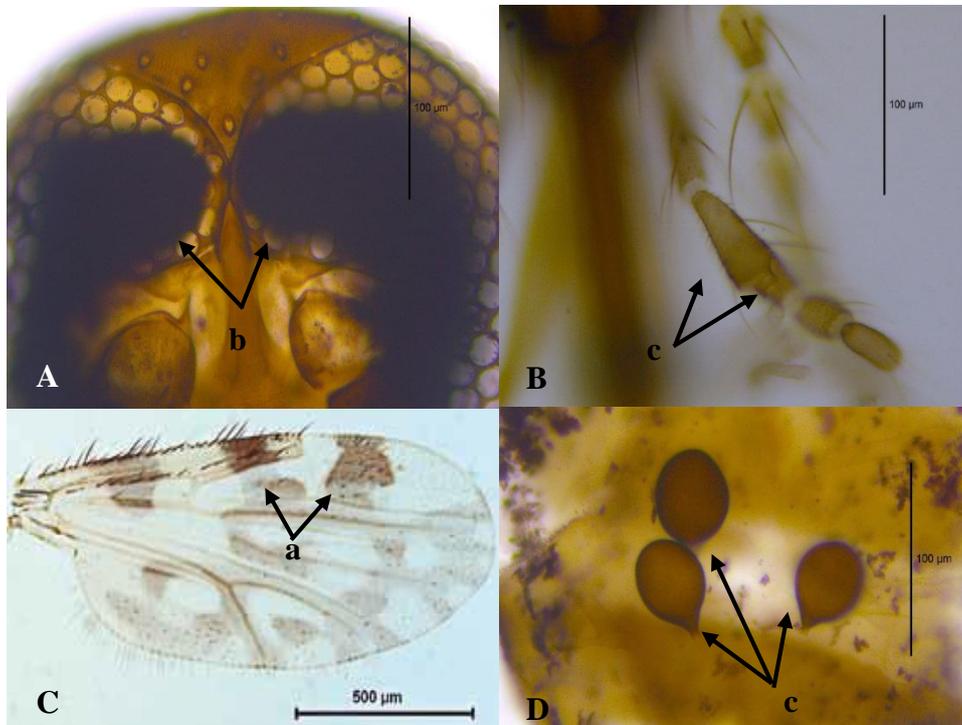


Figure 39 : Critères d'identification morphologique de *C.newsteadi* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

▪ **Description morphologique du mâle de *C.newsteadi***

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

3.1.2.9. *Culicoides nubeculosus* (Meigen, 1830)

Espèce de très grand taille 3,5 mm ; aile : 1,8 mm (González et Goldarazena, 2011). C'est une des quelques rares espèces à pouvoir être élevée en laboratoire. La taille de *C. nubeculosus* varie alors d'une génération à l'autre, pouvant être réduite d'une façon importante suivant les

conditions d'élevage (Dellecole, 1985). *C. nubeculosus* se reproduit dans la boue contaminée avec du fumier près des réservoirs d'eau et de la boue des marécages. La boue où les larves habitent a une salinité moyenne et un pH neutre. Le fumier pollué, l'eau des fermes provenait des excréments des bovins, moutons, poulets, canards et des oies (Uslu, 2003). Sa répartition renferme les régions Paléarctique, Afrique du Nord et Proche-Orient. En Europe depuis l'Irlande dans la majeure partie de la Russie (Fauna Europaea, 2010). En Espagne, il présente une large diffusion. Présent aussi au Portugal. *C. nubeculosus*, n'avait jamais été signalé auparavant en Algérie (Djerbal et Dellecolle, 2009 ; Berrayah et al., 2020 ; Belkhouche, 2021), ou dans les pays voisins comme la Tunisie (Slama et al., 2015 ; Slama et al., 2017 ; Sghaier et al., 2017, et le Maroc (Lhor et al., 2015 ; Bourquia et al., 2019, Bourquia et al., 2020). Cette espèce, est considérée comme un important vecteur de BTV (Gonzalez et al., 2013), malgré sa faible capacité vectorielle pour les virus (Ségard et al., 2017). Les espèces de *C. nubeculosus* co-infectés avec *Onchocerca cervicalis* ont une sensibilité accrue au BTV (Bell-Sakyi et al., 2020).

▪ Description morphologique de la femelle de *C. nubeculosus*

- Ailes avec un motif de taches très sombres (**a**), et contour flou. Deuxième cellule radiale très sombre (**b**).
- Yeux largement séparés et non pubescents (**c**).
- Antennes avec des sensilles celloconiques sur les articles 3 et 8 à 10.
- Troisième palpe maxillaire long et subcylindrique avec une petite fosse sensorielle peu profonde située en position apicolatérale (**d**).
- Une seule spermathèque fonctionnelle de grande taille, coudée à son extrémité antérieure où elle présente une large ouverture, suivie d'un renflement net du conduit qui a une longueur importante (**e**).
- Le thorax a une tache jaune dans le scutellum.

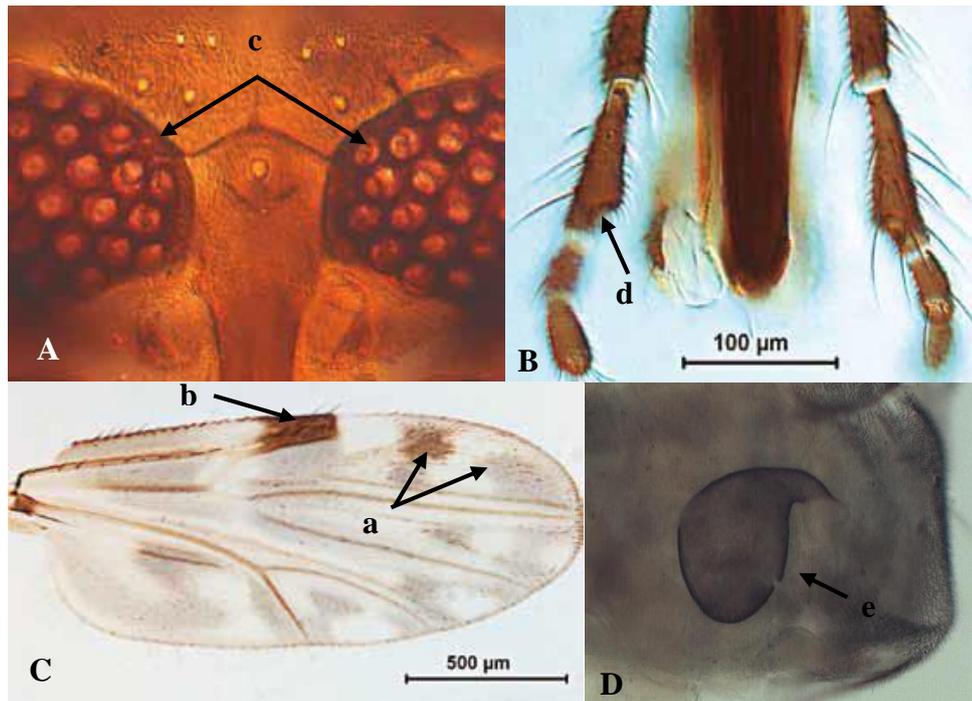


Figure 40 : Critères d'identification morphologique de *C. nubeculosus* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile (González et Goldarazena, 2011) ; (D) Spermathèques (IIKC, 2022).

3.1.2.10. *Culicoides obsoletus* (Meigen, 1818)

C'est une espèce de taille moyenne 1,9 mm ; aile : 1,09 mm (Delecolle, 1985 ; González et Goldarazena, 2011). Les larves de *C. obsoletus* ont été trouvées par Dzhafarov (1964) dans des trous d'arbres et les feuilles d'arbres humides. En 1976, le même auteur a trouvé des larves dans des dépôts d'eau stagnante et en bordure de marais à végétation arbustive. *Culicoides obsoletus* à une grande variété d'habitats, y compris les marais, les marécages, la litière de feuilles, végétation en décomposition, tas de fumier, sols organiques, sols stables (Kettle et Lawson, 1952 ; Trukhan, 1975 ; Mellor et Pitzolis, 1979). Mathieu (2005) a capturé des larves du complexe *obsoletus* dans les points d'égouttement, en bordure de la stabulaire. Zimmer et al., (2008) ont constaté que *C. obsoletus/scoticus* est abondant dans la pâte de déchets de maïs (Zimmer et al., 2010 ; González et Goldarazena, 2011). Elle occupe les régions Paléarctique, Proche-Orient, Néarctique et Afrique du Nord. En Europe de la Grande-Bretagne à la Russie et du Maroc à Israël en passant par l'Afrique du Nord (Fauna Europaea, 2010). Largement répandu et très commun en Espagne, surtout dans le nord de la péninsule, présent au 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). Les espèces de ce complexe sont généralement anthropophiles, elles sont aussi incriminés dans la transmission de la FCO

(Belkherchouche, 2021). Où le virus de la fièvre catarrhale du mouton (FCO) a été isolé de *C. obsoletus* à Chypre (Mellor et Pitzolis, 1979) et le virus de la peste équine a été isolé de a été isolé du complexe *obsoletus* (Mellor et al., 1990). Plus récemment, le virus de la fièvre catarrhale du mouton a été isolé de *C. obsoletus* et de *C. scoticus* en Italie (De Liberato et al., 2005 ; Savini et al., 2005), en Bulgarie et en Allemagne (Purse et al., 2006), et en Allemagne (Hoffmann et al., 2009). Il est actuellement considéré comme l'espèce la plus potentiellement dangereuse pour la transmission du virus de la fièvre catarrhale du mouton après *C. imicola* en Europe méditerranéenne (González et Goldarazena, 2011). En Algérie *C. obsoletus* a également été discuté comme vecteurs potentiels de la fièvre catarrhale du mouton (BTV) (Berrayah et al., 2020).

▪ **Description morphologique de la femelle de *C. obsoletus***

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

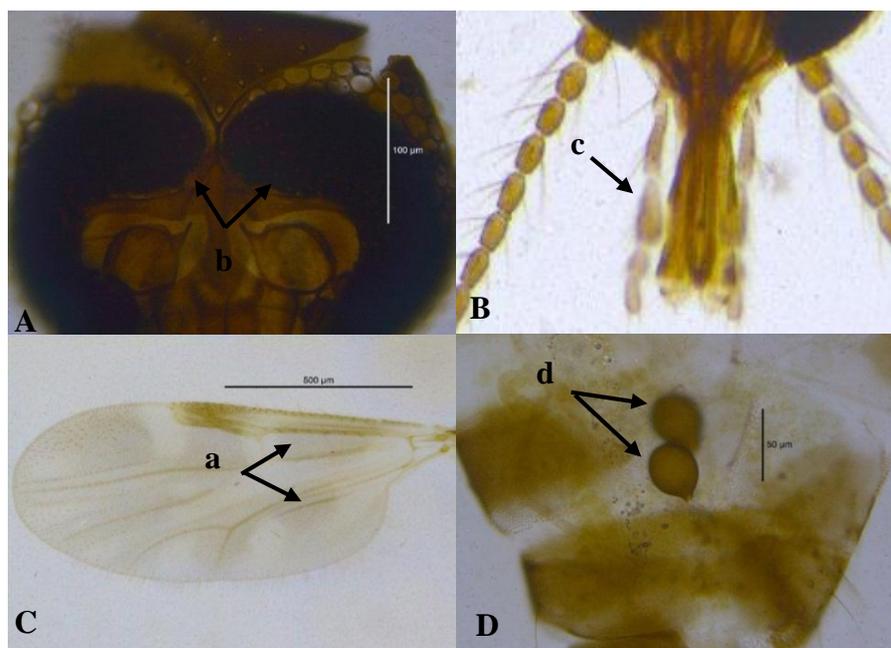


Figure 41 : Critères d'identification morphologique de *C. obsoletus* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

▪ **Description morphologique du mâle *C. obsoletus***

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

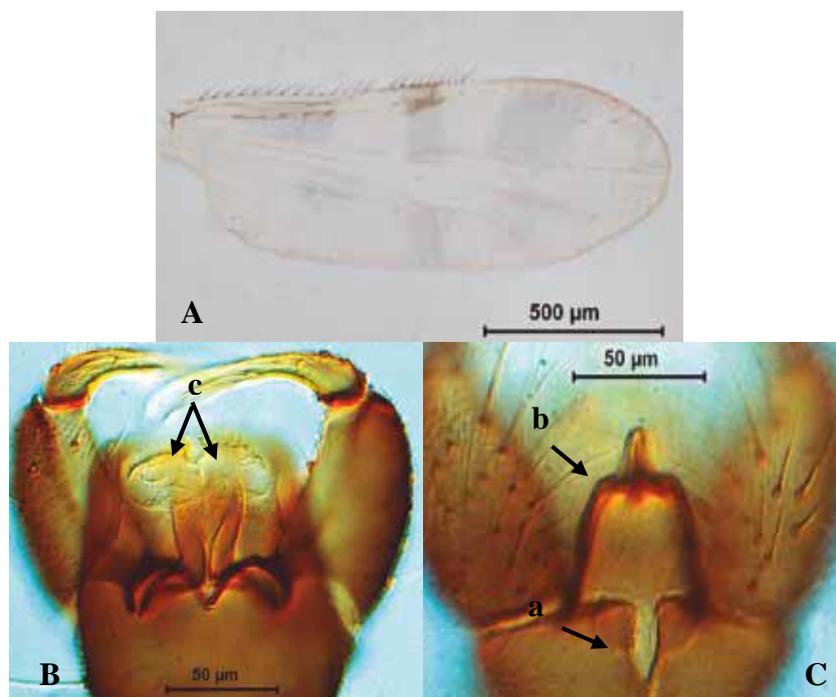


Figure 42 : Critères d'identification morphologique de *C. obsoletus* ♂ ; (A) Aile ; (B) Génitalia ; (C) Edéage (González et Goldarazena, 2011).

3.1.2.11. *Culicoides odiatus* Austen, 1921

L'aile de *C. odiatus* mesure 1,4 mm. Il s'agit d'une espèce dont le dessin des ailes est très similaire à celui de *C. kibunensis*. Les femelles de cette espèce montrent un bon développement des pièces buccales (González et Goldarazena, 2011). *C. odiatus* est largement répandue en Paléarctique, Proche-Orient, Europe et Afrique du Nord Dans l'Europe actuelle France continentale et Corse, Grèce continentale, Grèce et îles adjacentes, Italie continentale et Italie et Sicile, Bulgarie, Chypre, Ukraine et Russie (Fauna Europaea, 2010). Présente en Espagne

continentale, Portugal, 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).

▪ **Description morphologique de la femelle de *C. odiatus***

- Dans l'aile, la deuxième cellule radiale est entièrement foncée ou alternativement (a), l'apex légèrement pâle causé par le bord de la tache dans la zone 2. Dans la zone 2 et une autre petite, concise, sur la veine r-m. Occasionnellement ces taches peuvent parfois passer inaperçues. Macrotrichies abondants sur toute l'aile (González et Goldarazena, 2011).

- Yeux légèrement séparés et non pubescents (b).

- Antennes avec sensilles céloconiques sur les articles de 3 à 14.

- Troisième palpe maxillaire plutôt volumineux avec une fosse sensorielle caractéristique de forme ellipsoïde, de taille petite-moyenne, avec un aspect tronconique qui s'élargit vers l'extérieur l'intérieur du palpe (c).

- Deux spermathèques fonctionnelle sphérique foncée et bien chitinisée avec un pédicelle et un petit digitiforme rudimentaire (d).

- Thorax brun foncé

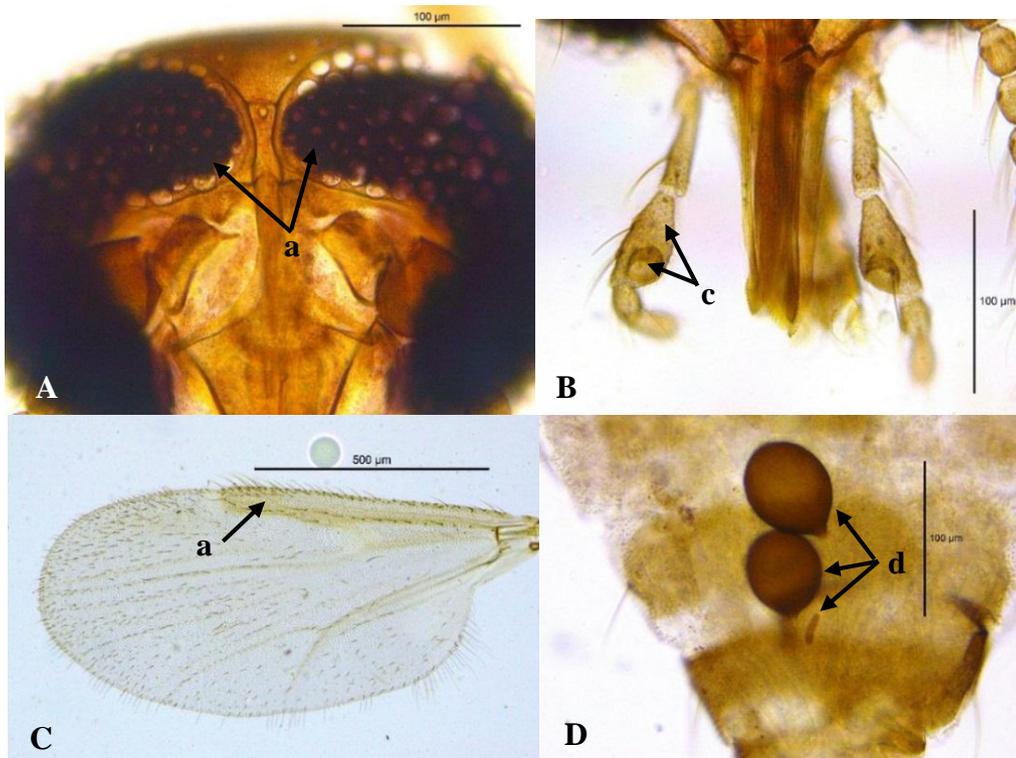


Figure 43 : Critères d'identification morphologique de *C. odiatus* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

3.1.2.12. *Culicoides parroti* Kieffer, 1922

Culicoides parroti a une taille de 2,5 mm ; aile : 1,48 mm. Les larves de cette espèce ont été trouvées parmi les algues vertes flottantes d'un petit étang. Les adultes se nourrissent généralement du sang de cheval (González et Goldarazena, 2011), des bovins (Campbell et Pelham-Clinton, 1960). En Italie, on a détecté des centaines de femelles s'alimentant les après-midi de Mai et Juin sur les chevaux, les bovins et les porcs (Gerry et al., 2009). *C. parroti* est capturé dans des matériaux prélevés de sol humide et boueux à côté d'un petit étang, du sol humide et de la boue le long des cours d'eau et des sites avec des roseaux et des joncs (González et Goldarazena, 2011). Cependant elle se reproduit dans des endroits sans matière organique (Foxi et Delrio, 2010). *C. parroti* est distribuée dans les régions Paléarctique, Proche-Orient et Afrique du Nord. En Europe, de l'Irlande à la Russie ; absente en Scandinavie et dans les pays de l'Est (Fauna Europaea, 2010). Dans la région méditerranéenne, bien représentée En Espagne, notamment en Andalousie, à Badajoz et en Catalogne (Sarto et Monteys et al., 2009). Présent 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). Jusqu'à présent, le BTV n'a pas été isolé chez cette espèce, mais il faut en tenir compte, car *C. sonorensis*, appartenant au même sous-genre, est le principal vecteur aux États-Unis (Sarto et Monteys et al., 2009).

▪ Description morphologique de la femelle de *C. parroti*

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

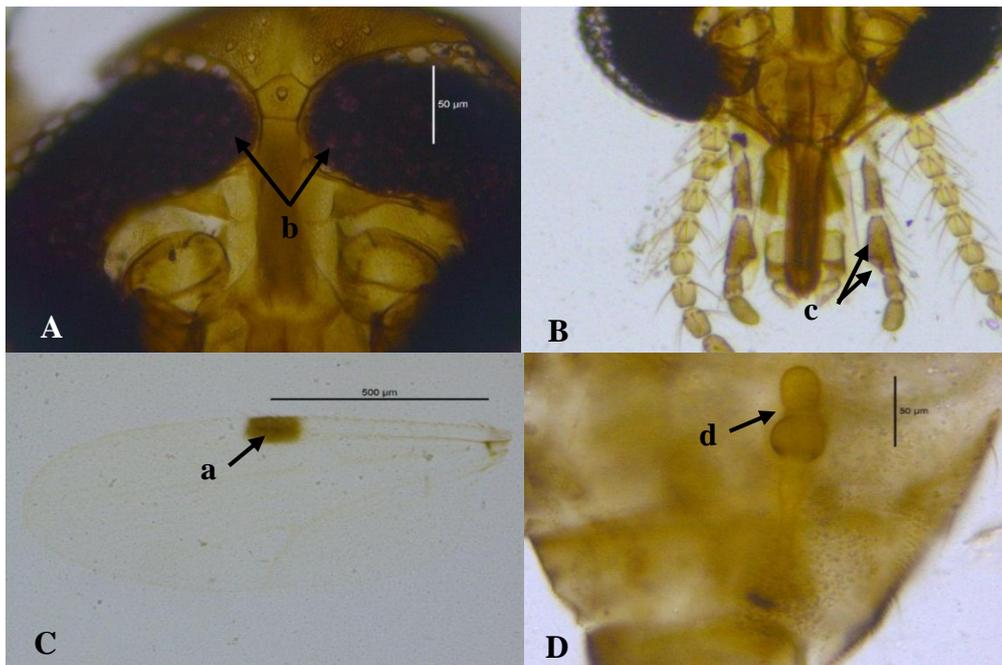


Figure 44 : Critères d'identification morphologique de *C. parroti* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

3.1.2.13. *Culicoides puncticollis* Becker, 1903

Culicoides puncticollis est une espèce d'assez grande taille 2,1 mm. Cette espèce préfère les milieux moins pollués en matières organiques (Braverman et al., 1974 ; Zimmer et al., 2014). Elle est obtenue de boues prélevées en Lorraine, à Lesey, site connu et souvent prospecté par Callot et Kremer (Dellecole, 1985). Cette espèce très commune dans le bassin méditerranéen, L'Algérie, la Tunisie et le Maroc (Sghaier et al., 2017; Bourquia et al., 2019; Belkharchouche et al., 2020 ; Berrayah et al., 2020).

▪ Description morphologique de la femelle de *C. puncticollis*

- Aile sombre à taches claires avec contour et motif de taches sombres flou. Deuxième cellule radiale plutôt sombre. Macrotriches dispersées sur l'aile.
- Yeux largement séparés et non pubescents.
- Antennes avec des sensilles céloconiques dans les articles 3 et 8 à 10.
- Troisième palpe maxillaire est subcylindrique avec une petite fosse sensorielle peu profonde située apicolatéralement.
- Une seule spermathèque fonctionnelle a ouverture large. Le conduit de la spermathèque est à peine plus long que la spermathèque elle-même.
- Epines tarsales absentes du troisième tarsomère des pattes antérieures.

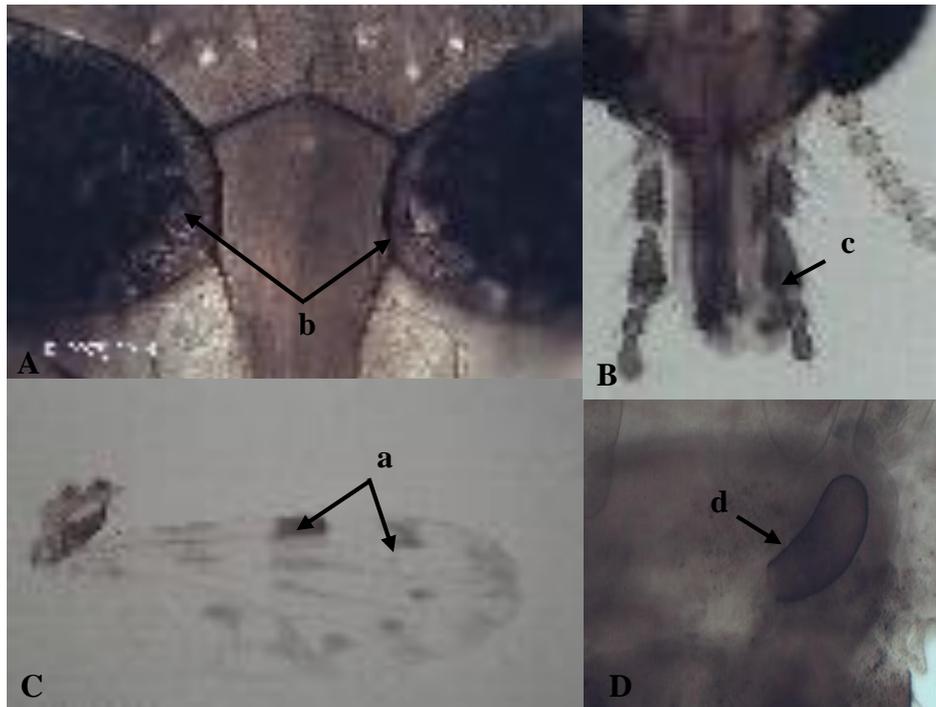


Figure 45 : Critères d'identification morphologique de *C. puncticollis* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (IIKC, 2022).

3.1.2.14. *Culicoides picturatus* Kremer et Déduit, 1961

La taille de l'aile de *C. picturatus* atteint 1,3 mm. C'est une espèce rare au Pays basque, semblable à *C. alazanicus* et *C. simulator* à la première vue, par le motif de l'aile. Mais l'observation des palpes et de la répartition des sensilles cœloconiques chez les femelles permettent leur séparation. Il en va de même pour mâles, mais la grande suture centrale du tergite et la forme de l'édéage sont caractéristiques du sous-genre *Silvaticulicoides* (González et Goldarazena, 2011). Les larves de *C. picturatus* ont été trouvées dans des habitats de marais non salés (IHA, 2010). Les adultes ont capturé un spécimen contenant du sang bovin (Ninio et al., 2010). *C. picturatus* répartie dans les régions Paléarctique, En Europe (Grande-Bretagne, France, Italie, Sicile, Corse, Espagne, Roumanie, Danemark) (Fauna Europaea, 2010), et Afrique du Nord (Algérie, Tunisie, Maroc) (Slama et al., 2017; Bourquia et al., 2019; Belkharchouche et al., 2020).

- **Description morphologique de la femelle de *C. picturatus***

.- Ailes de couleur marron modérément définie dans la zone 2, une autre sur la zone 1 et la veine r-m s'étendant jusqu'à M et s'étendant légèrement à M et s'étendant légèrement vers l'aile distale. Taches apicales dans R5 (parfois diffuse ou petite), M1 et M2, Cu et An. Une autre grande tache à la base de l'aile occupant l'arc et la zone basale anale. Macrotriches partout sur l'aile. Deuxième cellule radiale entièrement sombre (González et Goldarazena, 2011) (a).

- Yeux séparés et non pubescents (b).
- Antennes avec sensilles coeloconiques dans les articles 3 et de 11 à 15.
- Troisième palpe maxillaire souscylindrique légèrement épaisse avec une fosse sensorielle médiane rond et profond (c).
- Deux spermathèques fonctionnelles sphérique avec un pédicelle et une digitiforme rudimentaire (d).

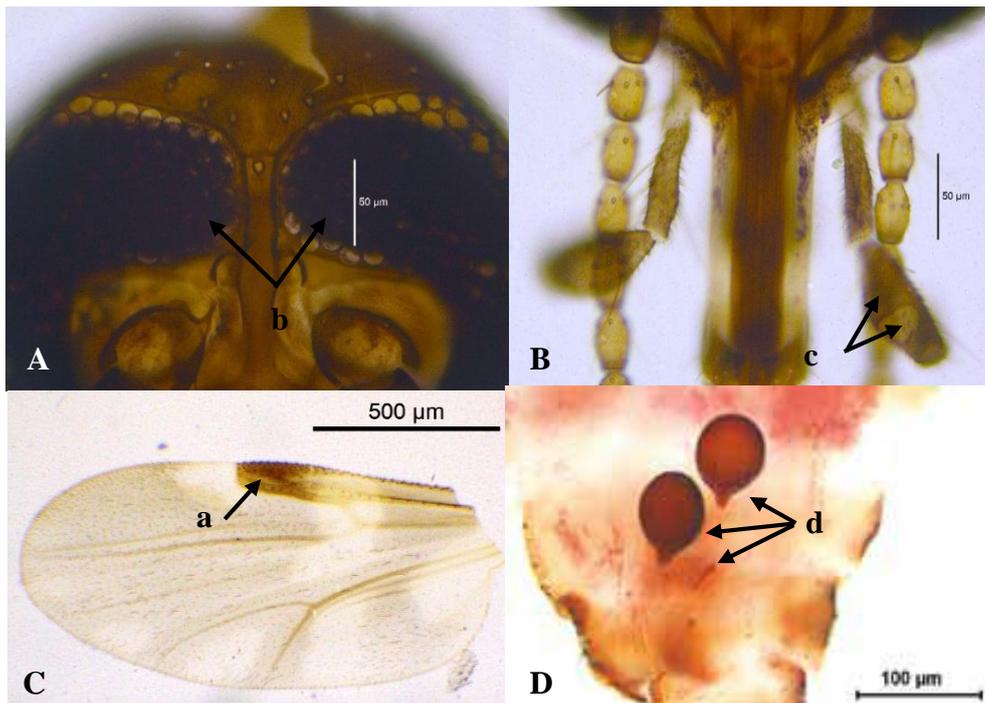


Figure 46 : Critères d'identification morphologique de *C. picturatus* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile (photos originales) ; (D) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).

3.1.2.15. *Culicoides pulicaris* Linné, 1758

Espèce de très grande taille environ 3 mm (Dellecole, 1985) ; aile : 1,5 mm. Ses larves vivent dans divers habitats tels que les zones boueuses (Kettle et Lawson, 1952). Ils forment des essaims pour la copulation où les mâles se rencontrent avec les femelles (Downes, 1955). Les pics de population de cette espèce au Pays basque, sont enregistrés en Juin et Juillet. *Pulicaris* est distribué dans les régions Paléarctique, Proche-Orient, Afrique du Nord et tropicale, elle est bien distribué aussi en Espagne et au Portugal (Fauna Europaea, 2010 ; González et Goldarazena, 2011). Cette espèce est déjà signalé au Maroc par Bourquia et al., (2019) et en Algérie par Belkharhouche et al., (2020). L'implication de *C. pulicaris* dans la transmission du virus de la fièvre catarrhale du mouton et du virus de la peste équine est déjà démontrée en Espagne et en

Sicile (Mellor et al., 1990 ; Caracappa et al., 2003). Au Royaume-Uni, Mellor et McCaig (1974) ont signalé que *C. pulicaris* est lié aux maladies allergiques chez les chevaux. Il se nourrit de moutons, chevaux, buffles et sang humain (IHA, 2010 ; González et Goldarazena, 2011).

▪ **Description morphologique de la femelle de *C. pulicaris***

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

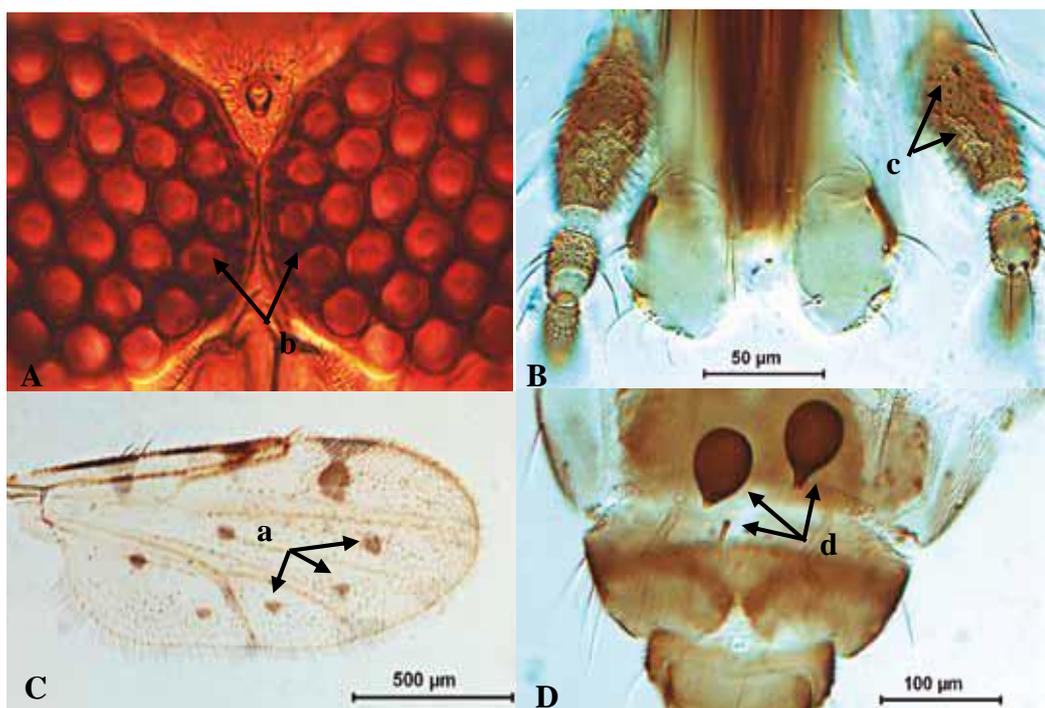


Figure 47 : Critères d'identification morphologique de *C. pulicaris* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).

3.1.2.16. *Culicoides punctatus* (Meigen, 1804)

C. punctatus est une espèce de taille 2,2 mm ; aile : 1,5 mm (Delecolle, 1985 ; González et Goldarazena, 2011). Elle a une préférence trophique marquée surtout pour les mammifères

(Mellor et al ., 1984). *Punctatus* semblent se reproduire en compagnie du complexe *pulicaris* formant probablement des essaims pour la copulation où les mâles et les femelles se rencontrent. Elle s'étend depuis la partie Paléarctique jusqu'à la Mongolie, le Proche-Orient, l'Afrique du Nord et tropicale (González et Goldarazena, 2011). En Algérie elle a été signalée pour la première fois par Szadziewski (1984). Elle est endémique, est suspectée de transmettre la maladie de la longue bleu en Europe et en Afrique du nord (Kremer, 1965). Mais jusqu'à présent, le virus de la fièvre catarrhale du mouton n'a pas été isolé chez cette espèce, bien que l'on soupçonne qu'il vive et se comporte de manière similaire à *C. pulicaris* (González et Goldarazena, 2011).

▪ **Description morphologique de la femelle de *C. punctatus***

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

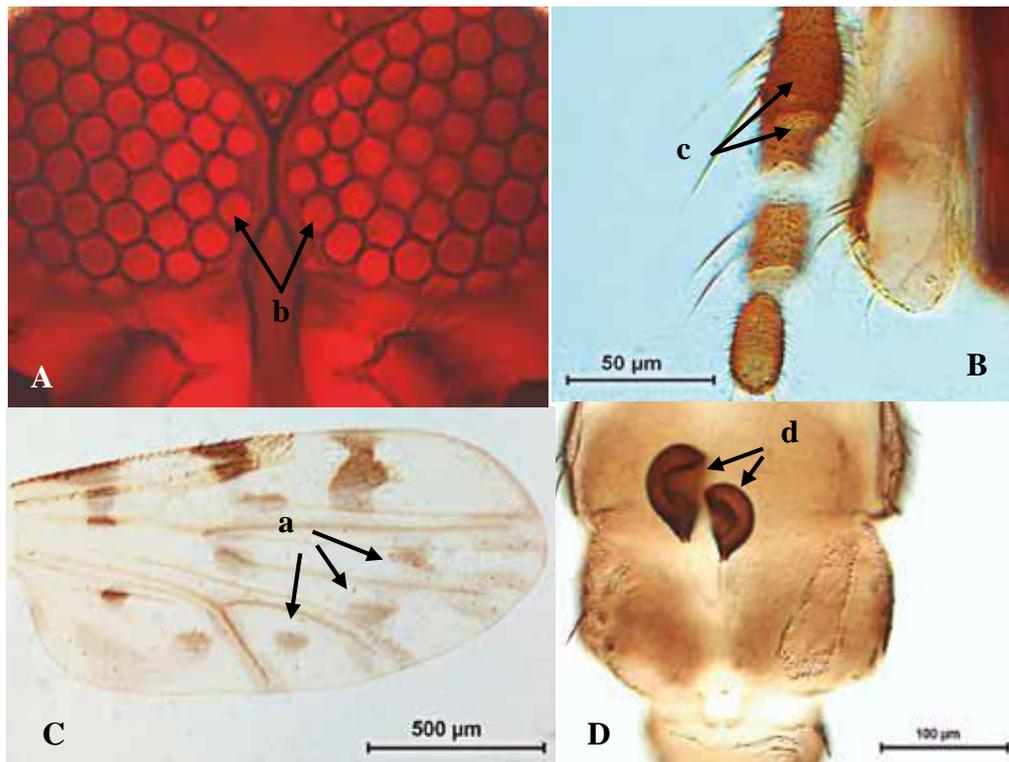


Figure 48 : Critères d'identification morphologique de *C. punctatus* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).

▪ **Description morphologique du mâle de *C. punctatus***

- Aile du mâle semblable à celle de la femelle.
- Neuvième tergite convexe avec deux processus apicolatéraux courts, pointus et convergents.
- Neuvième sternite dépourvu d'une membrane basale spéculée. Apodèmes (coccytes ventraux) courts et pointus (**a**).
- Corps de l'édéage chitineux d'aspect triangulaire allongé (**b**). Paramères séparés avec apex soyeux (**c**). Face interne de la partie médiane basale du style basal avec de nombreuses soies courtes, grossières et dentelées.

C. newsteadi diffère de *C. punctatus* principalement par la présence d'une tache allongée à la base de la veine m2, qui est souvent si développée qu'elle rejoint la veine m2, est souvent si développée qu'elle rejoint les veines m2 et m1. Les organes génitaux des mâles sont très similaires chez *C. newsteadi* et *C. punctatus* et, par conséquent, l'indice le plus discriminant est celui qui permet d'identifier les mâles (González et Goldarazena, 2011).

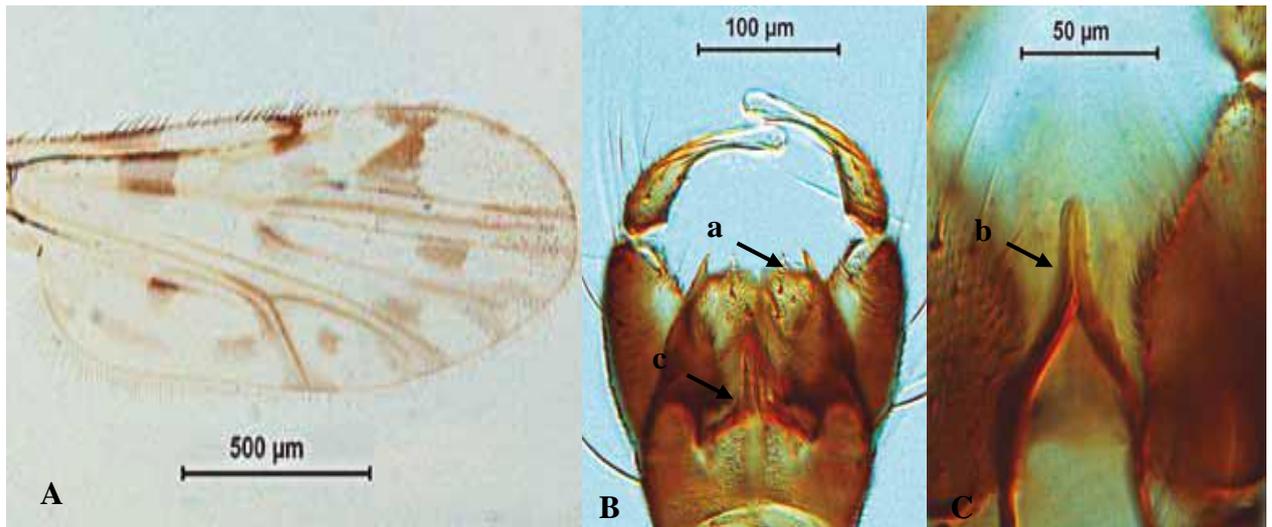


Figure 49 : Critères d'identification morphologique de *C. punctatus* ♂ ; (A) Aile ; (B) Génitalia ; (C) Edéage (González et Goldarazena, 2011).

3.1.2.17. *Culicoides ravus* de Meillon, 1936

Ailes sans marques, la femelle n'est séparable de *C. azerbaijdzhanicus* que par le port en forme de champignon sur le canal spermathécal. *C. ravus* est signalée au Kenya, au Nigeria, au Soudan, en Palestine, en Arabie saoudite, aux Émirats Arabes Unis et au Yemen (Boorman, 1989). Présent aussi en Algérie (Belkharouch et al., 2020), et au Maroc (Bourquia et al., 2019).

▪ Description morphologique du mâle de *C. ravus*

- Ailes brun clair. La deuxième cellule radiale entièrement sombre (a). Macrotriches abondants répartis sur toute l'aile.
- Yeux séparés et non pubescents (b).
- Antennes avec sensilles coeloconiques sur les articles 3 à 10.
- Troisième palpe maxillaire subcylindrique avec une fosse sensorielle de taille moyenne (c).
- Deux spermathèques fonctionnelles sphérique (d), avec un pédicelle (e) et une troisième rudimentaire.

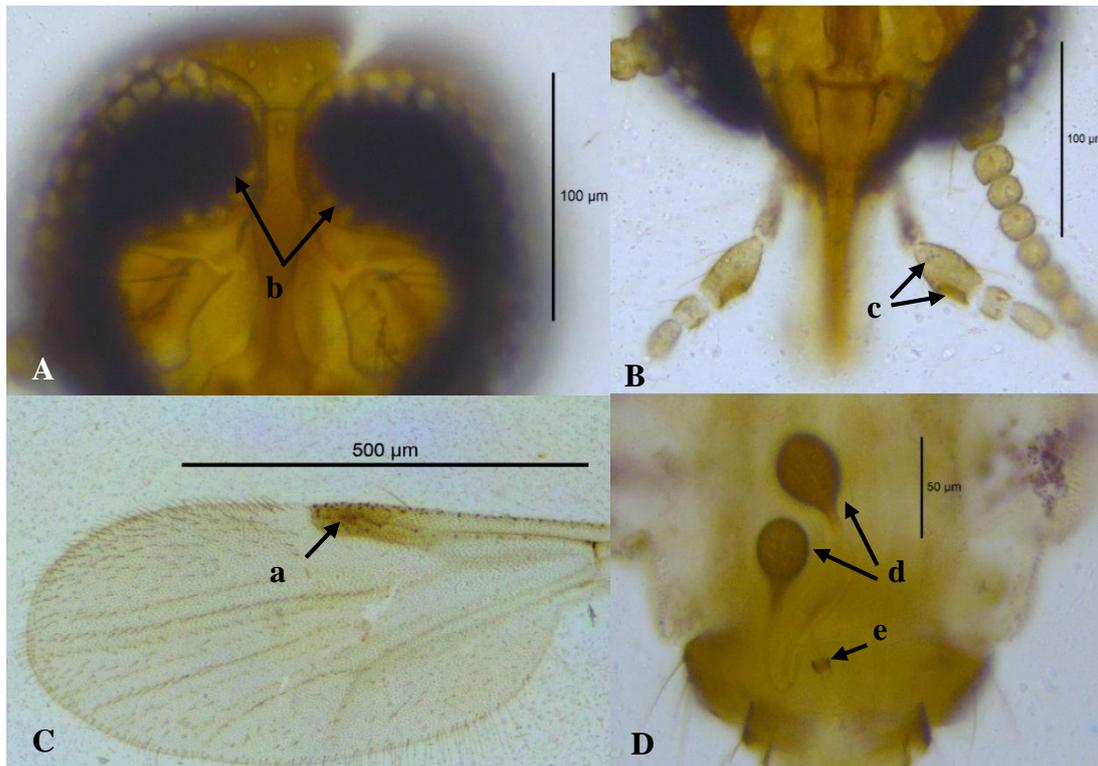


Figure 50 : Critères d'identification morphologique de *C. ravus* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

3.1.2.18. *Culicoides sahariensis* Kieffer, 1923

L'aile de *C. sahariensis* mesure environ 1,25 mm pour les femelles et 1,20 mm pour les mâles (Clastrier, 1957). Pour *C. sahariensis*, il n'y a pas de publication sur la description morphologique des larves appartenant au sous-genre *Synhelea*. Il est donc très difficile de comparer les stades immatures avec les autres (Slama et al., 2013) . Par ailleurs, Zimmer et al., 2014 indiquent que les larves *C. sahariensis* se retrouvent dans les boues collectées le long des rives dépourvues de végétation *C. sahariensis* présente en Europe (Italie) et en Africa en Tunisia (Slama et al., 2013 ; Slama et al., 2015 ; Slama et al., 2017 ; Sghaier et al., 2017, et au Maroc (Bourquia et al., 2019, Bourquia et al., 2020). Elle est recensée aussi en Algérie à Biskra et Blida (Clastrier ,1957), dans le Nord West algérien à Tiaret (Belkhachouche, 2021).

▪ Description morphologique de la femelle de *C. sahariensis*

- Aile tachetée a des caractéristiques bien définies. La deuxième cellule radiale est recouverte d'une tache relativement sombre (a). Macrotriches nombreuses réparties sur toute la surface de l'aile.
- Les yeux nus, séparés par une ligne étroite (b).

- Antennes avec sensilles céloconiques sur les articles 3 et 5 et de 11 à 15.
- Troisième palpe maxillaire modérément gonflé avec une fossette sensoriel large et peu profonde (c).
- Deux grandes spermathèques ovoïdes fonctionnelles subégales (d), avec un pédicelle (e) très bien développé, et une petite spermathèque rudimentaire digitiforme (f).

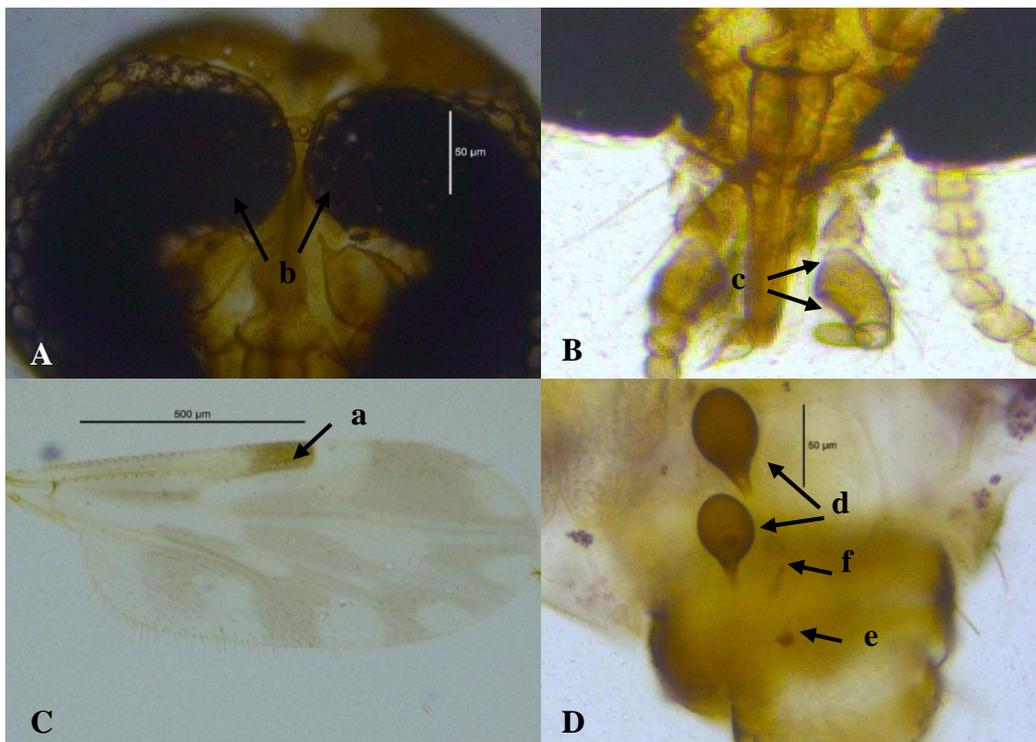


Figure 51 : Critères d'identification morphologique de *C. sahariensis* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

3.1.2.19. *Culicoides santonicus* Callot, Kremer, Rault et Bach, 1966

Il s'agit d'une espèce avec un motif d'aile ambigu, la taille de l'aile : 1,6 mm. Quelques spécimens montrent la présence de taches ambiguës et éparées sur l'aile, tandis que d'autres ont une aile plus homogène. Les femelles présentent un bon développement des pièces buccales. Sa distribution comprend les régions d'Afrique du Nord, France et Espagne (González et Goldarazena, 2011). Signalée pour la première fois en Espagne à Malaga en 1991 et à Tolède (Hjorth-Andersen, 2002), mais aussi en Algérie (Djeral et Delecolle, 2009 ; Belkherchouche et al., 2020), et les pays limitrophes comme la Tunisie (Sghaier et al., 2017), et le Maroc (Bourquia et al., 2019).

▪ **Description morphologique de la femelle de *C. santonicus***

- Ailes brun clair, avec une tache claire dans la zone 2 et une grande qui englobe la zone 1 et la veine r-m à M. Des taches ambiguës sont initiées dans la région An, M, les parties basales et distales de M1, M2, dans Cu un grand et dans R5 un petit discret. Occasionnellement ces taches sont discrètes et l'aile rappelle celle de *C. poperinghensis*. Macrotrichs relativement abondantes et dispersés sur toute l'aile. Deuxième cellule radiale entièrement sombre ou avec un apex pâle (a).

- Yeux assez écartés et non pubescents (b).

- Antennes à distribution variable des sensilles coeloconiques de distribution variable. Les spécimens capturés au Pays basque possèdent des sensilles coeloconiques sur le troisième, cinquième, septième, neuvième et onzième à quinzième rangées et, exceptionnellement, sur la sixième rangée.

- Troisième palpe maxillaire, légèrement épaisse (c), avec une fosse sensorielle de forme très irrégulière (la fosse sensorielle de forme très irrégulière ou une irrégulière avec deux petites courbes (d).

- Deux spermathèques fonctionnelles sphériques à ovoïdes avec pédicelle (e) et une petite spermathèque digitiforme rudimentaire (f).



Figure 52 : Critères d'identification morphologique de *C. santonicus* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

3.1.2.20. *Culicoides schultzei* (Enderlein, 1908)

Culicoides schultzei a été le premier *Culicoides* décrit dans la région afrotropicale ; c'est l'un des espèces la plus souvent citée dans la littérature. Pour certains auteurs il est considéré comme une espèce unique, polymorphe, dont l'aire de répartition s'étend de l'Afrique australe et occidentale au Japon et à l'Australie. Cette espèce est signalée auparavant au Maroc par Bourquia et al., (2019) et en Algérie par Belkharouch et al., (2020). D'autres au contraire estiment qu'il existe plusieurs espèces voisines et ont créé de nouveaux noms pour certains types morphologiques. *C. schultzei* et des espèces voisines (*C. kingi*, *C. oxystoma*) sont fréquemment cités parmi les vecteurs potentiels de différents virus touchant le bétail, fièvre éphémère des bovins, peste équine, Blue Tongue, Akabane (Cornet et Brunhes, 1994).

▪ Description morphologique de la femelle de *C. schultzei*

- Ailes brun clair, avec une tache claire dans la zone 2 et une grande qui englobe la zone 1 et la veine r-m à M. Des taches ambiguës sont initiées dans la région An, M, les parties basales et distales de M1, M2, dans Cu un grand et dans R5 un petit discret. Occasionnellement ces taches sont discrètes et l'aile rappelle celle de *C. poperinghensis*. Macrotriches relativement abondantes et dispersés sur toute l'aile. Deuxième cellule radiale entièrement sombre ou avec un apex pâle (Cornet et Brunhes, 1994).

- Yeux nus et séparés.

- Antennes à distribution variable des sensilles coeloconiques sur les articles de 3 à et 7(ou 8) à 10.

- Deux spermathèques fonctionnelles piriformes et une troisième rudimentaire. Anneau du conduit génital cylindrique.

▪ Description morphologique du mâle de *C. schultzei*

- Les taches de l'aile sont plus étendues que chez la femelle (**a**).

- Neuvième tergite portant deux larges prolongements apicolatéraux, assez variables, mais toujours très développés (**b**), ils sont larges et contigus à leur base, puis divergents, dessinant un angle droit ou légèrement obtus.

- Neuvième sternite largement et profondément échancré, membrane spiculée.

- Coxite légèrement rétrécis de la base à l'apex (**c**), apodème interne large et bien développé, apodème externe plus long et plus étroit. Styles de configuration habituelle.

- Edéage formé de deux bras recourbés en dehors base et d'une partie terminale trapézoïdale plus ou moins creusée en gouttière (**d**). Paramères avec une partie basale et une partie moyenne

rectilignes, de largeur uniforme et une partie terminale longuement effilée, recourbée vers la face ventrale et portant quelques fins spicules à l'apex.

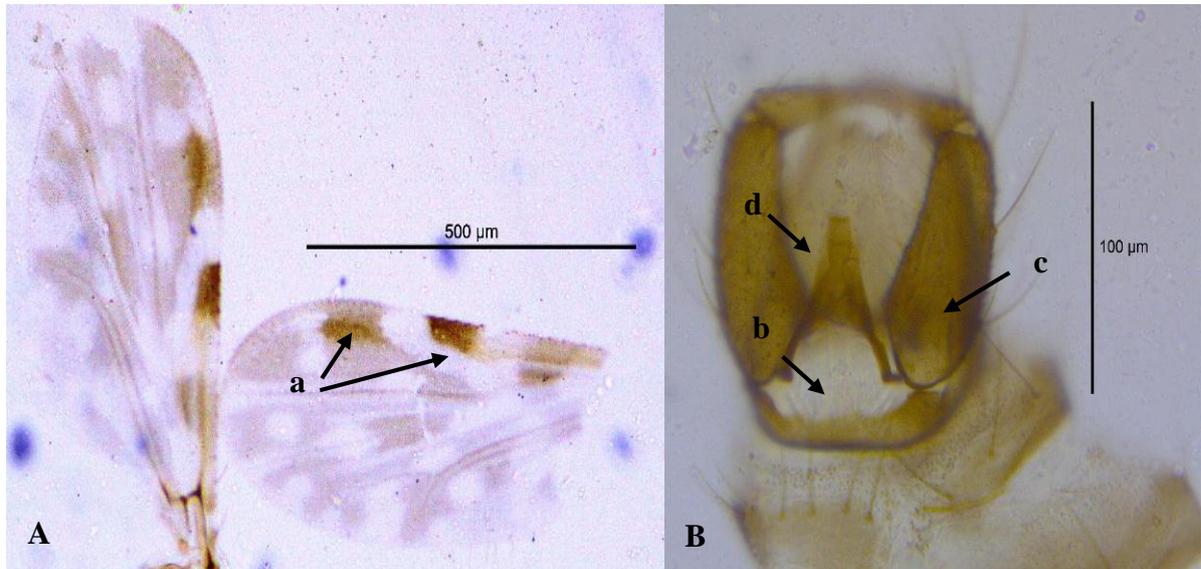


Figure 53 : Critères d'identification morphologique de *C. schultzei* ♂ ; (A) Aile ; (B) Génitalia ; (photos originales).

3.1.2.21. *Culicoides simulator* Edwards, 1939

C'est une espèce de 2 mm de taille ; aile : 1,3 mm (González et Goldarazena, 2011). Il pourrait s'agir d'une espèce associée à la forêt (IAH, 2010). De la Puente et al., (2009) ont observé que cette espèce était abondante et majoritaire dans les nichoirs de la Mésanges bleues (*Cyanistes caerulensis*) dans une forêt de *Quercus pyrenaica* dans la province de Segovia,. Cela en fait un vecteur potentiel de la transmission de maladies aux oiseaux. De même, Votýpka et al., (2009) ont capturé des spécimens à l'intérieur de nichoirs en République Tchèque, et prouver qu'ils s'étaient nourris d'oiseaux. Les larves de *C. simulator* ont été trouvés en Angleterre, associée à *C. vexans* et *C. pulicaris* autour de boue peu profonde dans les champs de foin gorgés d'eau. (Kettle et Lawson, 1952). Elle occupe les régions Paléarctique, Proche-Orient. En Europe (de la Grande-Bretagne à une vaste partie de la Russie), absente de certains pays de l'est et du centre (Fauna Europaea, 2010), présent aussi en Afrique du Nord exclusivement en Algérie (Belkherchouche et al., 2020). Cependant, Cette espèce n'a jamais signalée auparavant, ni au Maroc (Bourquia et al., 2019 ; Bourquia et al., 2020) ni en Tunisie (Slama et al., 2017 ; Sghaier et al., 2017).

▪ **Description morphologique de la femelle de *C. simulator***

- Ailes sombres avec des taches claires bien définies. Taches sur les parties distales de R5, M1, M2, Cu et deux anales, la plus basale englobant l'arculus. Tache ronde dans la zone 2 et grande tache englobant la zone 1, veine r-m, M à la partie basale de M2 souvent, ce patch est légèrement introduit dans la cellule M1. Macrotrichies abondantes dans toute l'aile. Deuxième cellule radiale entièrement foncée ou sinon seulement avec un apex pâle causé par le bord de la tache dans le bord de la tache dans la zone 2 (González et Goldarazena, 2011) **(a)**.
- Yeux séparés et non pubescents **(b)**.
- Antennes avec sensilles coeloconiques sur les articles de 3 à 15.
- Troisième palpe maxillaire arquée, épaisse avec une très grande fosse sensorielle occupant la moitié apicale du palpe **(c)**.
- Deux spermathèques fonctionnelles ovoïdes sans pédicelles et un petit digitiforme rudimentaire **(d)**.

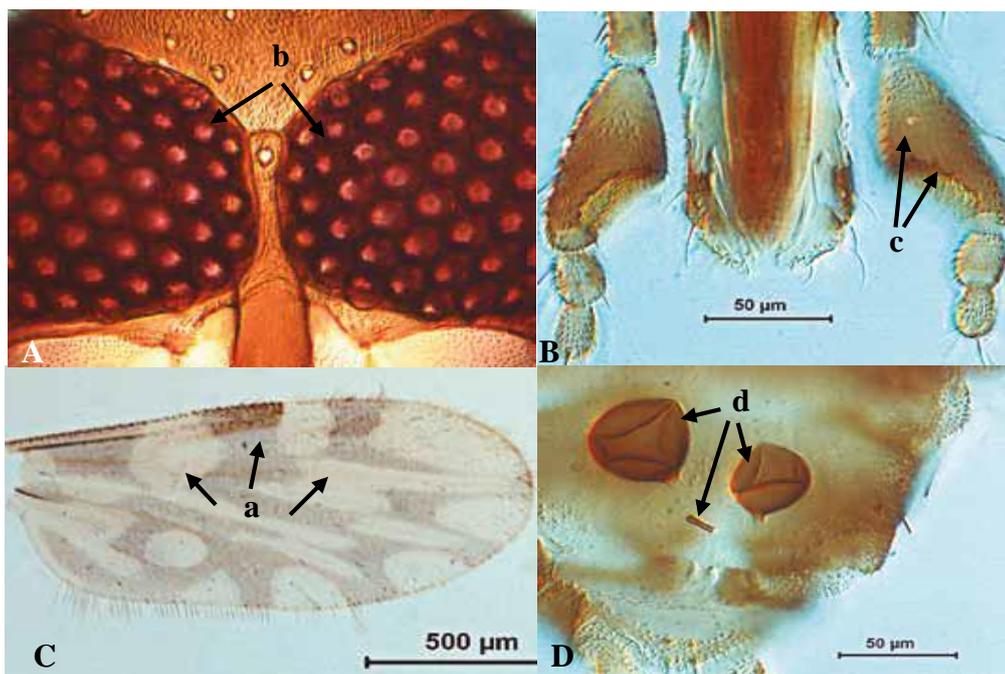


Figure 54 : Critères d'identification morphologique de *C. simulator* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (González et Goldarazena, 2011).

3.1.2.22. *Culicoides subfasciipennis* Kieffer, 1919

Espèce de petite taille : 1,5 ; aile : 1,18 mm. Les femelles montrent un bon développement des pièces buccales. Elle se reproduit dans les forêts humides, dans la litière de feuilles (González et Goldarazena, 2011). Sa distribution comprend les régions Paléarctique, Proche-Orient et

Afrique du Nord. En Europe, de De la Grande-Bretagne à une grande partie de la Russie ; absente de la Scandinavie et des pays de l'Est (Fauna Europaea, 2010). Présent aussi au Portugal (Capela et al., 1990), en Espagne en Navarre (Gil Collado et Sahuquillo, 1983), en Catalogne (Sarto et Monteys et al., 2009), en Algérie (Belkharouch et al., 2020), au Tunisie (Slama et al., 2017 ; Sghaier et al., 2017), et au Maroc (Bourquia et al., 2019).

▪ **Description morphologique de la femelle de *C. subfasciipennis***

- 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. Taches très diffuses en An, Cu et même dans M2. Macrotriches sur toute l'aile, sauf dans la cellule basale. Deuxième cellule radiale entièrement sombre (a).
- Yeux séparés et non pubescents (b).
- Antennes avec sensilles coeloconiques sur les articles 3, 11 à 15.
- Troisième palpe maxillaire subcylindrique avec une fosse sensorielle de taille moyenne (c).
- Deux spermathèques fonctionnelles sphérique avec pédicelle (d), et une rudimentaire digitiforme.

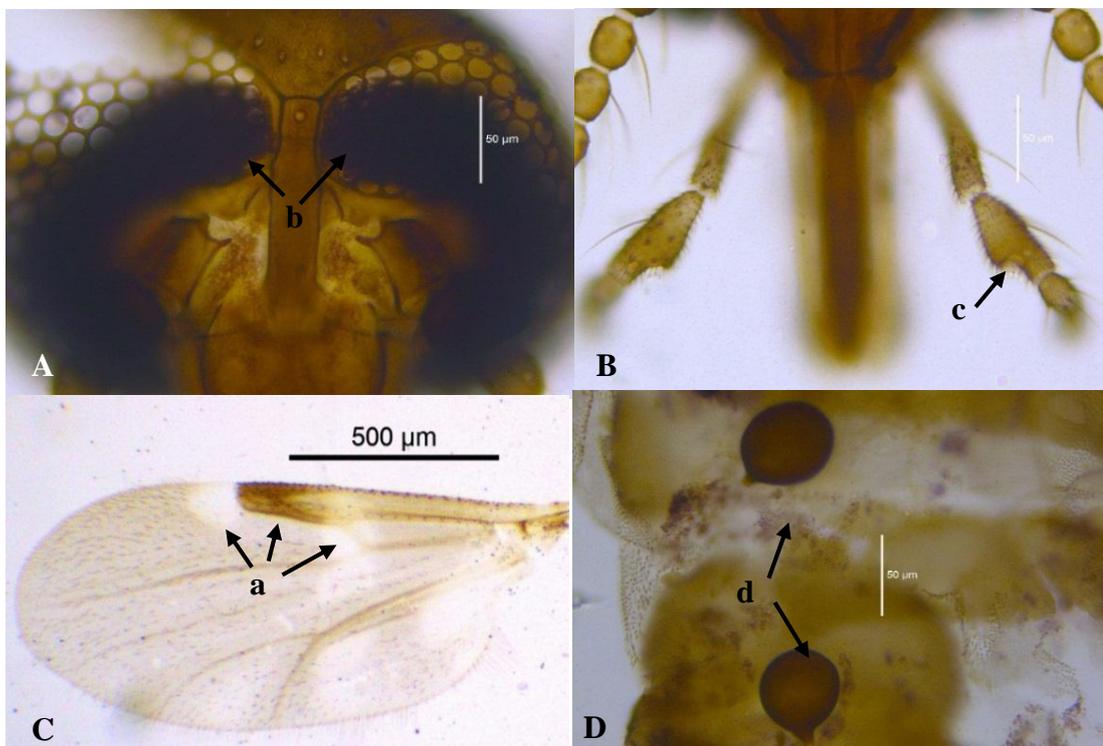


Figure 55 : Critères d'identification morphologique de *C. subfasciipennis* ♀ ; (A) Yeux composés ; (B) Palpes maxillaires ; (C) Aile ; (D) Spermathèques (photos originales).

▪ **Description morphologique du mâle de *C. subfasciipennis***

- Neuvième tergite avec deux processus apicolatéraux très épais et modérément longues (a). Grande suture centrale en forme de V profond.
- Neuvième sternite avec une encoche légèrement annulaire et une membrane basale fortement spiculée. Apodèmes (coccytes ventraux) de taille moyenne.
- Corps de l'édéage nettement trapézoïdal. Paramères séparés, épais et plutôt courte (b).

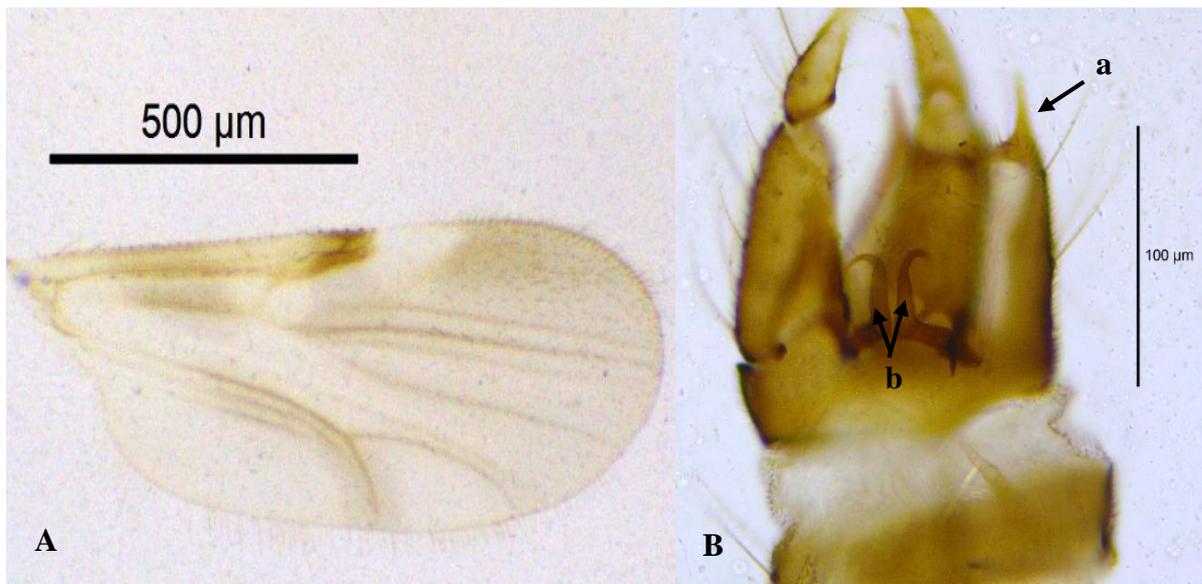


Figure 56 : Critères d'identification morphologique de *C. subfasciipennis* ♂ ; (A) Aile ; (B) Génitalia ; (photos originales).

3.1.3. Structure bio-écologique des *Culicoides* recensées

3.1.3. 1. Répartition des *Culicoides* selon le genre et le sous-genre

Selon la figure 56, on constate nettement que la majorité des spécimens capturés étaient des membres du sous-genre *Culicoides* et qu'il est le plus dominant dans tous les pièges. En effet, il représente (74 %) de l'ensemble de la collection, suivi par *Selfia* (9 %), *Avaritia* et *Oecacta* (6 %) et *Beltranmyia* (2%). Alors que les autres sous-genres représentaient moins de 2% de la récolte.

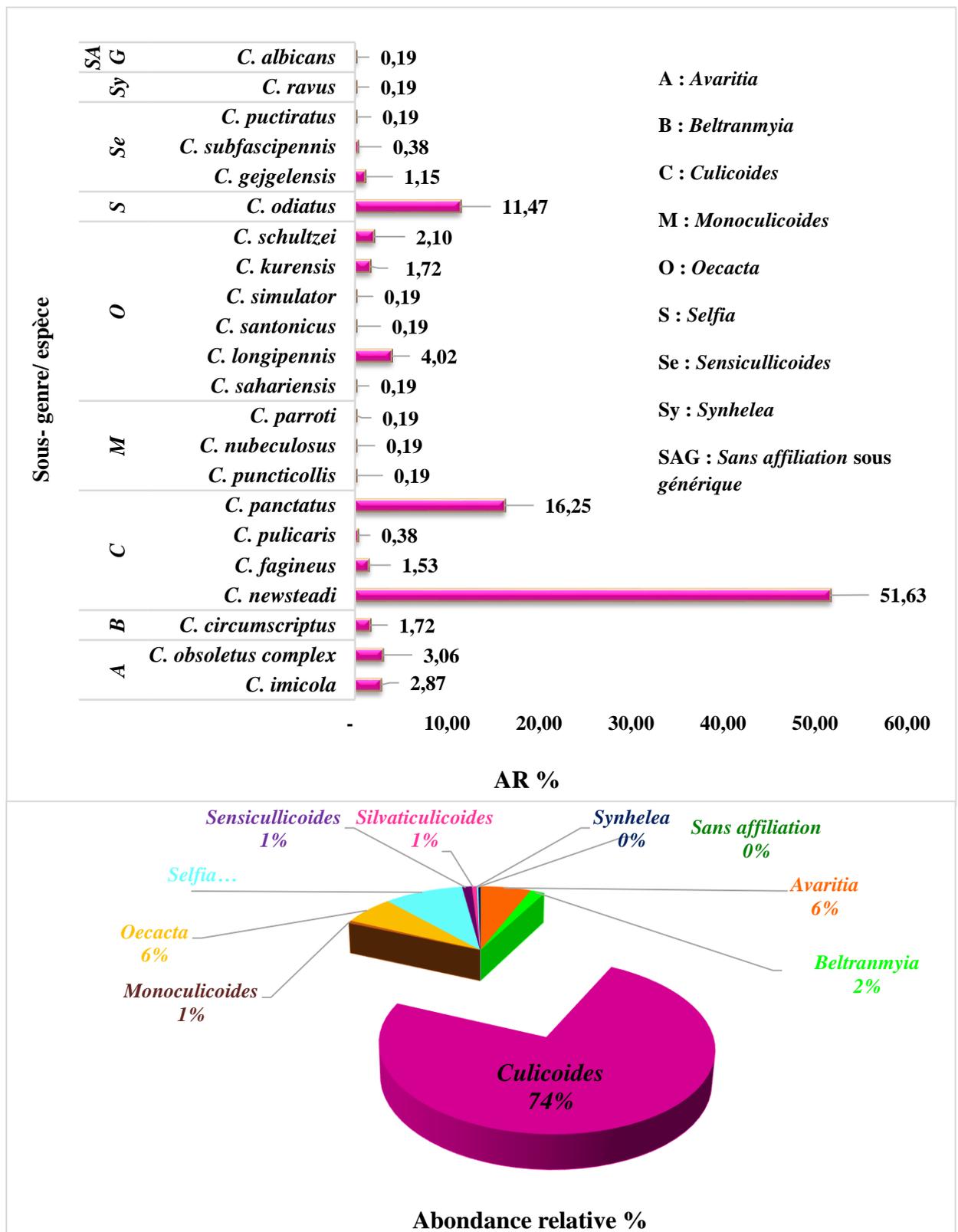


Figure 57 : Répartition des *Culicoides* collectés selon le sous-genre.

D'après l'étude récente de Belkherchouche et al ., (2020) la liste de contrôle des *Culicoides* en Algérie est estimée par 59 espèces. Notre faune récoltée composée de 22 espèces représente un taux de 37, 28 %.

Nos résultats corroborent ceux de Belkherchouche et al ., (2020) qui signalent que le sous genre *Culicoides* domine largement avec 71.91% dans la région d’Oum- El-Bouaghi . Par contre, nos résultats contrastent avec ceux obtenus dans deux régions de l’Est-algérien, Oum- El-Bouaghi et Tébessa par Kebout (2017) où le groupe *Avaritia* domine très clairement avec 49.90 % par rapport aux autres sous-groupes.

3.1.3.2. Répartition des *Culicoides* capturés selon le sex-ratio

La fluctuation des *Culicoides* capturés selon leur sexe présente une nette prédominance du sexe féminin , où le nombre des femelles (1024 ♀, 98 %) a prévalu considérablement sur celui des mâles (22 ♂, 2 %) au cours de la période de collecte qu' à l'exception de *C. subfascipennis* le nombre des mâles est égale celui des femelles.

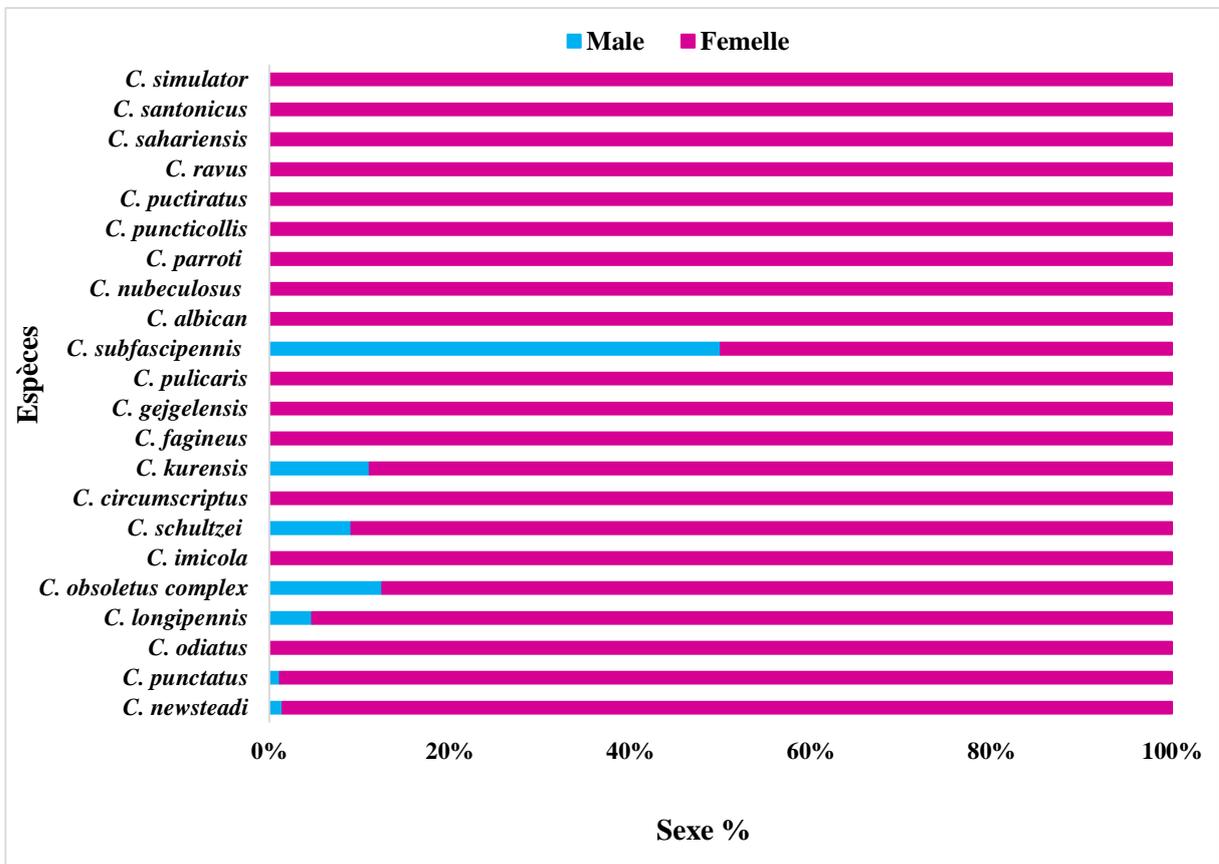


Figure 58 : Répartition et abondances des *Culicoides* selon leur sexe.

Les spécimens de *Culicoides* piégés étaient majoritairement des femelles (n = 1024) avec seulement 22 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 Belkherchouche et al., (2014) dans la région Oum El Bouaghi, où le pourcentage des spécimens femelles était plus de 95 %. La même résultat a été obtenu 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.

3.1.3.3. Répartition spatiale des *Culicoides* dans la région de Mila

La répartition spatiale des espèces de *Culicoides* dans la région de Mila est clairsemée sur tous les sites inventoriés de la région avec prédominance de survenue dans le site de Oued-Athmania (224 spécimens), suivi par le site d'Ain-Tine (216 spécimens), Amira-Arres (196 spécimens) Ain-Baida-Harriche (98 spécimens), Oued- Seguen (90 spécimens) et Marecheau (54 spécimens). Quant aux sites restants un nombre relativement faible de spécimens a été enregistré, allant de 40 à 2 spécimens.

Quatre groupes principaux ont été discernés sur la base de la composition des espèces de *Culicoides* sur les sites étudiés (fig.59a). La ségrégation de clusters était étroitement liée aux différences d'abondance des espèces. L'abondance de *C. newsteadi* était importante pour distinguer les quatre groupes ; par exemple, il était relativement plus abondant dans le premier groupe. Abondances relativement plus élevées de *C. longipennis* et *C. odiatus* différencié le deuxième groupe de sites. En revanche, *C. punctatus* était relativement plus abondant dans le troisième groupe. Le quatrième groupe comprenait échantillons avec des abondances plus élevées du reste des moucheron piqueurs.

Culicoides newsteadi est présent à Ain-Tine, Oued-Athmania, Oued- Seguen, Azzaba, Zeghaia et Ouled-El-Kayem (figure.59b). *Culicoides punctatus* s'est produit principalement à Ain-Baida-Harriche, Tassala-Lamtai et Minar-Zareza. *Culicoides odiatus* était abondant à Amira-Arres et Tadjnanet. *Culicoides schultzei* est présent à Telaghma, tandis qu'à Vieux-Mila et Marecheau, *C. longipennis* était relativement plus abondant. Les espèces restantes se trouvaient dans certains sites restreints et représentaient moins de 10 % de l'abondance relative totale.

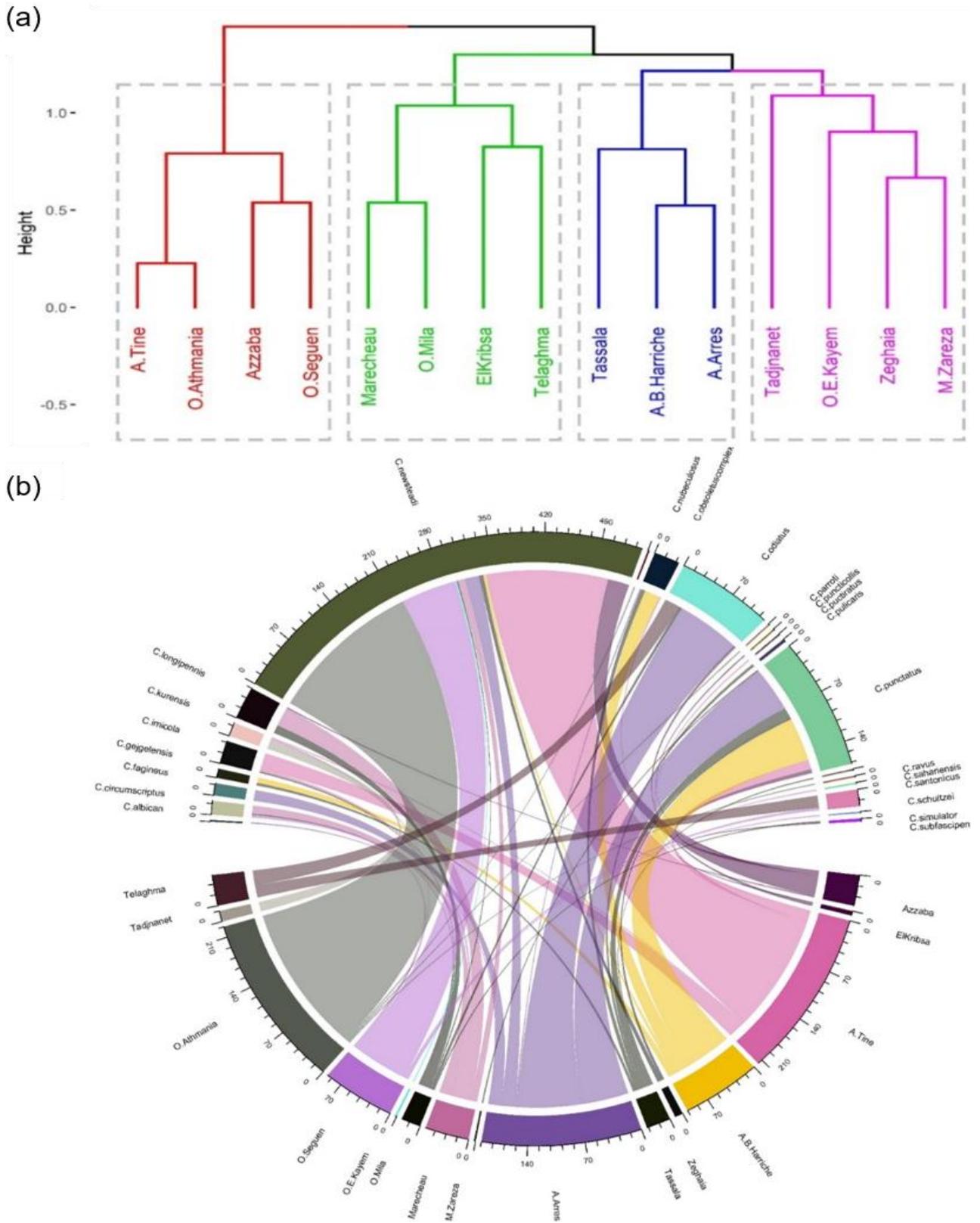


Figure 59 : Regroupement hiérarchique agglomératif rassemblant des sites similaires en groupes basés sur l'occurrence et l'abondance des espèces de *Culicoides* (a), et diagramme de cordon illustrant la relation entre l'occurrence/l'abondance des espèces de *Culicoides* et les sites d'échantillonnage (b).

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), l'occurrence global ou degré de présence (C).

3.1.4.1. Richesse spécifique des espèces de *Culicoides* capturées

Les sites prospectés dans la région de Mila montrent une richesse spécifique relativement faible. En effet, elles fluctuent de 1 à 7 espèces par site para port aux 22 espèces recensés dans la région. Les sites les plus riches spécifiquement sont Ain- Tine avec 07 espèces, suivie par les sites d'Amira-Arres, Vieux Mila, avec 06 espèces, Tassala- Lamtai et Oued- Seguen avec 05 espèces. Le reste des sites représentent une richesse moins diversifiés varie entre 04 et 01 espèces par sites (fig.59).

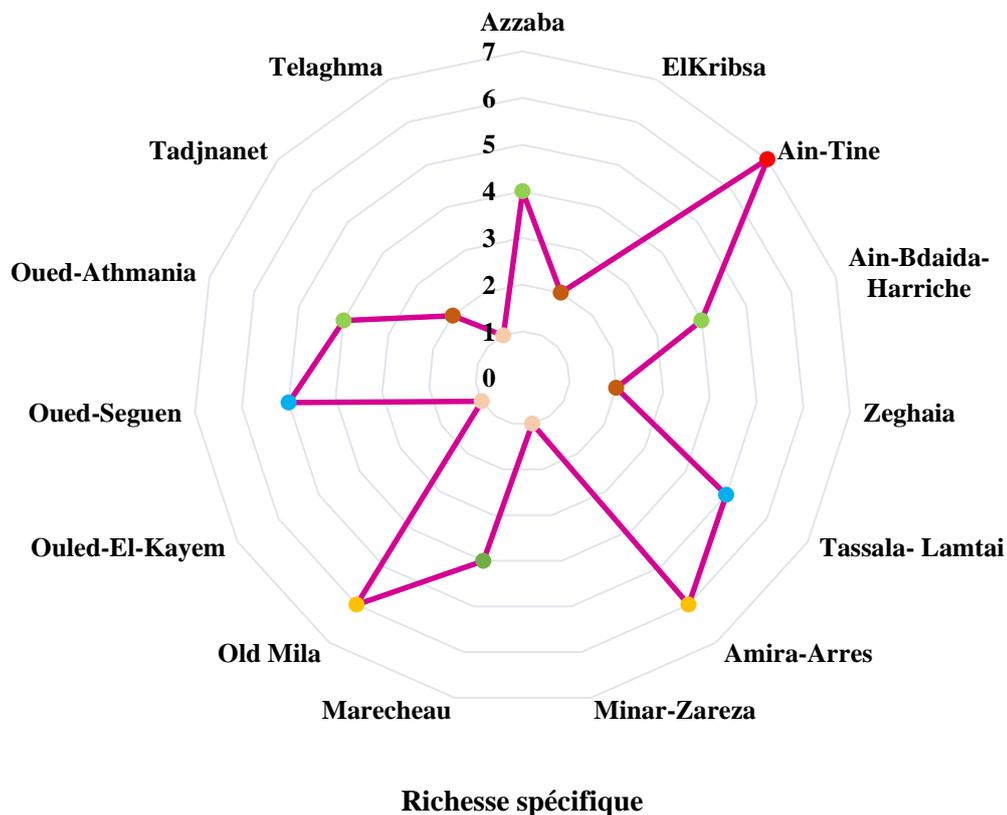


Figure 60 : Répartition spatiale de la richesse spécifique des *Culicoides* recensés dans la région de Mila (2018-2019).

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

L'abondance relative des *Culicoides* montre clairement que, l'espèce *C. newsteadi* domine largement la récolte. En effet, elle représente (51,63 %) de l'ensemble de la collection, suivi par *C. punctatus* (16,25 %), *C. odiatus* (11,47 %), *C. longipennis* (4,02 %), *C. obsoletus complex* (3,06 %), *C. imicola* (2,87 %). Les autres espèces représentaient moins de 2% des spécimens collectés.

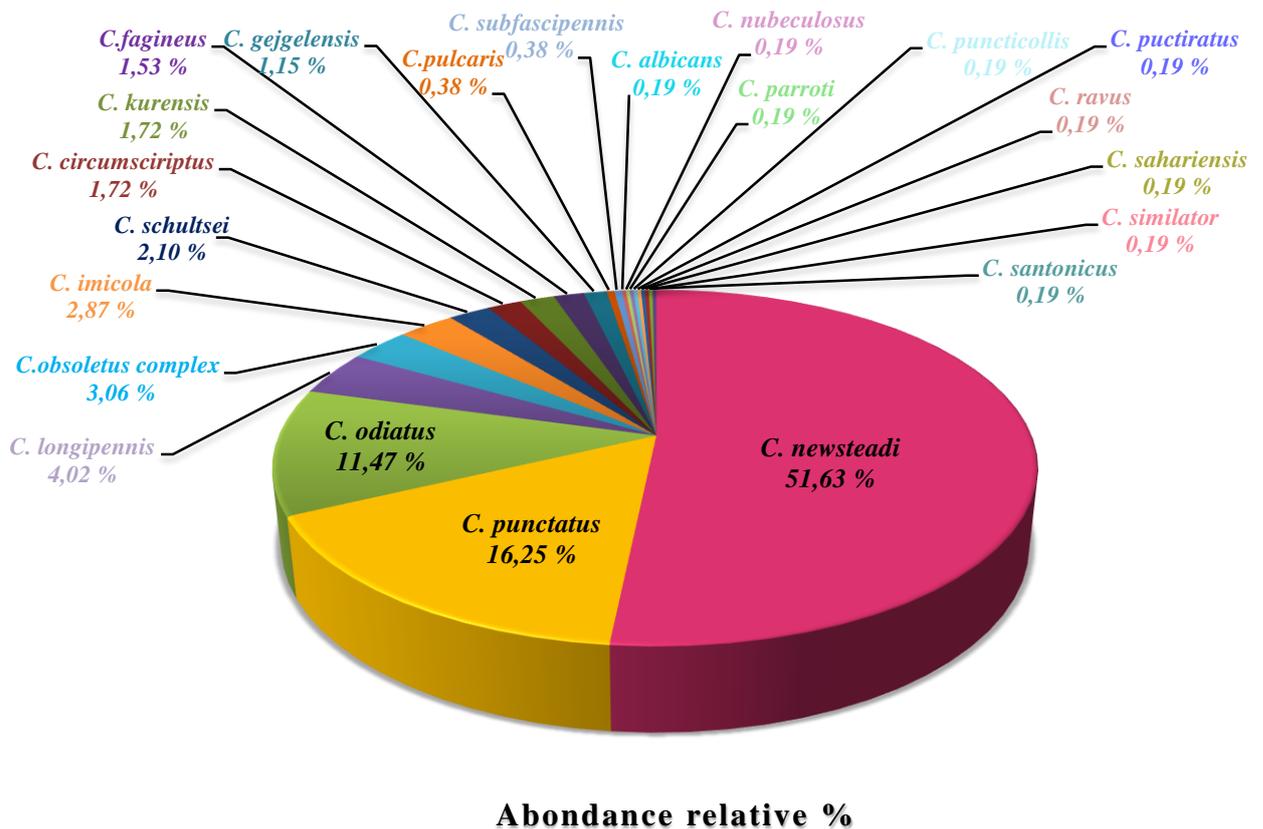


Figure 61 : Abondances relatives des *Culicoides* récoltés pendant la période d'étude (2018-2019).

Quand on parle l'abondance relative plus en détail, *C. newsteadi* était l'espèce la plus abondante à la fois dans les environnements ruraux (24,2%) et suburbains (74,2%), à l'intérieur (56%) ou à l'extérieur (48,9%) des étables, suivie par *C. punctatus* dans les environnements ruraux (30,9%), à l'intérieur (16%) et à l'extérieur (16,4%) des étables. Sauf dans les environnements suburbains où *C. odiatus* était la deuxième espèce la plus abondante (5,2%), et la troisième dans les environnements ruraux (19,1%), à l'intérieur (6,5%) et à l'extérieur (14,6%) des étables.

Tableau 14 : Abondance relative des espèces de *Culicoides* capturés à l'intérieur et à l'extérieur des étables en milieu rural et périurbain de la région de Mila. Les densités d'espèces sont résumées sous forme de moyenne \pm erreur standard de la moyenne, avec la plage (= maximum-minimum) du nombre d'individus capturés entre crochets. L'abondance relative des espèces (%) par environnement d'échantillonnage est indiquée entre parenthèses. Les espèces sont classées en fonction de leur abondance relative en fonction d'une taille d'échantillon totale $m = 15$.

Les espèces de <i>Culicoides</i>	Type de sites d'échantillonnage		Lieu de trappe et ferme d'élevage		Totale ($m = 15$)
	Rurale ($m = 7$)	Suburbaine ($m = 8$)	À l'extérieur de étable ($m = 10$)	À l'intérieur de l'étable ($m = 5$)	
<i>C. newsteadi</i> Austen, 1921	16.29 \pm 10.63 [78] (24.15)	53.25 \pm 31.25 [218] (74.22)	31.6 \pm 17.14 [170] (48.92)	44.8 \pm 43.31 [218] (56)	36.0 \pm 17.53 [218] (51.63)
<i>C. punctatus</i> (Meigen, 1804)	20.86 \pm 11.55 [66] (30.93)	3.00 \pm 1.77 [14] (4.18)	10.6 \pm 6.39 [66] (16.41)	12.8 \pm 12.8 [64] (16)	11.33 \pm 5.76 [66] (16.25)
<i>C. odiatus</i> Austen, 1921	12.86 \pm 12.86 [90] (19.07)	4.2857 \pm 2.84 [22] (5.23)	9.40 \pm 8.96 [90] (14.55)	6.5 \pm 4.7 [22] (6.5)	8.57 \pm 6.24 [90] (11.47)
<i>C. longipennis</i> Khalaf, 1957	4.0 \pm 4.0 [28] (5.93)	1.75 \pm 1.49 [12] (2.44)	3.0 \pm 2.78 [28] (4.64)	2.4 \pm 2.4 [12] (3)	2.80 \pm 1.97 [28] (4.02)
<i>C. obsoletus complex</i> Meigen, 1818	4.29 \pm 3.07 [22] (6.36)	0.25 \pm 0.25 [2] (0.35)	1.0 \pm 0.61 [6] (1.55)	4.4 \pm 4.4 [22] (5.5)	2.13 \pm 1.48 [22] (3.06)
<i>C. imicola</i> Kieffer, 1913	0.57 \pm 0.57 [4] (0.85)	3.25 \pm 2.97 [24] (4.53)	2.8 \pm 2.39 [24] (4.33)	0.4 \pm 0.4 [2] (0.5)	2.00 \pm 1.6 [24] (2.87)
<i>C. schultzei</i> (Enderlein, 1908)	0.57 \pm 0.57 [4] (0.85)	2.25 \pm 2.25 [18] (3.14)	0.4 \pm 0.4 [4] (0.62)	3.6 \pm 3.6 [18] (4.5)	1.47 \pm 1.21 [18] (2.10)
<i>C. fagineus</i> Edwards, 1939	2.29 \pm 2.29 [16] (3.39)	—	1.6 \pm 1.6 [16] (2.48)	—	1.07 \pm 1.07 [16] (1.53)
<i>C. kurensis</i> Dzhafarov, 1960	0.29 \pm 0.29 [2] (0.42)	2.00 \pm 1.73 [14] (2.79)	0.4 \pm 0.27 [2] (0.62)	2.8 \pm 2.8 [14] (3.5)	1.20 \pm 0.93 [14] (1.72)
<i>C. circumscriptus</i> Kieffer, 1918	2.29 \pm 1.71 [12] (3.39)	0.25 \pm 0.25 [2] (0.35)	1.6 \pm 1.22 [12] (2.48)	0.4 \pm 0.4 [2] (0.5)	1.20 \pm 0.82 [12] (1.72)
<i>C. gejelensis</i> Dzhafarov, 1964	1.71 \pm 1.19 [8] (2.54)	—	0.4 \pm 0.4 [4] (0.62)	1.6 \pm 1.6 [8] (2)	0.80 \pm 0.58 [8] (1.15)
<i>C. pulicaris</i> (Linnaeus, 1758)	0.57 \pm 0.57 [4] (0.85)	—	0.4 \pm 0.4 [4] (0.62)	—	0.27 \pm 0.27 [4] (0.38)
<i>C. subfascipennis</i> Kieffer, 1919	—	0.50 \pm 0.33 [2] (0.7)	0.2 \pm 0.2 [2] (0.31)	0.4 \pm 0.4 [2] (0.5)	0.27 \pm 0.18 [2] (0.38)
<i>C. albicans</i> (Winnertz, 1852)	0.29 \pm 0.29 [2] (0.42)	—	0.2 \pm 0.2 [2] (0.31)	—	0.13 \pm 0.13 [2] (0.19)
<i>C. nubeculosus</i> Meigen, 1830	—	0.25 \pm 0.25 [2] (0.35)	—	0.4 \pm 0.4 [2] (0.5)	0.13 \pm 0.13 [2] (0.19)
<i>C. parroti</i> Kieffer, 1922	—	0.25 \pm 0.25	—	0.4 \pm 0.4	0.13 \pm 0.13

			[2] (0.35)			[2] (0.5)		[2] (0.19)
<i>C. puncticollis</i> (Becker, 1903)	—		0.25 ± 0.25	0.2 ± 0.2		0.2		0.13 ± 0.13
			[2] (0.35)		[2] (0.31)			[2] (0.19)
<i>C. pictiratus</i> Kremer & Deduit, 1961	—		0.25 ± 0.25	0.2 ± 0.2		0.2		0.13 ± 0.13
			[2] (0.35)		[2] (0.31)			[2] (0.19)
<i>C. ravus</i> de Meillon, 1936	0.29 ± 0.29			0.2 ± 0.2		0.2		0.13 ± 0.13
	[2] (0.42)			[2] (0.31)				[2] (0.19)
<i>C. sahariensis</i> Kieffer, 1923	—		0.25 ± 0.25			0.4 ± 0.4		0.13 ± 0.13
			[2] (0.35)			[2] (0.5)		[2] (0.19)
<i>C. santonicus</i> Callot et al., 1966	—		0.25 ± 0.25	0.2 ± 0.2		0.2		0.13 ± 0.13
			[2] (0.35)		[2] (0.31)			[2] (0.19)
<i>C. simulator</i> Edwards, 1939	0.29 ± 0.29			0.2 ± 0.2		0.2		0.13 ± 0.13
	[2] (0.42)			[2] (0.31)				[2] (0.19)
Totale	3.06 ± 1.18	3.26 ± 1.48	2.94 ± 1.14	3.64 ± 1.76				3.17 ± 0.93
	(N = 472)	(N = 574)	(N = 646)	(N = 400)				(N = 1046)

En terme de dominance et d'abondance, *C. newsteadi* le potentiel vecteur du BTV en Algérie (Berreyah et al., 2020), occupant le 1^{er} rang, elle est largement dominante pour les sites de Ouled-El-Kayem (100%) Oued-Athmania (97,3%), d'Oued-Seguen (86,6%), d'Ain-Tine (78,7%), d'Azzaba (75%) et d'Amira-Arres, modérément abondante pour le site de Zeghaia (60%), avec une faible fréquence pour le site de Marecheau (18,5%), Old Mila (8,3%) et Ain-Baida-Harriche (4%). La présence de *C. newsteadi*, en tant qu'espèce la plus abondante sur la plupart des sites d'échantillonnage, s'explique probablement par les capacités d'adaptation de ce moucheron piqueur à divers environnements tels que les fermes et les habitations humaines, et la présence de microhabitats favorables à la survie des larves (Zimmer et al., 2009). En effet, son association avec le bétail peut expliquer la forte abondance de *C. newsteadi*, que l'on trouve fréquemment nourri sur les moutons (Garros et al., 2011). De plus, il est bien adapté aux zones climatiques subhumides et semi-arides en Algérie, en particulier à Tizi-Ouzou, Mostaganem et les hautes terres occidentales de Bayadh-Rogassa (Berreyah et al., 2020). *Culicoides newsteadi* dominait aussi le Portugal (Pessoa et al., 2020). Sa distribution étendue jusqu'à 47,7% et 34% dans deux îles méditerranéennes voisines, la Sardaigne et la Corse du Sud, respectivement (Balenghien et al., 2014; Foxi et al., 2016). À l'inverse en Tunisie et au Maroc, *C. imicola* était l'espèce la plus associée au bétail et la plus répandue avec respectivement plus de 50% et 70% (Bourquia et al., 2020; Slama et al., 2016).

Culicoides punctatus était la deuxième espèce la plus commune dans la plupart de nos collections. On la trouve souvent nourri d'ovins et de bovins, ce qui explique sa forte abondance à Minar-Zareza (100%), Ain-Baida-Harriche (65,3%) et Tassala-Lamtai (46,6%), qui abritent ces animaux. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par Belkharouch (2021), qui confirme que *C.*

punctatus est plus abondant dans les gîtes mixtes des zones semi-arides en Algérie. Cette espèce est également assez répandue et abondante dans la région paléarctique (Ayllón et al., 2014).

Culicoides odiatus occupe le rang 3, elle a été collectée en plus grand nombre par rapport aux autres espèces capturées notamment à Elkribsa (66,6%), Telaghma (55%) et Amira-Arres (45,9%). L'abondance de cette espèce dans la zone d'étude peut être due à des conditions environnementales appropriées et/ou à la préférence de l'hôte et à sa capacité à s'adapter à une gamme de climats méditerranéens, y compris les climats subhumides et semi-arides.

Ce qui est intéressant dans notre échantillonnage est la faible prévalence de membres appartenant au sous-genre *Avaritia*, en particulier *C. imicola* en tant que vecteur afro-européen et méditerranéen éprouvé du BTV (Augot et al., 2017). Cette faible abondance de *C. imicola* pourrait s'expliquer par des facteurs climatiques défavorables pour le développement, des paramètres de l'environnement et de topographie non appropriés, incapacité à s'adapter au milieu de la région ou la présence de prédateurs (Purse et al., 2015; Belkharchouche, 2021). Cela peut également être lié aux conditions méditerranéennes extrêmement sèches qui peuvent entraîner une réduction de la disponibilité des sites de reproduction anthropiques pendant l'été (Foxi et al., 2016). Néanmoins, sa distribution dans certaines fermes ne peut être prédite qu'en tenant compte de la disponibilité de sites de développement larvaires appropriés, représentés par des parcelles de sol humides entourant des abreuvoirs pour animaux qui fuient et des bords d'étangs contaminés par des matières fécales (Foxi et Delrio, 2010 ; Foxi et al., 2016). Contrairement aux études antérieures en au Maroc (Lhor et al., 2015), en Tunisie (Slama et al., 2015) et en Algérie (Berrayah et al., 2020), où *C. imicola* a été trouvé largement distribué dans tout le pays. Dans le même contexte, *C. obsoletus* est considéré comme un vecteur potentiel en Europe du nord (Ninio et al., 2011; Mignotte et al., 2021). Elle est associées au bétail des fermes d'élevage (Elbers et Meiswinkel, 2015 ; Möhlmann et al., 2018).

La faible fréquence des autres espèces peut s'expliquer par la méthode de collecte, même si aucune technique ne être approprié en toutes circonstances pour toutes les espèces, et même si certaines méthodes seront mieux adaptées à une étude donnée que d'autres (McDermott et Lysyk, 2020). Certaines enquêtes entomologiques ont lié la faible fréquence de certaines espèces à la méthode de capture, la phénologie et le voltinisme des espèces, l'environnement de collecte, le type d'appât, la spécificité des pièges ou la présence d'animaux favorisant la capture d'autres espèces (Chenchouni et al., 2015 ; Amri et al., 2019 ; Yalles-Satha et al., 2022). Cette faible fréquence peut également être associée au fait que certaines espèces sont diurnes tandis que d'autres sont nocturnes (Farias et al., 2020).

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

D'après la figure 62, la variation des effectifs de l'indice de Simpson est très remarquable dont les plus grandes valeurs sont enregistrés à Tassala-Lemtai (IS = 3,43), Vieux Mila (IS = 3,27) et Amira-Arres (IS = 2,93), alors que la plus faible est enregistré à Zeghaia (IS = 0,02).

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 Minar-Zareza, Ouled-El-Kayem, Tadjnanet et 0,92 à Zeghaia, ce qui signifie une dominance de certaines espèces par rapport aux d'autres qui représentent une très faible dominance.

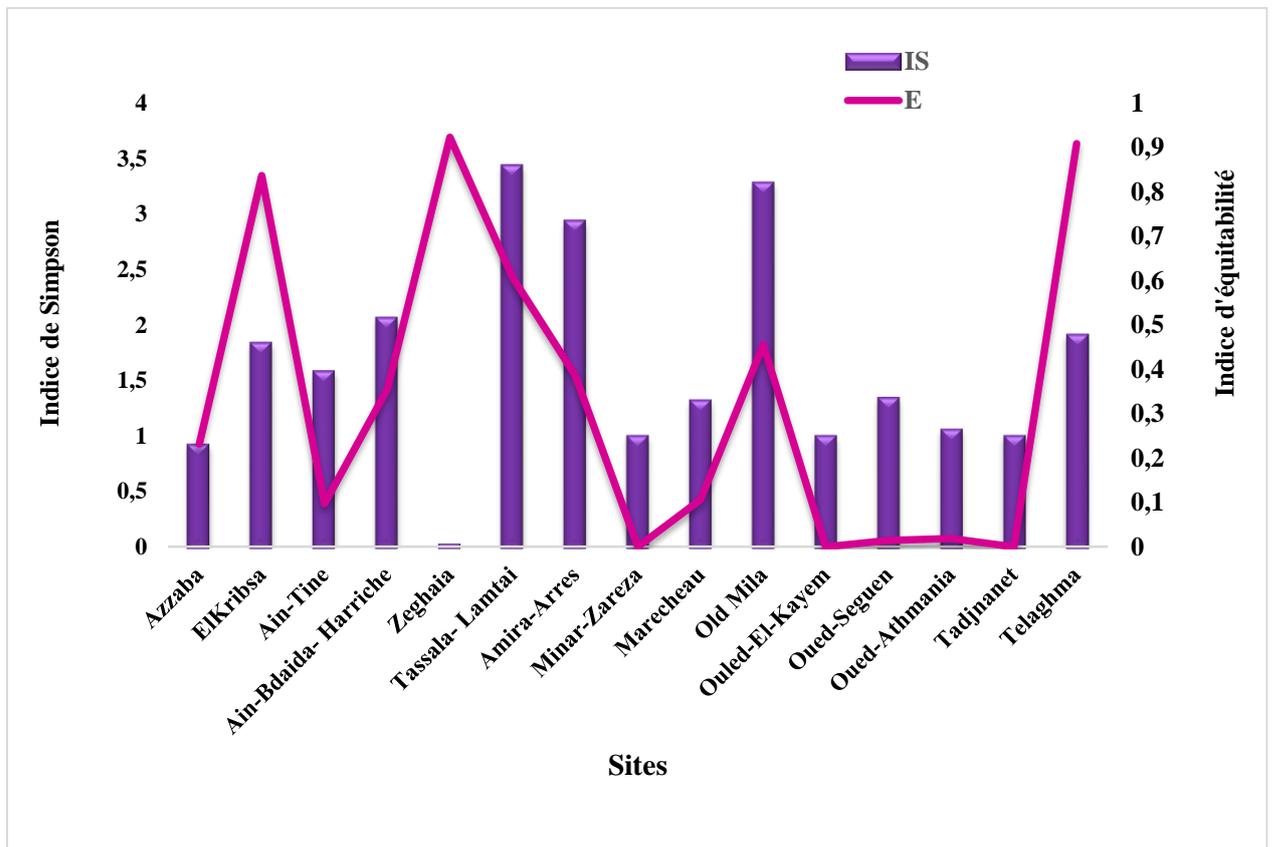


Figure 62 : Variations spatiales de l'indice de Simpson et d'équitabilité dans les sites prospectés.

L'ensemble, nos résultats montrent clairement la diversité plus élevée enregistrée à Tassala-Lemtai, Vieux Mila et Amira-Arres, où les ovins, les bovins et les caprins étaient le bétail le plus courant. En réalité la population des espèces de *Culicoides* à Mila composée de 22 espèces est légèrement diversifiée et peu équilibrée, en comparant avec la richesse spécifique composée de 59 espèces

en Algérie. Cela 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

Aucun des indices de diversité étudiés (SR, IS, E) ne différait significativement ($P > 0,05$) entre les localisations des pièges (l'intérieur vs l'extérieur des étables) et entre les types de sites piégés (rural vs suburbain). Cela est confirmé par l'analyse de l'échelle multidimensionnelle non métrique (NMDS) qui n'a révélé aucune différence statistiquement significative dans la composition des espèces de moucheron piqueurs de *Culicoides* entre l'extérieur et l'intérieur des étables et également entre les sites ruraux et suburbains.

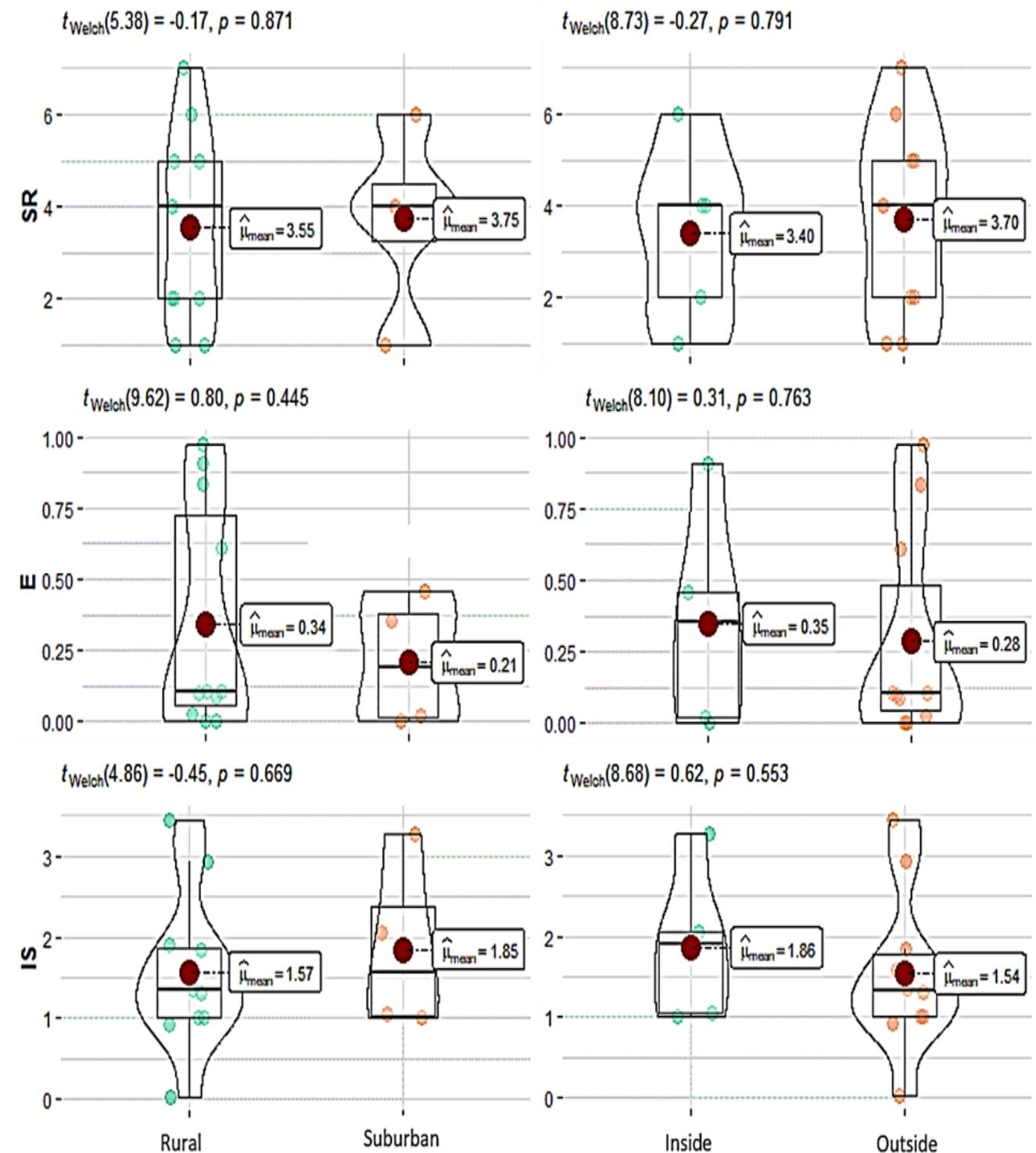


Figure 63 : Comparaison des indices de diversité (SR, richesse spécifique ; E, équitabilité ; IS, indice de Simpson) entre les sites ruraux et suburbains et entre l'intérieur et l'extérieur des étables. Les éléments du graphique sont les combinaisons de diagrammes en boîte et en violon ainsi que des points de données instables pour les sujets inter-sujets avec des détails statistiques (résultats du test t de Welch) inclus dans chaque diagramme en tant que sous-titre.

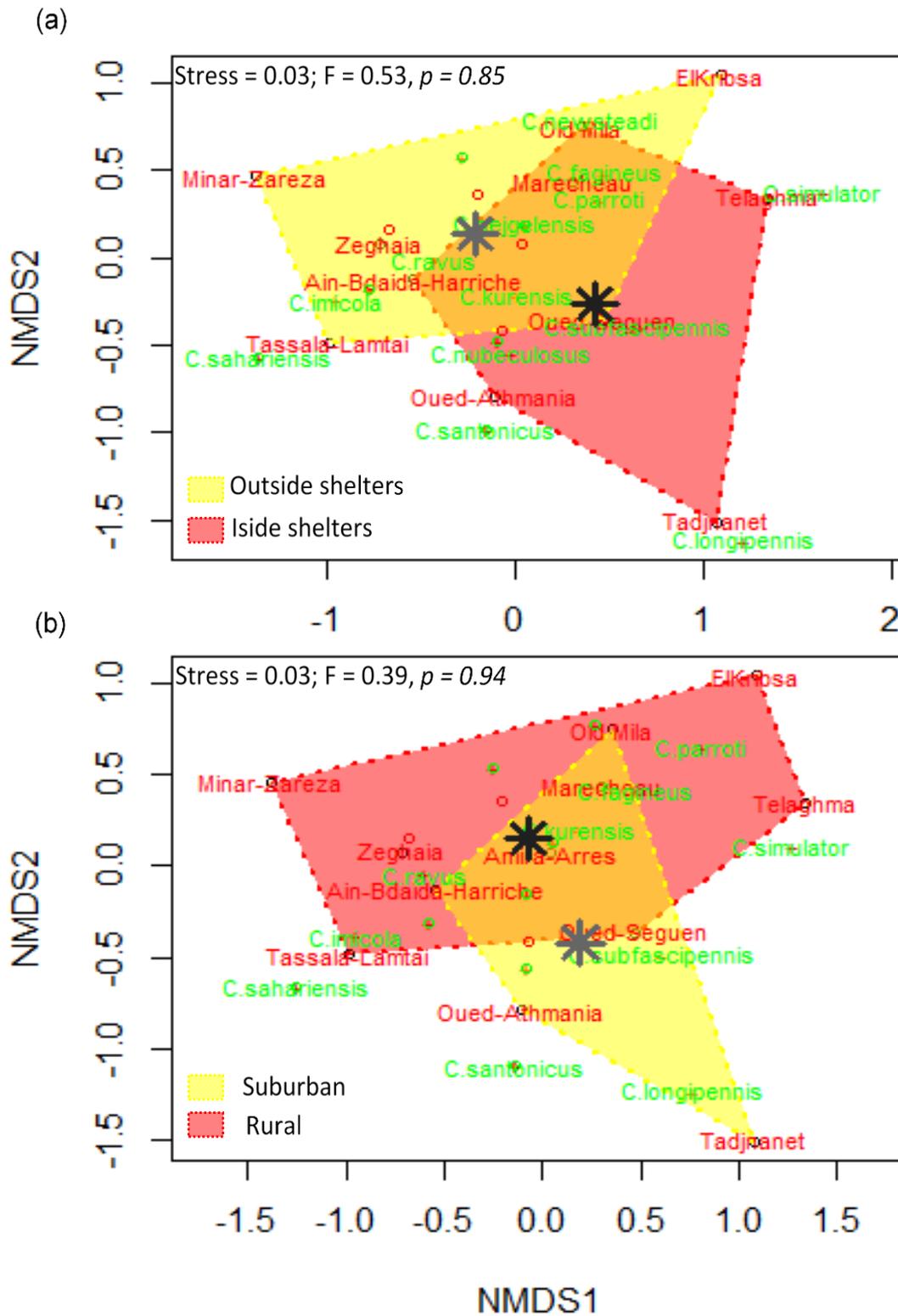


Figure 64 : Diagramme d'ordination de l'échelle multidimensionnelle non métrique (NMDS) comparant la composition des espèces de *Culicoides* entre les refuges pour animaux à l'intérieur et à l'extérieur (a) et entre les sites ruraux et suburbains (b). Le symbole astérisque (*) indique le centroïde de chaque polygone coloré.

Le nombre de *Culicoides* capturés dans tous les pièges et les indices de diversité ne diffèrent pas significativement ($P > 0,05$) avec le type de site d'échantillonnage (c.-à-d. rural ou suburbain) et l'emplacement des pièges à l'intérieur/à l'extérieur des étables. Notons que plus de moucheron ont été capturés dans les sites suburbains que dans sites ruraux. Nous pouvons donc dire que la plupart des sites échantillonnés étaient similaires en termes de composition des espèces de *Culicoides*. Actuellement, les informations sur les caractéristiques de l'habitat préféré des espèces de *Culicoides* sont méconnues. Les différences de couverture végétale entre les sites suggèrent que les sites ruraux abriteraient une plus grande abondance et diversité d'espèces de *Culicoides*. En effet, le bétail est présent à l'intérieur ou à l'extérieur des exploitations. Néanmoins, cela n'est pas confirmé dans les collectes effectuées au cours de cette étude, avec une différence négligeable du nombre d'individus recherchés entre les sites. Ce comportement suggère que les espèces de *Culicoides* semblent être plus adaptables à un milieu urbain, colonisent les petites parcelles d'habitat convenables disponibles et se dispersent sur des distances importantes pour trouver des hôtes autour des pièges (England et al., 2020). Ce qui rend une variété de sources de repas de sang disponibles attirant les espèces de *Culicoides* sur chaque site.

D'autre part, les mêmes types de végétation pourraient être plus étroitement associés à certains habitats en raison des différences dans les profils chimiques des sols à travers le paysage et jouer un rôle dans la sélection des sites d'habitat des espèces de *Culicoides* (Erram et al., 2019). Malgré toutes ces conditions, les *Culicoides* peuvent être trouvés dans la plupart des écosystèmes car ce genre contient une grande diversité d'espèces dont les individus sont capables de s'adapter à un environnement bien particulier (Perie et al., 2005).

3.1.4.5. Indice d'occurrence global

Les résultats d'occurrence a révélé que parmi tous les espèces de *Culicoides* capturés, *C. newsteadi* et *C. punctatus* étaient prédominants dans notre région d'étude en 2018–2019. *C. newsteadi* ($C = 66,7\%$) était fréquemment présent dans 10/15 sites d'échantillonnage. En revanche, une occurrence spatiale modérée ($C = 46,7\%$) a été conférée à *C. punctatus* capturé dans 7/15 étudiées. Le complexe *Culicoides obsoletus* et *C. odiatus* ($C = 26,7\%$) étaient caractérisés par une présence peu fréquente. Néanmoins, les espèces restantes présentaient une présence sporadique (6,7–13,3 %).

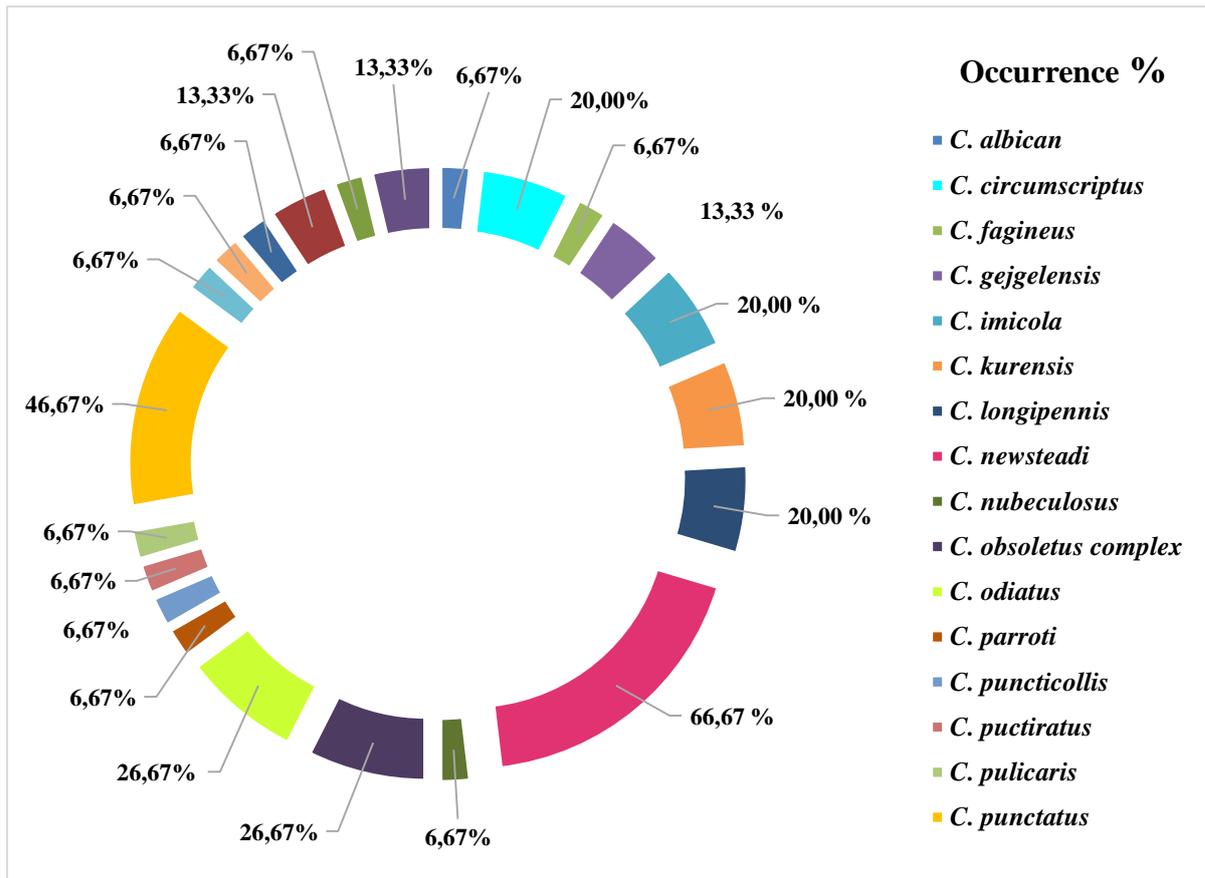


Figure 65 : Occurrence totale des *Culicoides* échantillonnés sur l'ensemble des stations au cours de la période d'étude (2018-2019).

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

Les tendances saisonnières des espèces de *Culicoides* sont illustrées dans la (fig. 66a). Le nombre de *Culicoides* piégés diffèrent selon les saisons et les espèces. *Culicoides newsteadi* a culminé en Juin 2018 (les moyennes mensuelles de température et d'humidité relative étaient de 22,4 °C et 60 %, respectivement) et en Juillet 2019 (les moyennes mensuelles de température et d'humidité relative étaient de 28 °C et 43 %, respectivement). *Culicoides punctatus* a culminé en Juin et Juillet (la température mensuelle moyenne et l'humidité relative étaient de 28,9 °C et 40 %, respectivement) de 2018 et n'est pas apparu en 2019. *Culicoides odiatus* a culminé en Juillet 2018 et a montré un petit pic en Juillet 2019. Pas de *Culicoides* ont été enregistrés au cours du mois d'Août des deux années d'étude.

Aucune corrélation significative n'a été trouvée entre le nombre mensuel d'espèces de *Culicoides* et les facteurs climatiques dans la région de Mila (fig. 66b). Cependant, ces moucheron ont révélé des réponses divergentes à ces facteurs climatiques où l'abondance totale des espèces de *Culicoides*

a montré une tendance positive non significative avec la température ($r = 0,23$, $P = 0,57$) et une tendance négative avec les précipitations ($r = -0,48$, $P = 0,22$) et l'humidité ($r = -0,13$, $P = 0,75$).

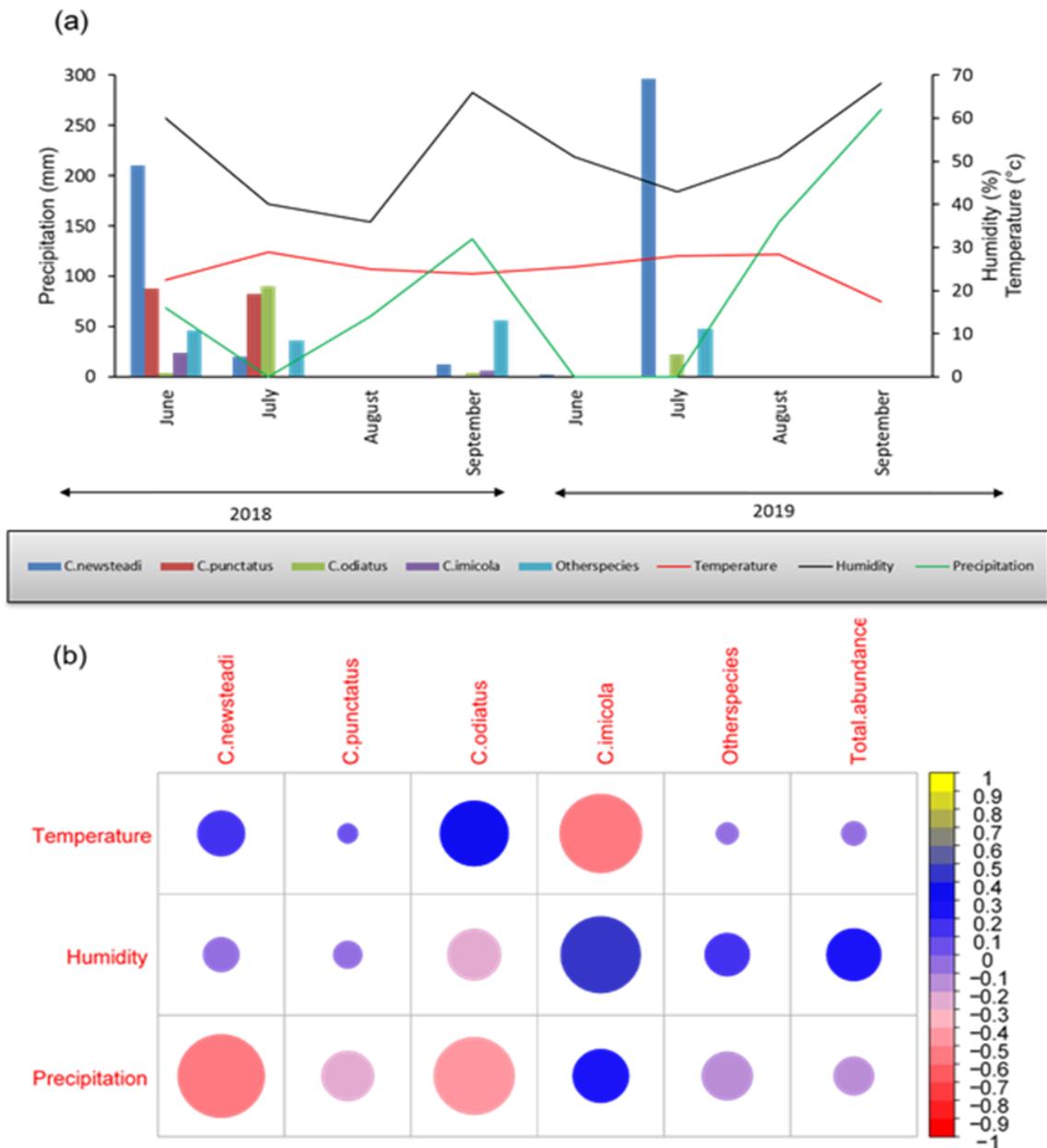


Figure 66 : Dynamique saisonnière des *Culicoides* et variation de la température, des précipitations et de l'humidité relative au cours des saisons 2018 et 2019 (a), et matrice de corrélation entre les variables climatiques et l'abondance des espèces de *Culicoides* (b). L'intensité de la couleur et la taille du cercle sont proportionnelles aux coefficients de corrélation. Dans la partie droite du corrélogramme, la couleur de la légende montre les coefficients de corrélation et les couleurs correspondantes.

Les *Culicoides* sont généralement des espèces multivoltines, avec des pics d'abondance de 1 à 3

fois par an (Gonzalez et al., 2021), ont une activité globale entre Avril et Octobre, avec un pic entre Juillet et Septembre selon la saisonnalité et la zone géographique (Dik, 1989 ; Dağalp et al., 2021). Des études antérieures ont démontré que le plus grand nombre de la plupart des espèces de *Culicoides* peut être collecté entre Mai et Novembre (été/automne) selon les espèces et les latitudes (Sarto et al., 2003 ; Cuéllar et al., 2018 ; Gonzalez et al., 2021) . Les pics d'abondance des *Culicoides* sont généralement liés à de fortes précipitations avant leur émergence (fin de printemps). Les stades immatures nécessitent également de l'humidité pour assurer un environnement boueux et humide à leur développement, de sorte que le manque d'eau (à la fin de l'été) affecte le taux de développement larvaire et la disponibilité d'habitats appropriés (Veggiani Aybar et al., 2010 ; Gonzalez et al., 2021). Ces résultats étaient en accord avec les résultats du Nord-ouest de l'Algérie, où le profil saisonnier des espèces méditerranéennes était bimodal (Belkharouch, 2021). La même tendance a été observée auparavant en Sardaigne (Foxi et al., 2016), en Tunisie (Sghaier et al., 2017), et en Espagne (Gonzalez et al., 2021).

Aucune des espèces de *Culicoides* rencontrées n'était significativement corrélée avec l'un des facteurs météorologiques étudiés. Cependant, nos résultats sont critiques en ce qui concerne le lien significatif entre l'abondance de ces moucheron piqueurs et les facteurs climatiques. Cela peut être lié aux facteurs actuels qui affectent les différences de comportement, de biologie et d'écologie de la population de *Culicoides*. Parfois le même facteur peut affecter la même espèce de différentes manières, soit ambivalentes, soit lors de la capture et/ou avec un ou plusieurs effets différés. Ce qui suggère indéniablement des impacts pouvant affecter les stades adultes et larvaires (Grimaud et al., 2019). L'absence ou la faible corrélation entre la dynamique mensuelle des espèces de *Culicoides* et les facteurs climatiques peut être partiellement due à l'éloignement de la station météorologique d'Ain-Tin des sites de collecte. Cependant, cela ne signifie pas nécessairement qu'il n'y a pas d'association ou d'impact de ces paramètres sur l'abondance et la distribution des moucheron de type *Culicoides*. Au lieu de cela, ce résultat pourrait être interprété par l'intervention d'autres facteurs tels que le déséquilibre environnemental induisant les effets différés forts et multiples de la température, puis de la pluie, qui semble définir la viabilité des habitats larvaires et les taux d'émergence. Des modulations induites sur les caractéristiques intrinsèques du site de reproduction (température, humidité) ou le lessivage pourraient avoir un impact sur les stades immatures (Grimaud et al., 2019). De plus, on ne peut exclure que les données météorologiques ne donnent pas une image correcte des conditions climatiques subies par les populations de *Culicoides* (Belkharouch, 2021). Ce résultat peut également être dû à l'effet de la température, qui peut exercer un impact négatif en été entraînant une diminution des abondances. Ce facteur majeur affecte positivement le développement larvaire, l'activité des adultes, l'augmentation de la ponte et

affecte négativement la survie des adultes (Purse et al., 2015).

Actuellement, le changement climatique et son impact sur les composants biotiques et abiotiques de l'écosystème sont la cause de préoccupation majeure dans le monde entier, y compris l'énorme influence sur la flore et la faune provoquant des changements de répartition géographique et des extinctions de plusieurs espèces (Kannan et James, 2009 ; Xu et al., 2009 ; Mukhopadhyay et al., 2017 ; Arar et al., 2019).

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

La répartition des espèces de *Culicoides* le long des plages d'altitude est présentée dans (fig.67 a). Le plus grand nombre d'espèces de *Culicoides* a été observé à des altitudes moyennes de 400 à 800 m. Néanmoins, peu d'espèces étaient présentes dans les plages d'altitude (0–400 m) et (800–1000 m). En se concentrant sur les trois espèces les plus abondantes (fig. 67b), *C. newsteadi* a été trouvé dans des sites de moyenne et haute altitude (201–1000 m d'altitude), avec un pic à 601–800 m d'altitude. Sa distribution a montré une faible corrélation positive avec l'altitude ($r = 0,19$). En revanche, *C. punctatus* a enregistré sa plus grande abondance à 401–600 m d'altitude et sa distribution était négativement corrélée avec l'altitude ($r = -0,19$). *Culicoides odiatus* était abondant à 401–600 m d'altitude, et sa distribution était négativement corrélée avec l'altitude ($r = -0,20$).

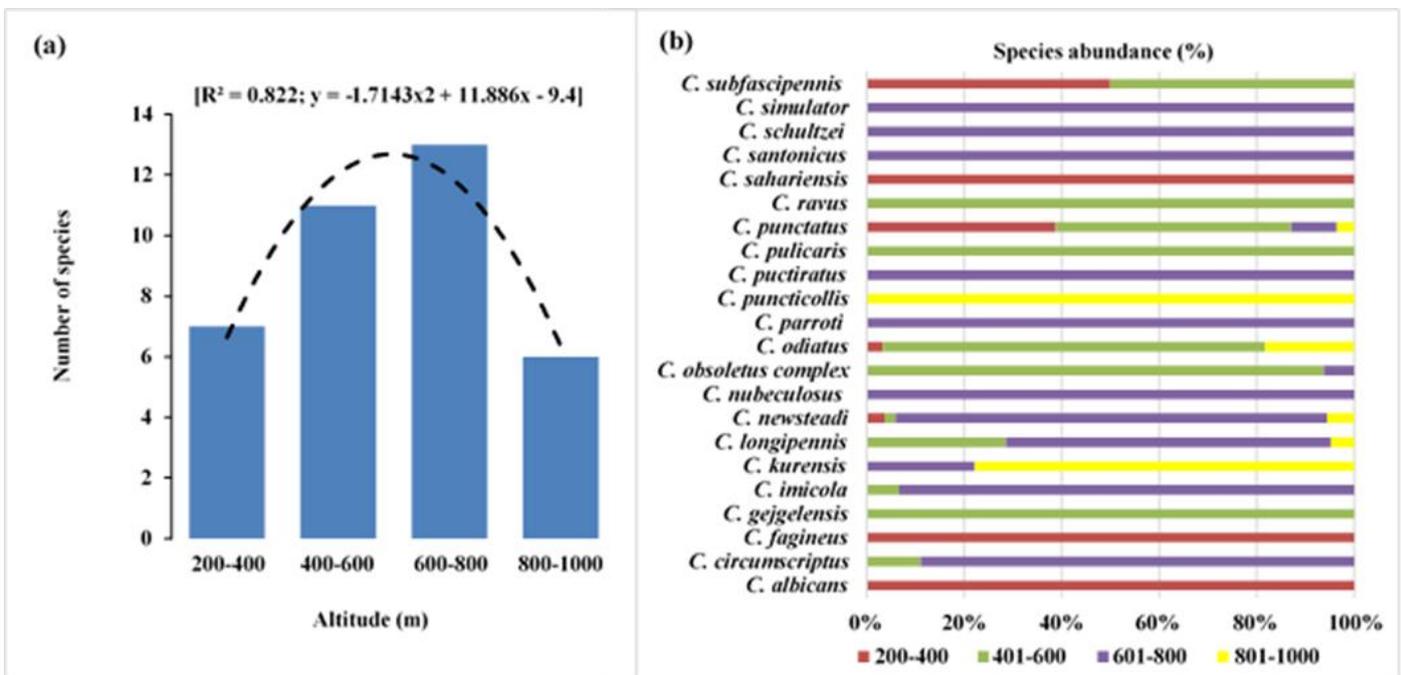


Figure 67 : La distribution altitudinale de l'abondance des espèces de *Culicoides* (a) et l'abondance (%) des espèces de *Culicoides* capturées à différentes plages d'altitude (b).

L'altitude semble influencer l'abondance, la distribution et la diversité des espèces de *Culicoides* dans chaque site de capture. Classiquement, l'altitude et l'abondance des insectes sont négativement corrélées, sauf pour les espèces qui tolèrent ces conditions spécifiques et limitées (Belkharouch, 2021). Dans notre cas, il est clairement remarquable qu'il y ait un effet positif de l'altitude sur l'abondance des espèces de *Culicoides*, où l'abondance spécifique la plus élevée est bien marquée dans les sites d'altitude moyenne à relativement élevée (400–800 m). Alors que, peu de *Culicoides* présentent dans les plages d'altitude restantes. Dans l'ensemble, les régions tropicales humides sont l'habitat préféré des insectes, mais ils ont également été enregistrés à haute altitude (Mukhopadhyay et al., 2017). Cela semble également être le cas pour les moucheron piqueurs de type *Culicoides*, où plusieurs études ont confirmé la capacité de ces espèces à s'adapter à haute altitude mais avec une extension limitée (Mukhopadhyay et al., 2017 ; Duan et al., 2019 ; Grimaud et al., 2019). Cela est principalement dû à différents facteurs, dont beaucoup sont associés à l'influence de l'environnement hostile sur la biologie des vecteurs, tels que la faible abondance, compétence et la courte saison d'activité de ces vecteurs (Duan et al., 2019). Dans l'ensemble, peu d'études ont étudié les relations entre l'altitude et l'abondance des *Culicoides* (Yang et al., 2018). L'altitude n'a probablement pas d'impact direct sur l'activité de dispersion des espèces de *Culicoides*, mais elle est liée à la réplication et à l'infection virale du BTV en raison de la basse température (Duan et al., 2019). En effet, l'altitude contrôle certains paramètres climatiques dont la température, les précipitations, la pression atmosphérique, etc. Ainsi, l'altitude joue un rôle fondamental dans la détermination du modèle de répartition de l'organisme vivant, dont les parasites et les vecteurs.

3.2. Inventaire systématique des phlébotomes recensés dans la région de Mila

3.2. 1. Composition des communautés des espèces de phlébotomes

Durant l'inventaire de la faune phlébotomienne dans la région de Mila, nous avons récolté 4606 spécimens appartenant aux deux genres *Phlebotomus* (5 espèces) et *Sergentomyia* (1 seule espèce). La liste des espèces récoltées est présentée dans le tableau 15.

Notre recensement a permis de mettre en évidence 06 espèces appartenant à l'ordre de *Diptera*, la famille de *Psychodidae*, la sous – famille des *Phlebotominae*, le genre de *Phlebotomus* et de *Sergentomyia*, à 4 sous-genres : *larrousius*, *phlebotomus*, *paraphebotomus* et *sergentomyia*.

Tableau 15 : Liste globale des espèces de phlébotomes récoltées dans la région de Mila.

Famille	Sous-famille	Genre	Sous- genre	Espèces
Psychodidae	Phlebotominae	<i>Phlebotomus</i>	<i>Larroussius</i>	<i>P. perniciosus</i> (Newstead, 1911)
				<i>P. longicuspis</i> (Nitzulescu, 1930)
				<i>P. perfiliewi</i> (Parrot, 1930)
		<i>Phlebotomus</i>	<i>P. papatasi</i> (Scopoli, 1786)	
		<i>Paraphebotomus</i>	<i>P. sergenti</i> (Parrot, 1917)	
		<i>Sergentomyia</i>	<i>Sergentomyia</i>	<i>S.minuta</i> (Adler et Theodor, 1927)

Toutes les espèces recensées à savoir *P.perniciosus*, *P.perfiliewi*, *P.longicuspis*, *S. minuta*, *P.papatasi* et *P.sergenti* ont été préalablement signalées en Algérie. Nous avons identifié 6 espèces, et même si cette richesse en espèces dans la région de Mila représente moins d'un tiers de la diversité des phlébotomes algériens (24 espèces) (Berdjane-Brouk et al ., 2011), la collection de 6 espèces dans la même région indique une richesse assez importante en espèces, comparable à celle observée dans une précédente étude dans la même wilaya où seulement 4 espèces étaient identifiées (Messai et al., 2011). Ainsi qu'un d'autres wilayas situé au nord de l'Algérie citons : Constantine avec 4 espèces, Oum El Bouaghi et Skikda avec 5 espèces (Bouleknafate, 2006 ; Frahta-Benothmane, 2015 ; Kabbout et al ., 2014).

La différence en richesse serait due à plusieurs paramètres de développement et d'émergence quel que soit climatique, géographique ou environnementaux. Ainsi que le choix des lieux d'étude qui sont des exploitations du bétail où il regroupe plusieurs facteurs tels que la présence d'animaux, les cours d'eau et abreuvoirs, des substrats humides, les fumiers et bouses des bovins, la végétation et arbres formant ainsi, les milieux préférés soit pour son développement larvaire soit pour son repos pendant la journée. Tous ces facteurs interviennent dans la différence en espèces.

3.2.2. Description des espèces recensées

3.2.2.1. *Phlebotomus (Larroussius) perniciosus* Newstead, 1911

En Algérie *P. perniciosus* considéré parmi les espèces les plus abondantes, largement répandue dans le nord du pays, sa répartition est constante dans le constantinois et en grande Kabylie, et plus rare dans les steppes sahariennes arides telles que la région de M'zab (Dedet et al., 1984). Dans l'est algérien, l'espèce *P. perniciosus* se retrouve dans tous les étages bioclimatiques avec

cependant une fréquence relativement élevée dans les zones humides (Berchi, 1993), provenant des zones domestiques et montagnardes (Berchi et al., 2007). Elle est généralement endophile et anthro-po-zophile (Bounamous, 2010). *P. perniciosus* est présent durant toute l'année pour certaines régions, son activité atteint le maximum de Juin à Juillet en Algérie (Dedet et al., 1984). Elle est prouvée comme vecteurs biologique de *Leishmania infantum* dans les pays du bassin méditerranéen, parmi lesquelles l'Algérie (zymodem MON-1) (Harrat et al., 1995; Izri et al., 2006; Bounamous et al., 2014; Mouloua et al., 2017).

▪ **Description morphologique du mâle de *Phlebotomus perniciosus***

- Style porteur de 5 épines longues et bien développées, dont 2 terminales et 3 situées presque au même niveau vers le milieu du segment.
- Valve pénienne bifurquée à l'extrémité pointue (**a**) avec occasionnellement une petite dent surnuméraire.
- Fourche terminale très polymorphe à pointes égales ou inégales et pourvues ou non de denticulations latérales.

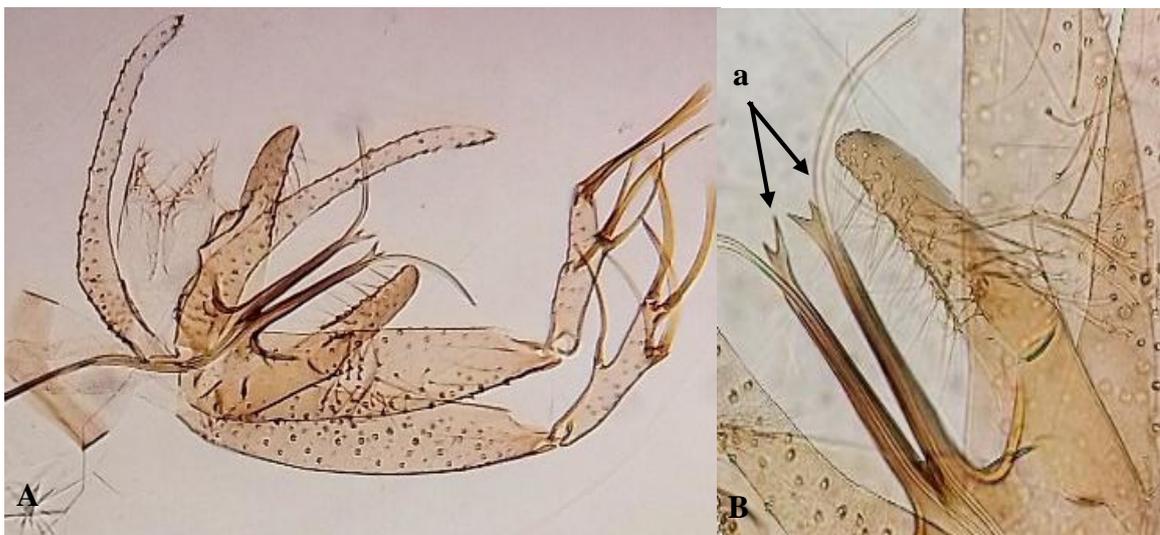


Figure 68 : Critères d'identification morphologique de *P. perniciosus* ♂ ; (A) Vue générale du génitalia mâle (×10) ; (B) Edéage ; (C) Pharynx (×40) (photos originales).

▪ **Description morphologique de la femelle de *Phlebotomus perniciosus***

- Corps de la spermathèque constitué d'une dizaine d'anneaux de 7 à 12 (Zeroual, 2017) (**a**), munie d'un col long et grêle dont le diamètre diminue progressivement de la base à l'extrémité distale (**b**), et se termine avec une petite tête arrondie (**c**).

- Spermathèque (corps, processus terminal et conduit) de structure morphologique semblable à celle observée chez *P. longicuspis*; caractère différentiel représenté par l'aspect de la partie terminale du conduit de la spermathèque (Leger et al., 1983).
- Pharynx postérieur présentant une plage homogène de petites dents insérées sur des lignes concaves (**d**).

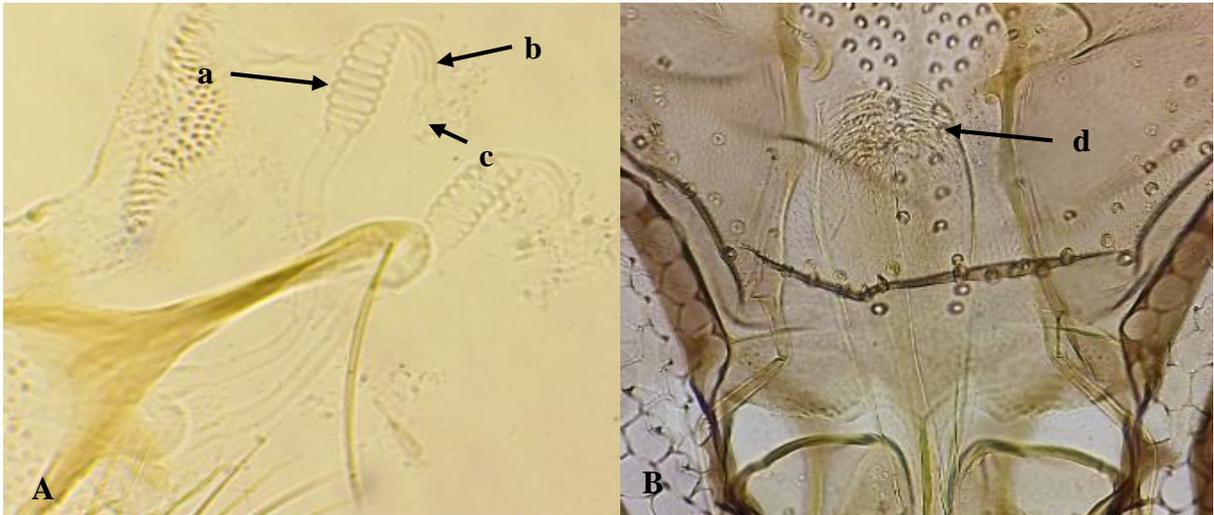


Figure 69 : Critères d'identification morphologique de *P. perniciosus* ♀ ; (A) Vue générale de la spermathèque femelle ; (B) Pharynx (×40) (photos originales).

3.2.2.2. *Phlebotomus (Larroussious) perfilewi* Parrot, 1930

P. perfilewi est une espèce endophile et exophile, En Algérie sa distribution géographique est limitée dans les zones bioclimatiques humides, sub- humide et semi-aride (Boumanous, 2010). avec un absentéisme totale dans les zones bioclimatiques aride et saharien (Dedet et al., 1984). L'activité saisonnière de *P. perfilewi* au Nord d'Afrique atteint son optimum au mois de Septembre (Zhioua et al., 2007). *P. perfilewi* est le vecteur de la leishmaniose cutanée à *Leishmania infantum* (zymodem MON-24) en Afrique du Nord à savoir l'Algérie (Gherbi, 2020).

▪ Description morphologique male de *Phlebotomus perfilewi*

- Le style possède cinq épines : 2 épines apicales et 3 médianes.
- Le coxite porte, sur sa face interne, 16 à 20 soies (**a**), situées près de milieu du coxite et décalées vers la base.

-Valve pénienne à pavillon large, à extrémité distale spatulée (**b**). La marge externe est sombre et pourvue de 4 à 6 denticules acères. La face interne est constituée d'une membrane claire et translucide donnant un aspect. Tronque à la valve.

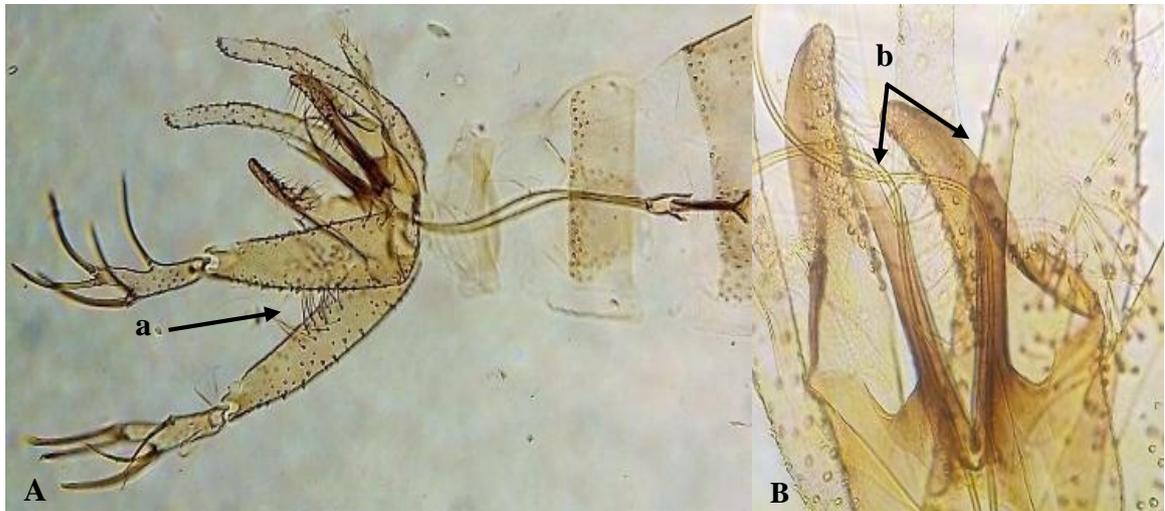


Figure 70 : Critères d'identification morphologique de *P. perfiliewi* ♂ ; (A) Vue générale de la génitalia mâle (×10) ; (B) Edéage (×40) (photos originales).

▪ **Description morphologique femelle de *Phlebotomus perfiliewi***

- Spermathèque avec un nombre d'anneaux plus élevé de 12 à 18 (**a**) munie d'un petit cou (**b**) qui se rétrécit avant la petite tête ovale (**c**).

- Armature pharyngienne occupant le ¼ de la longueur de l'organe, plage de denticules longs et minces, disposés en rangées semi-circulaires (**d**).

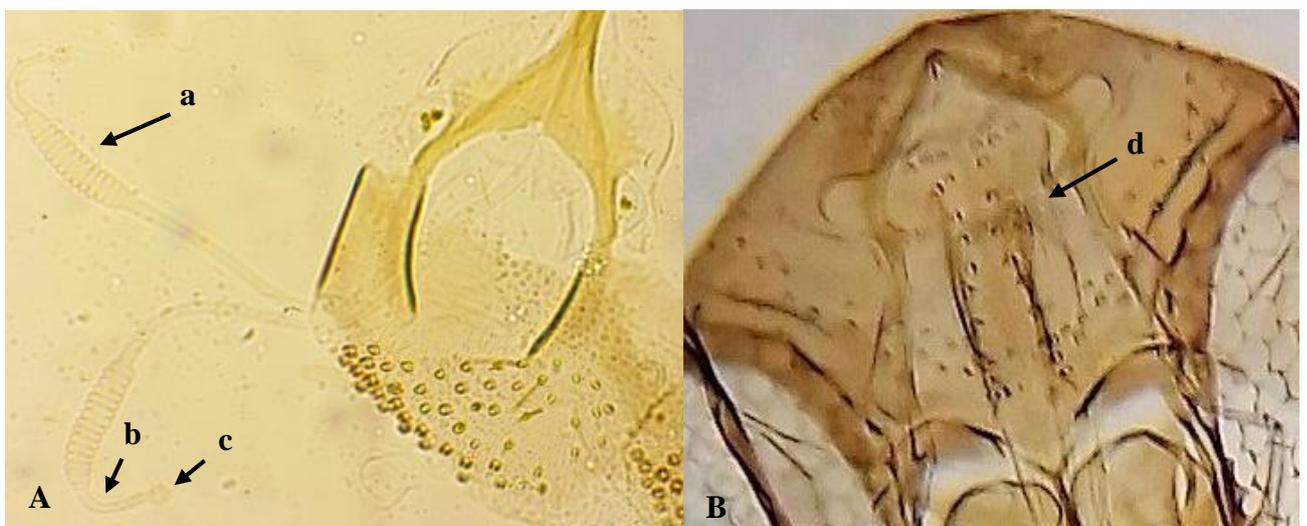


Figure 71 : Critères d'identification morphologique de *P. perfiliewi* ♀ ; (A) Vue générale de la spermathèque femelle (×40) ; (B) Pharynx (×40) (photos originales).

3.2.2.3. *Phlebotomus (Larroussious) longicuspis* Nitzulescu, 1930

P. longicuspis est étroitement apparenté à *P. perniciosus* et en parfaite ressemblance sur la presque totalité de la zone de distribution de *P. perniciosus*. Elle a un comportement endophile et anthro- zoophile (Bounamous, 2010 ; Ramdan et Berchi, 2018 ; Gherbi, 2020). *P. longicuspis* est rapporté dans le Tell algérien sur la frange saharienne notamment sur les hauts plateaux arides et semi-arides, en plus des zones rurales et sauvages (Ramdan et et Berchi, 2018). Au Nord de l'Algérie l'activité de *P. longicuspis* s'étale de mai à octobre, avec une densité maximale de Juin à Septembre (Bounamous, 2010). *P. longicuspis* est le vecteur prouvé de *L. infantum* dans les pays d'Afrique du Nord (Aoun et Bourabtime 2014), citons l'Algérie (Mouloua et al ., 2017).

▪ Description morphologique du mâle de *P. longicuspis*

- Style à 5 épines (a) comme les autres espèces du genre *Larroussious*.
- Les mâles diffèrent par la morphologie de la structure terminale de la valve pénienne et par le nombre de soies sur la face intérieure du coxite.
- La valve pénienne est simple, droite, pointue et effilée plus ou moins soit recourbée (b) avec 18 à 31 soies sur le coxite de *P. longicuspis* typique (c). Pour l'espèce atypique, la valve pénienne est incurvée à son extrémité et possède 10 à 16 soies au niveau du coxite.

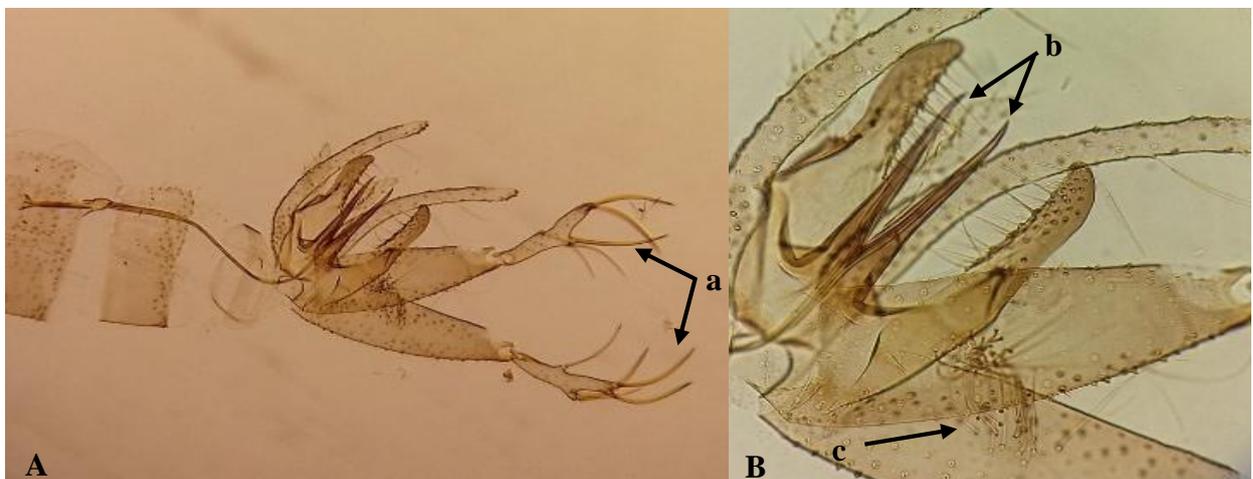


Figure 72 : Critères d'identification morphologique de *P. longicuspis* ♂ ; (A) Vue générale du génitalia mâle (×10) ; (B) Edéage (×40) (photos originales).

▪ Description morphologique de la femelle de *P. longicuspis*

La femelle de *P. longicuspis* est très semblable (indifférenciables) à celle de *P. perniciosus*.

- Spermathèque annelée (de 9 à 10 anneaux) (Dedet et al., 1984) (a), munie d'un col long et grêle (b) dont le diamètre diminue progressivement de la base à l'extrémité distale, et se termine

avec une petite tête ovale (c), tandis que chez *Phlebotomus perniciosus* elle est arrondie; le conduit de la spermathèque est de calibre uniforme, depuis son origine jusqu'à l'extrémité, strié transversalement.

Contrairement à *Phlebotomus perniciosus* les sacs ovariens sont granulés (Dedet et al., 1984) en position latérale à la base des conduits de la spermathèque sous forme de petites lamelles plates en forme de polygone allongé, et vus par la tranche, ressemblent à de minces bâtonnets.

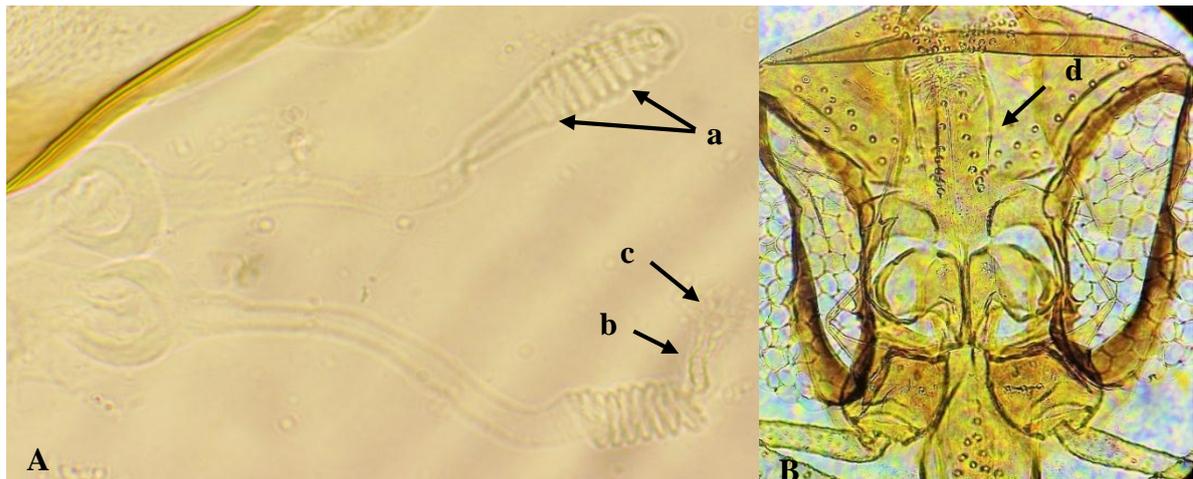


Figure 73 : Critères d'identification morphologique de *P. longicuspis* ♀ ; (A) Vue générale de la spermathèque femelle ; (B) Pharynx (×40) (photos originales).

3.2.2.4. *Phlebotomus (Phlebotomus) papatasi* Scopoli, 1786

P. papatasi est l'espèce la mieux connue du fait de sa grande taille jusqu'à 2,60 mm de longueur, de sa fréquence et de l'importance de son aire géographique (Dedet et al, 1984). Cette espèce est décrite comme étant endophile, péri-domestique et anthropophile (Belal et al., 2017 ; Gherbi, 2020). En Algérie, *P. papatasi* se trouve préférentiellement sur tout le territoire algérien. Il est particulièrement abondant dans toute la frange steppique nord saharienne, mais se rencontre également dans le Tell et sur les Haut Plateaux (Bounamous, 2010) , et rarement recueillie au stade bioclimatique semi-aride et les zones steppiques non sahariennes. Elle est abondante dans les basses altitudes (<300 m) et plus rare aux altitudes supérieures à 500 mètres. Cette espèce est prouvée comme étant le vecteur biologique de *Leishmania major* en Afrique du Nord ainsi qu'en Algérie (Gherbi, 2020).

▪ Description morphologique du mâle de *P. papatasi*

- Génitalia très développé.
- Style long portant 5 épines courtes et spatulées (3 terminales et 2 échelonnées sur le tiers distal) (a), lobe latéral terminé par 2 épines spatulées (b).

- Le coxite de l'espèce porte une touffe de 12 soies longues bien différenciées (c), et un petit tubercule avec quelque touffe de soies courtes (6 ou plus) à sa fin.
- Les valves pénienues courtes avec une extrémité mousse conique à son extrémité (d), paramères trilobés.

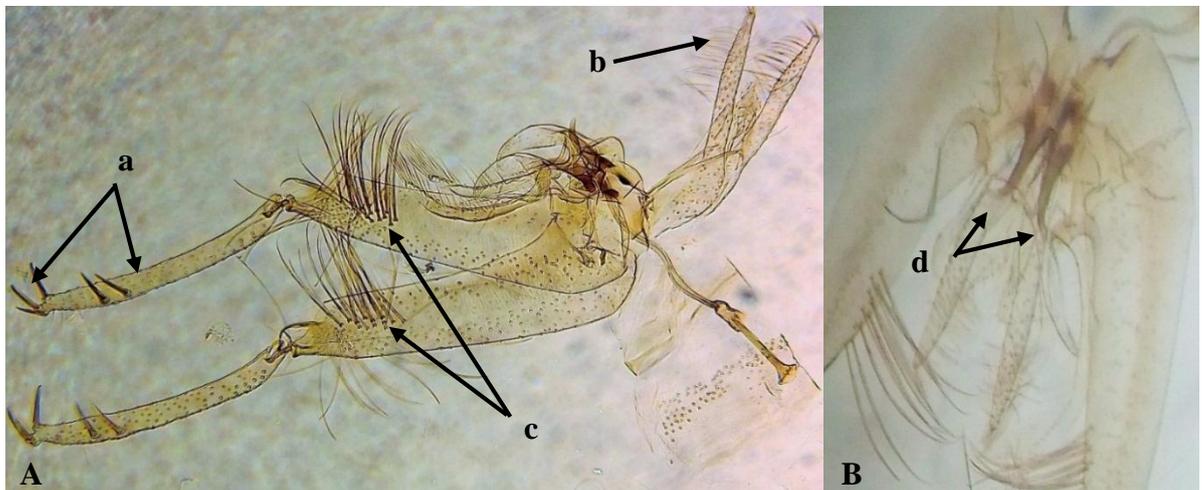


Figure 74 : Critères d'identification morphologique de *P. papatasi* ♂ ; (A) Vue générale du génitalia mâle (×10) ; (B) Edéage (×40) (photos originales).

▪ **Description morphologique de la femelle *P. papatasi***

- Spermathèques segmentées de 6 à 9 anneaux sans col (a).
- Pharynx postérieur armé dans son tiers postérieur d'une plage de dents écailleuses irrégulières dans leur forme et leur implantation (b).

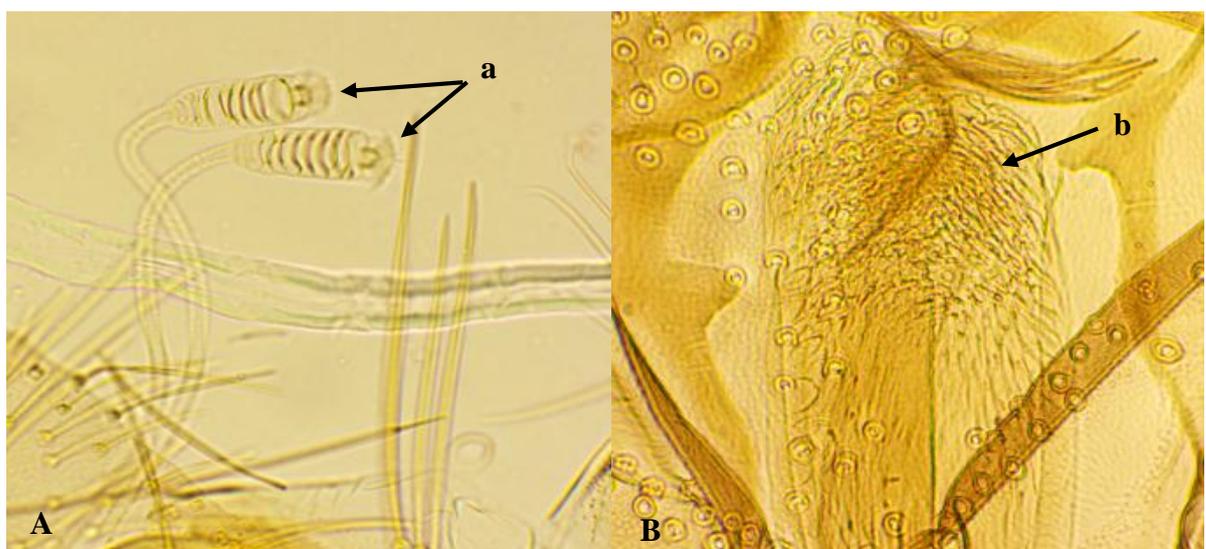


Figure 75 : Critères d'identification morphologique de *P. papatasi* ♀ ; (A) Vue générale de la spermathèque femelle ; (B) Pharynx (×40) (photos originales).

3.2.2.5. *Phlebotomus (Paraphlebotomus) sergenti* Parrot, 1917

P. sergenti est une espèce généralement anthro- zoophile et endophile, péri-domestique (Belal et al., 2017 ; Gherbi, 2020). En Algérie, cette espèce est active du mois d'Avril au mois de Novembre. Elle est largement distribuée dans tout le pays, est très fréquent, il est présent aussi bien au sud du pays dans les contreforts de l'Atlas saharien et les steppes présahariennes que dans les régions telliennes .Il est également présent au Sahara central (Tassili et Hoggar), mais avec une faible densité sur tous les étages bioclimatiques et au niveau des basses et hautes altitudes (Gherbi, 2020 ; Bounamous, 2010). *Phlebotomus sergenti* est le principale vecteur de *leishmania tropica* (Guilvard et al., 1991). Mais aussi de *Leishmania killiki* (Harrath et al., 2009; Mansouri et al., 2012).

▪ **Description morphologique du mâle de *P. sergenti***

- Génitalia court.
- Style court et trapu avec 4 longues épines dont 2 sont terminales ou subterminales et 2 à proximité de la base du segment (a).
- Coxite un peu courte portée le lobe basal étroit, court, coudé portant 6 à 10 soies relativement courtes (b) ; le lobe latéral plus long que le coxite (c).
- Valve pénienne court en cône à extrémité mousse et légèrement courbée (avec un crochet terminal) (d).

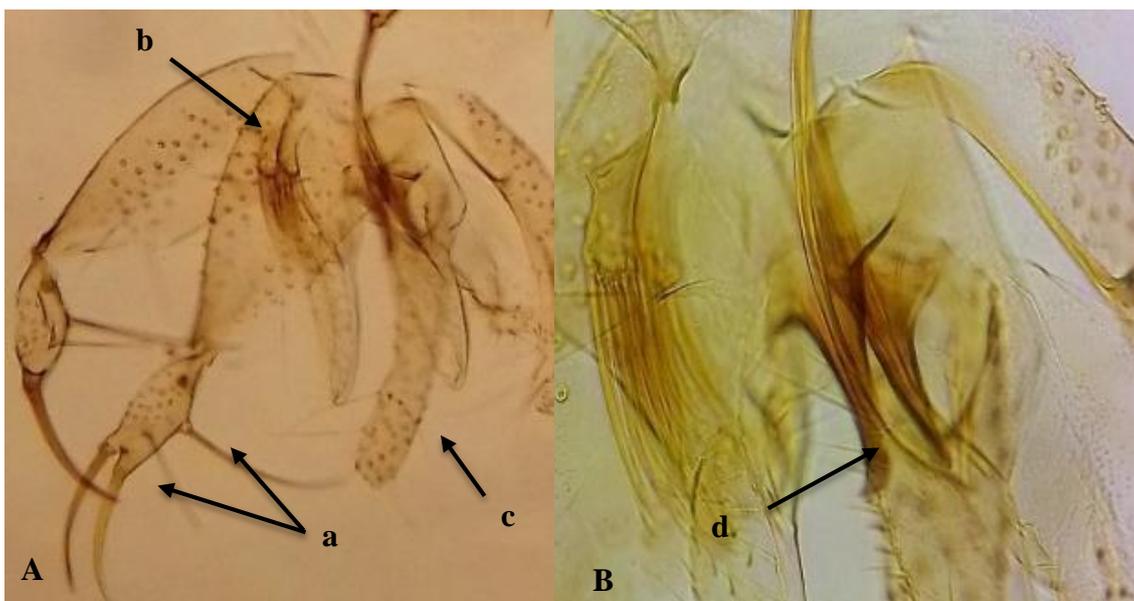


Figure 76 : Critères d'identification morphologique de *P. sergenti* ♂ ; (A) Vue générale du génitalia mâle (×10) ; (B) Edéage (×40) (photos originales).

▪ **Description morphologique de la femelle *P. sergenti***

- Spermathèques segmentées constitué de 5 anneaux (parfois 4 à 6) (a), le dernier est nettement individualisé (élargi un peu).
- Pharynx avec une armature de fortes dents cunéiformes (b).



Figure 77 : Critères d'identification morphologique de *P. sergenti* ♀ ; (A) Vue générale de la spermathèque femelle ; (B) Pharynx (×40) (photos originales).

3.2.2.6. *Sergentomyia (Sergentomyia) minuta* Parroti, Adler et Theodor, 1927

S. minuta est une espèce héropéophile rencontrée souvent dans les milieux urbains comme dans les milieux ruraux (Gherbi, 2020). C'est un Phlébotome de très petite taille (1,6 à 2,1 mm) dont la diagnose spécifique pose peu de problèmes (Dedet et al., 1984). Elle apparaît comme une espèce excessivement commune en Algérie, présente du nord au sud et, d'est en ouest sur l'ensemble du territoire national à toute altitude y compris au-dessus de 1200 m, mais domine surtout les étages subhumides et semi-arides (Dedet et al., 1984 ; Bounamous, 2010). *S. minuta* est impliquée en tant que vecteur de *Leishmania major* et *Leishmania infantum* dans le bassin méditerranéen ainsi qu'en Afrique du Nord (Gherbi, 2020).

▪ **Description morphologique du mâle de *S. minuta***

- Style trapu, pourvu de 4 épines terminales groupées (a) et d'une soie non caduque insérée au niveau du tiers apical.
- Valve pénienne (édéage) courte et robuste, et digitiforme arrondie à l'extrémité (b).

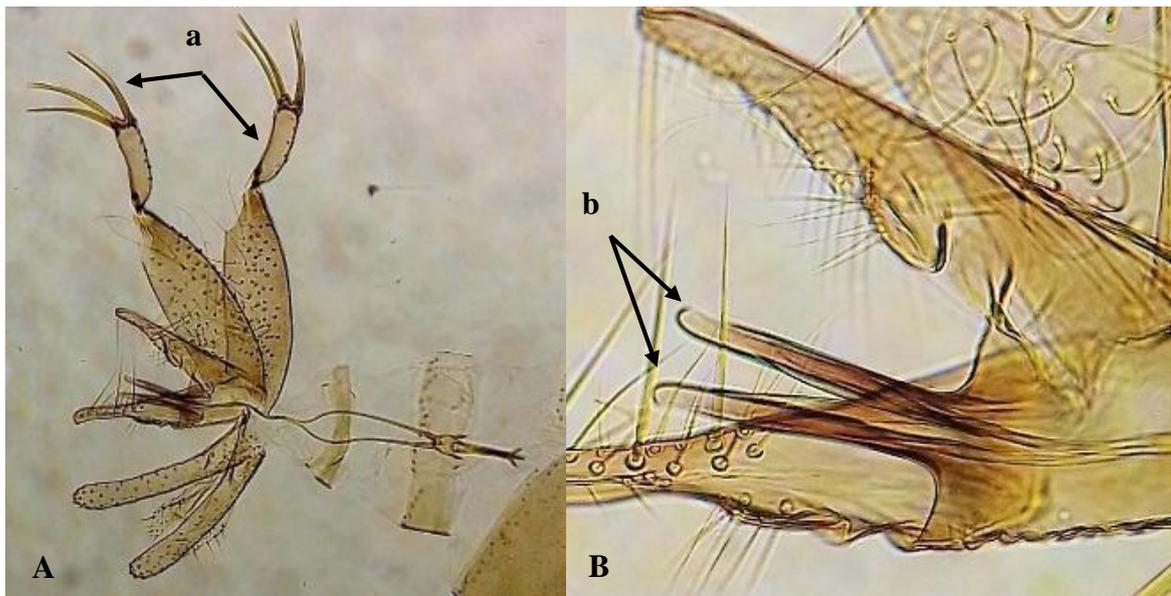


Figure 78 : Critères d'identification morphologique de *S. minuta* ♂ ; (A) Vue générale du génitalia mâle (×10) ; (B) Edéage (×40) (photos originales).

▪ **Description morphologique de la femelle *S. minuta***

- Spermathèques tubulaire entièrement lisse (a).
- Conduits lisses ou ondulés ou capsules lisses avec ou sans épines, mais non segmentées (b).
- Cibarium armé avec une plage pigmentée plus ou moins développée (c).

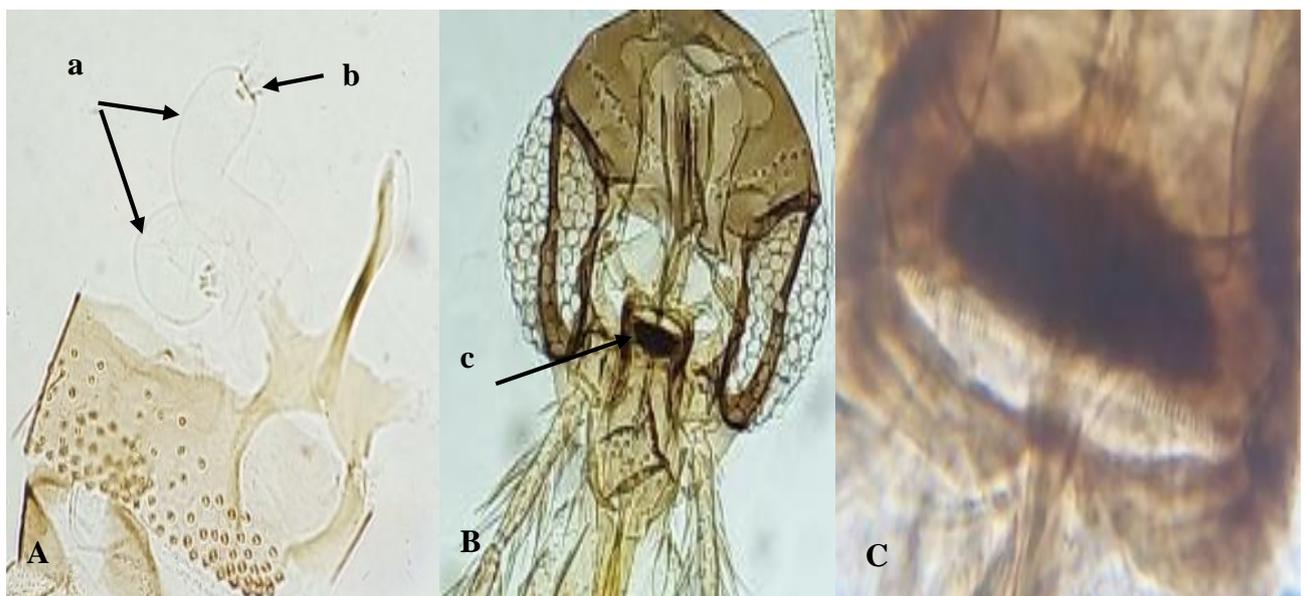


Figure 78 : Critères d'identification morphologique de *S. minuta* ♀ ; (A) Vue générale de la spermathèque femelle ; (B) Pharynx ; (C) Cibarium (×40) (photos originales).

3.2.3. Structure bio-écologique des phlébotomes recensées

3.2.3.1. Répartition des phlébotomes selon le genre et le sous- genre

La répartition des phlébotomes selon le genre indique que le genre *Phlebotomus* a dominé l'ensemble de la population phlebotomienne 99,4% avec par rapport au genre *Sergentomyia* avec seulement 0,6%.

Si l'on tient compte les abondances des sous genres, la figure 44 montre que le sous genre *Larroussius* domine la récolte par 3 espèces (99%) ; par contre les autres sous genre à savoir, *Phlebotomus* (0.58 %), *Paraphebotomus* (0.30 %), *Sergentomyia* (0.10%) ont une seule espèce chacun.

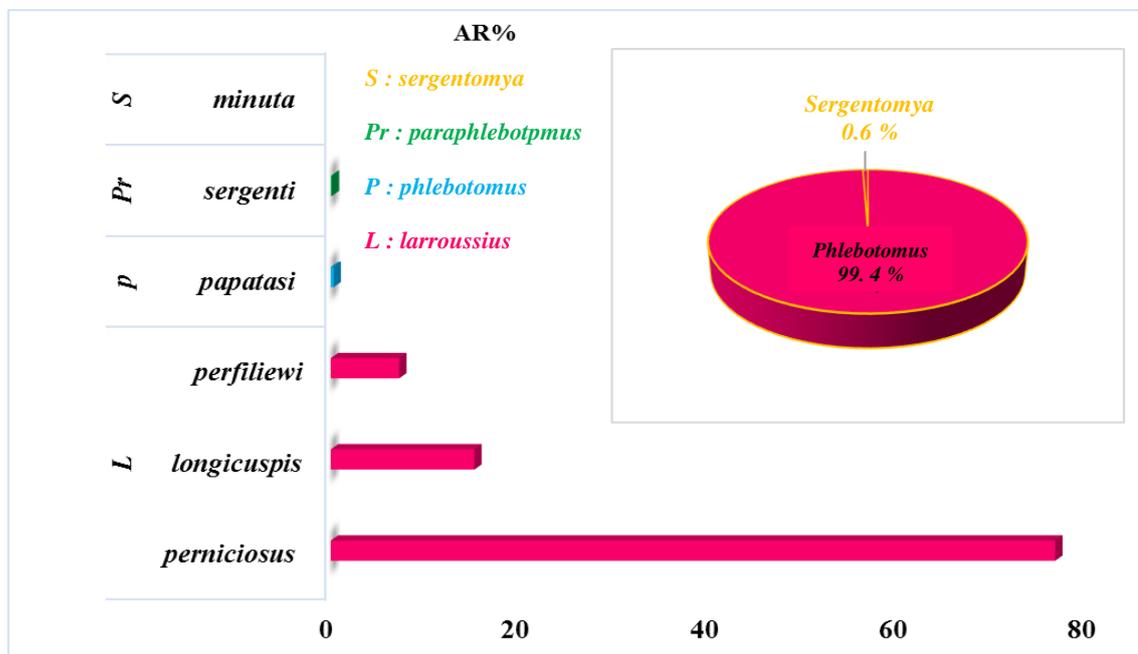


Figure 80 : Répartition des phlébotomes collectés selon le genre et le sous-genre et espèces.

En ce qui concerne le genre et le sous genre, il apparait d'après nos résultats, qu'il y a une prédominance du genre *Phlébotomus* par rapport à celui de *Sergentomyia* du total des récoltes. Le sous- genre *Larroussius* lequel est représenté par trois espèces *P.perniciosus* (76.5%), *P.perfiliewi* (15.1%), *P.longicuspis* (7.2%) domine très nettement la récolte avec 99 % par rapport aux autres sous genres, qu'ils apparaissent selon des taux très négligés avec une seule espèce chacun, tels *Phlebotomus* 0.30% (*P.papatasi*), *Paraphebotomus* 0.10 % (*P.sergenti*), *Sergentomyia* 0.58 % (*S. minuta*).

Nos résultats rejoignent ceux d'Amira et al ., (2022) dans la région de Mila de Gherbi et al., (2020) dans la région de Sétif de Kabout et al., (2016) à Oum El Bouaghi et de Allal-Ikhlef et al., (2017) dans la région de Draa El Mizan, Kabylie. Par contre, nos résultats contrastent avec

ceux obtenus dans la région de Biskra au par Zeroual et al., (2016), où le genre *Sergentomyia* domine la récolte.

La rareté du genre *Sergentomyia* (0,6%) due principalement au mode de piégeage (Allal-Ikhlef et al., 2017). Parce qu'on utilise dans notre étude des pièges lumineux de type CDC, considérés comme étant peu attractifs para port aux espèces de ce genre. En effet, on connait le comportement herpétophile de ces espèces qui cherchent leurs hôtes, essentiellement des reptiles, dans les anfractuosités où sont posés les papiers huilés (Allal-Ikhlef et al., 2017), qui ne le utilisent jamais dans notre investigation.

L'absence des autres sous-genres citons *Grassomyia*, *Parrotomyia* et *Sintonius* ainsi que l'absence de certaines espèces pourrait être expliqué par la capacité d'adaptation de chaque espèce vis-à-vis de l'étage bioclimatique approprier (semi-aride dans notre cas), par le type de piégeage et par le fait que les pièges n'ont pas été placés dans leurs habitats naturels. Les types de biotopes prospectés lors de notre échantillonnage ; ciblant les milieux péri-urbains et ruraux plus que les milieux urbains, ainsi les étables plus que les végétations et les habitations (Gherbi, 2020).

3.2.3.2. Répartition des phlébotomes capturés selon le sex-ratio

La fluctuation des phlébotomes capturés selon leur sexe présente une nette prédominance du sexe féminine, qu'à l'exception de *P. perfiliewi* le nombre des mâles a prévalu sur celui des femelles.

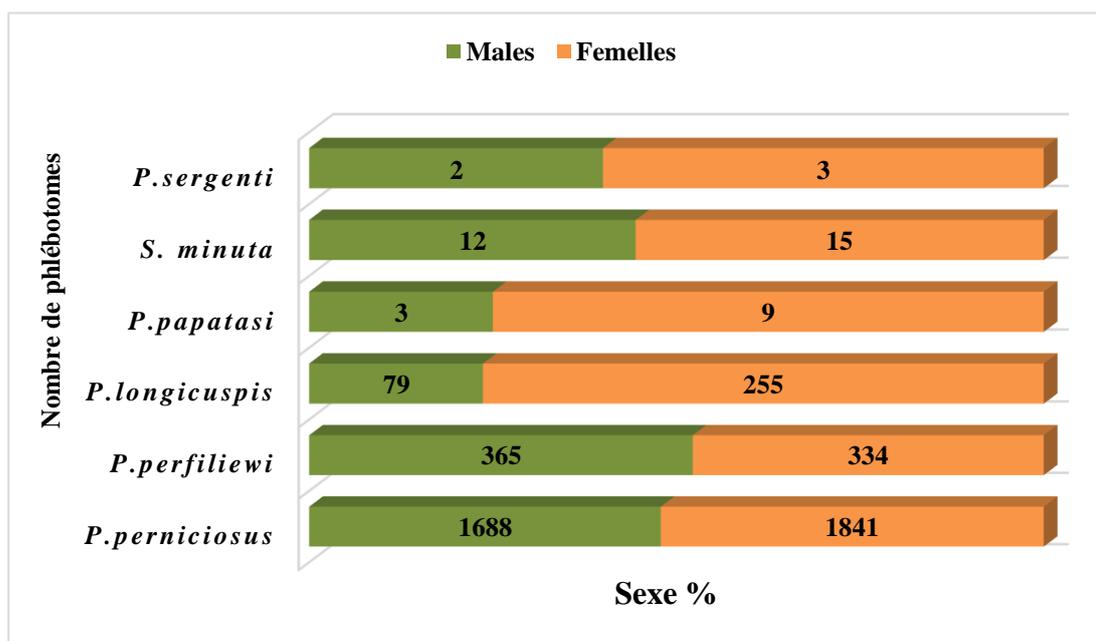


Figure 81 : Répartition des phlébotomes capturés selon le sexe.

L'échantillonnage des phlébotomes par le piégeage lumineux montre une prédominance des femelles vis-à-vis des mâles (4606: 2457 femelles soit 53,34% ; 2149 mâles soit 46,65%). Cette abondance peut s'expliquer par la différence de régime alimentaire entre les deux sexes. Les phlébotomes mâles et femelles sucent les sucres des végétaux (Calborn, 2010), ou des miellas produites par des homoptères, ou des pucerons (Maroli et al., 2013). Cependant les femelles sont hématophages, elles se rencontrent le plus souvent près du sol, à proximité du bétail. Parce qu'elles ont toujours besoin d'un repas sanguin au minimum durant sa vie pour achever le développement des œufs (Calborn, 2010). Ce qui explique clairement leurs fortes abondances au niveau des pièges lumineux disposés.

Les résultats de Gherbi et al., (2020) dans la région de Sétif et d'Amira., (2022) à Mila montrent que le sexe majoritairement domine la récolte est le féminin. En contraste avec les résultats de Allal-Ikhlef et al., (2017) Draa El Mizan, Kabylie montrés par ailleurs une prédominance des individus mâles qui sont deux fois plus fréquents que les individus femelles.

3.2.3. 3. Répartition spatiale des phlébotomes dans la région de Mila

La répartition spatiale des effectifs des espèces de phlébotomes récoltés dans la région de Mila montre une inégalité de répartition des différentes espèces dans les 28 sites d'étude. L'espèce majoritairement présente est *P.perniciosus* dans chaque site. Elle présente un effectif de 946 individus dans la ferme d'élevage d'A. Arres et de 452 dans la ferme de T. Lemtai. Un effectif de 313 espèces est noté dans la ferme d'A.B.Hariche, 275 dans la ferme d'élevage de Zeghaia, 235 dans la ferme d'élevage d'Elkribssa. Dans les fermes restantes le nombre d'individus de cette espèce est oscillé entre 173 et 1. Elle est suivie par *P.perfiliewi* où elle est enregistrée des nombres plutôt importants dans chacune des fermes de Marecheau, d'A.Arres et de S.Merouane, avec respectivement 179, 123, 104 individus. Suivie par *P.longicuspis* qui a enregistré le plus grand effectif en vieux Mila avec 103 individus. *S. minuta*, *P.papatasi* et *P.sergenti* sont des espèces faiblement répandues montrant une répartition qui varie entre 27 et 5 dans tous les sites inventoriés.

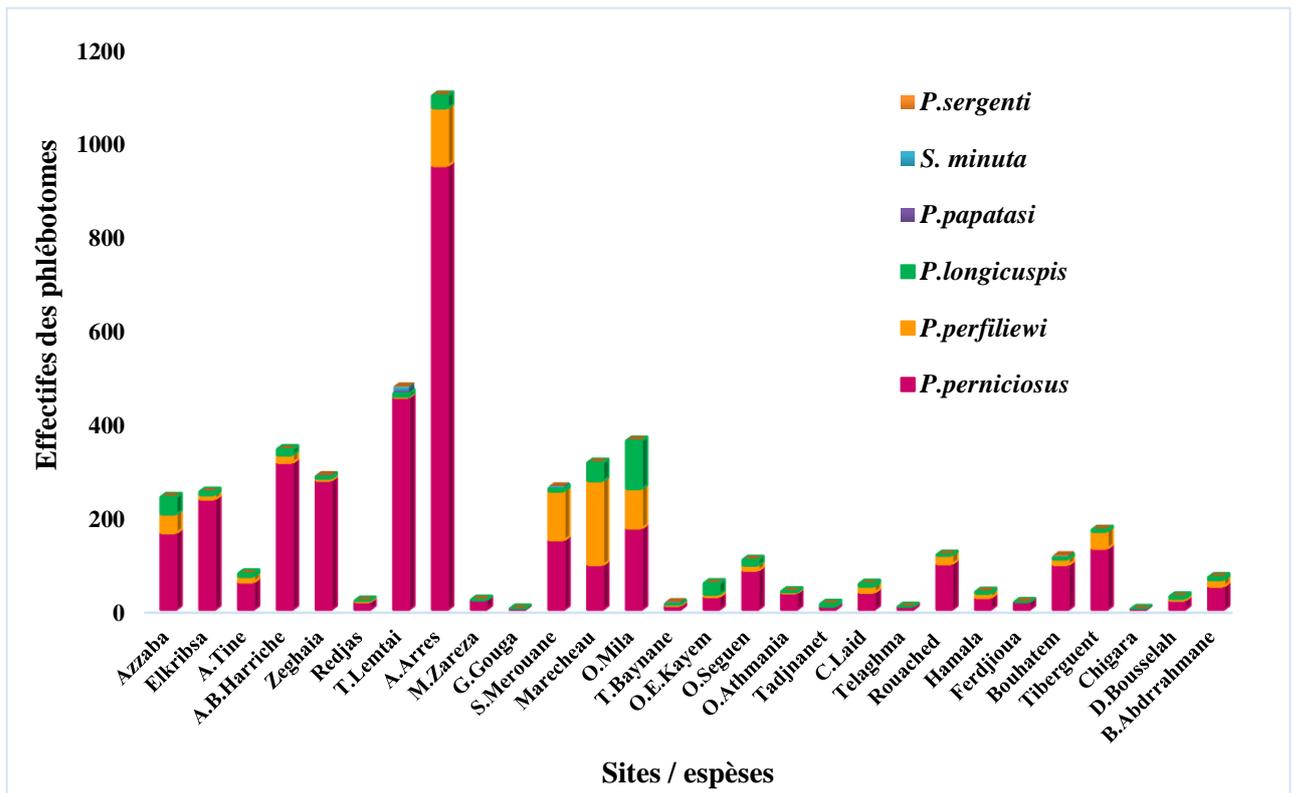


Figure 82 : Distribution stationnelle des phlébotomes récoltés (2018-2019).

Afin de mieux comprendre la répartition spatiale des phlébotomes dans la région de Mila, les résultats d'échantillonnage obtenus sont traités par deux méthodes statistiques telle que l'analyse en composantes principales ACP et AFC. Ces résultats sont dressés dans ce paragraphe.

3.2.3. 3.1. L'analyse en composantes principales appliquées sur les espèces en fonction des sites d'étude

Cette analyse est employée sur les espèces récoltées en fonction du site et saisons de capture. En outre, elle a pour but de bien visualiser et interpréter les corrélations entre les variables existantes autrement dit, les sites, les espèces et la saison.

Notons que les variables de notre analyse sont le nombre d'observation qui est de 6 espèces inventoriées et le nombre des variables représentées par les 28 sites d'étude.

Nous remarquons que les 28 sites sont positivement corrélés à un seuil de signification $P = 0.05$, ce qui signifie que toutes les variables varient dans le même sens. En effet, Cette forte corrélation entre la majorité des sites et strictement due à la ressemblance par la composition en espèces de phlébotomes qui existe entre la plus part de nos sites. Donc on peut dire que le peuplement de phlébotomes récoltés possède un fond commun d'espèces.

Tableau 16 : 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	24,521	87,576	87,576	18,509	66,104	66,104
F2	1,770	6,323	93,899	7,783	27,795	93,899
Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.						

Pour l'interprétation de l'ACP, nous avons retenu seulement l'axe F1 et F2, ce qui est suffisant pour l'interprétation de nos résultats sur ces axes. Les autres axes renferment un faible taux et ne seront pas retenus. L'axe F1 à lui seul est représenté par une variance de 66.10% et l'axe F2 avec 27.79 32% (après rotation Varimax). Ces axes totalisent 93.89 % de l'information recueillie et donnent une meilleure représentation des projections des stations de captures.

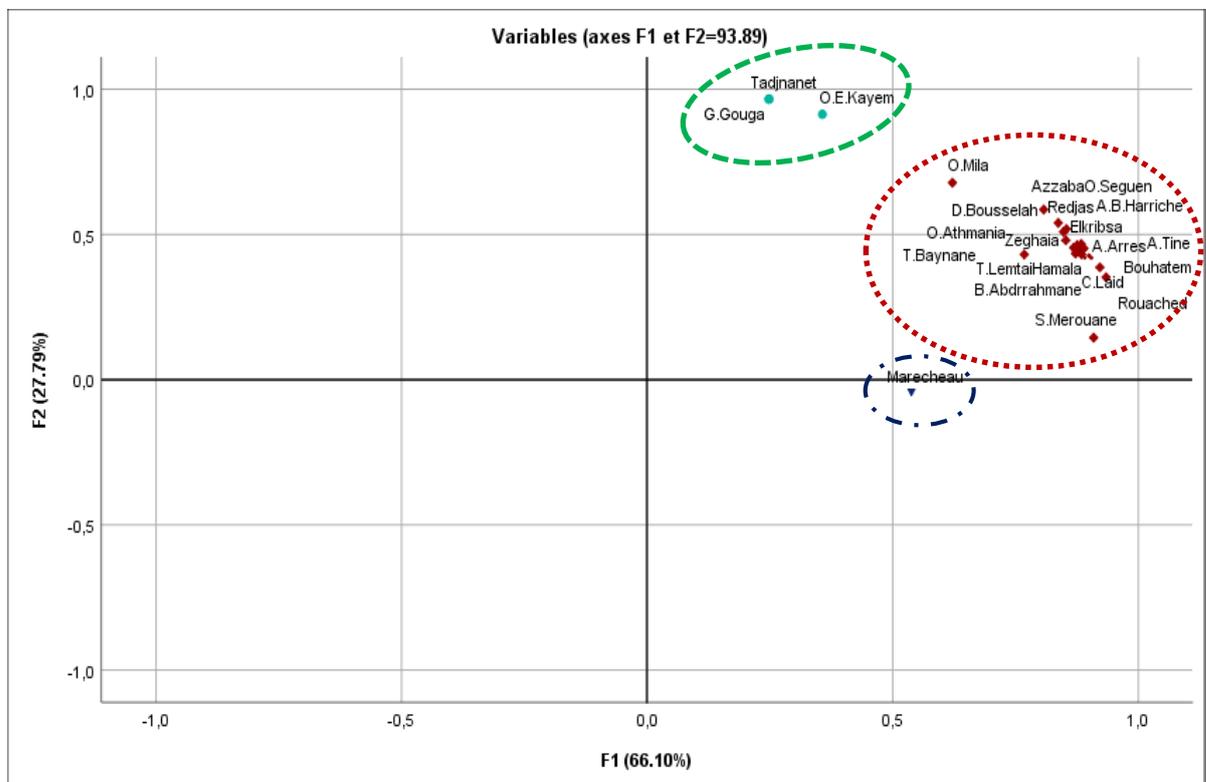


Figure 83 : Carte factorielle axe (F1-F2) des sites de captures des phlébotomes.

Lorsque on appelle la contribution des espèces à la ségrégation des sites échantillonnés, les 28 sites échantillonnés ont été regroupés en trois différentes catégories : (i) la première catégorie réuni la majorité des sites (24/28) qui se retrouvent presque au même endroit sur la figure. Ceci s'explique par le fait que cette classe correspond essentiellement aux sites où *P.perniciosus*, *P.perfiliewi*, et *P.longicuspis* sont abondantes (ii) la 2^{ème} classe comprenait trois sites qui ont une faible abondance aux trois espèces précités para port aux première classe, à savoir G.Gouga, O.E.Kayem et Tadjnanet. (iii), le site de Marecheau a été tiré au sort en une seule classe, où *P.perfiliewi* est l'espèce la plus abondante.

Donc on peut dire que l'abondance de ces trois espèces (*P.perniciosus*, *P.perfiliewi*, et *P.longicuspis*) apporté une contribution importante à la distinction entre les trois classe, en particulier pour la première et la deuxième classe. Alors que la densité de *P.perfiliewi* caractérisé en particulier la troisième classe. Cependant, les densités de *P.papatasi*, *S. minuta*, et *P.sergenti* ont eu une contribution négligée dans la différenciation des ces trois catégories

3.2.3. 3. 2. L'analyse en composantes principales appliquées sur les 28 sites en fonction des espèces (ACP)

Notons que les variables de notre analyse sont : le nombre d'observation qui est de 28 sites et le nombre des variables représentées par les 6 espèces inventoriées.

D'après le tableau 17 et la figure 84, 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 17 : Valeurs propres et pourcentages de variabilités extraites sur les 3 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	2,266	37,760	37,760	1,775	29,576	29,576
F2	1,591	26,511	64,272	1,621	27,015	56,591
F3	,817	13,623	77,895	1,278	21,304	77,895
Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.						

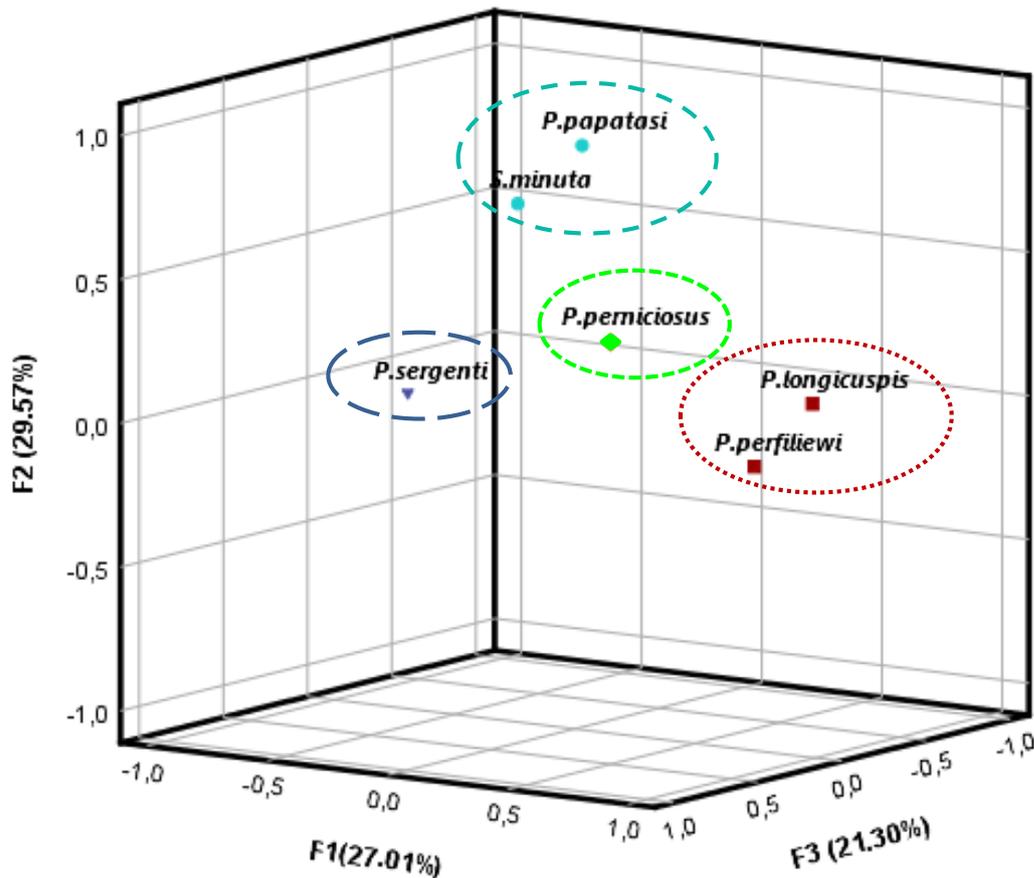


Figure 84 : Analyse en composantes principales appliquées sur les espèces.

A travers la figure 84, nous remarquons que la disposition des espèces et leur division en quatre groupes s'est faite principalement en fonction de leur abondance. Nous notons que *P.perniciosus* et *P.sergenti* sont séparés chacun seul car, le premier comporte le plus grand nombre de spécimens (3528) capturés et l'autre le plus petit nombre de phlébotomes estimés seulement par 5 spécimens, contrairement aux quatre espèces restantes qui ont été disposées deux par deux (*P.perfiliewi* avec *P.longicuspis* et *P.papatasi* avec *S.minuta*), chacune des deux était assez proche en termes d'abondance.

3.2.4.5.3. Analyse factorielle des correspondances appliquées sur les espèces inventoriées dans les 28 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 18 : Valeurs propres et pourcentages d'inertie.

	F1	F2	F3	F4	F5
Valeur propre	0,221	0,086	0,046	0,015	0,009
Inertie %	58,689	22,849	12,148	3,951	2,362
% cumulé	58,689	81,539	93,687	97,638	100,000

D'après le tableau 17, deux axes F1 et F2 représentent une inertie totale de 81.53% de la variance où l'axe F1 à lui seul renferme 58.68 %, donc suffisant pour cette analyse.

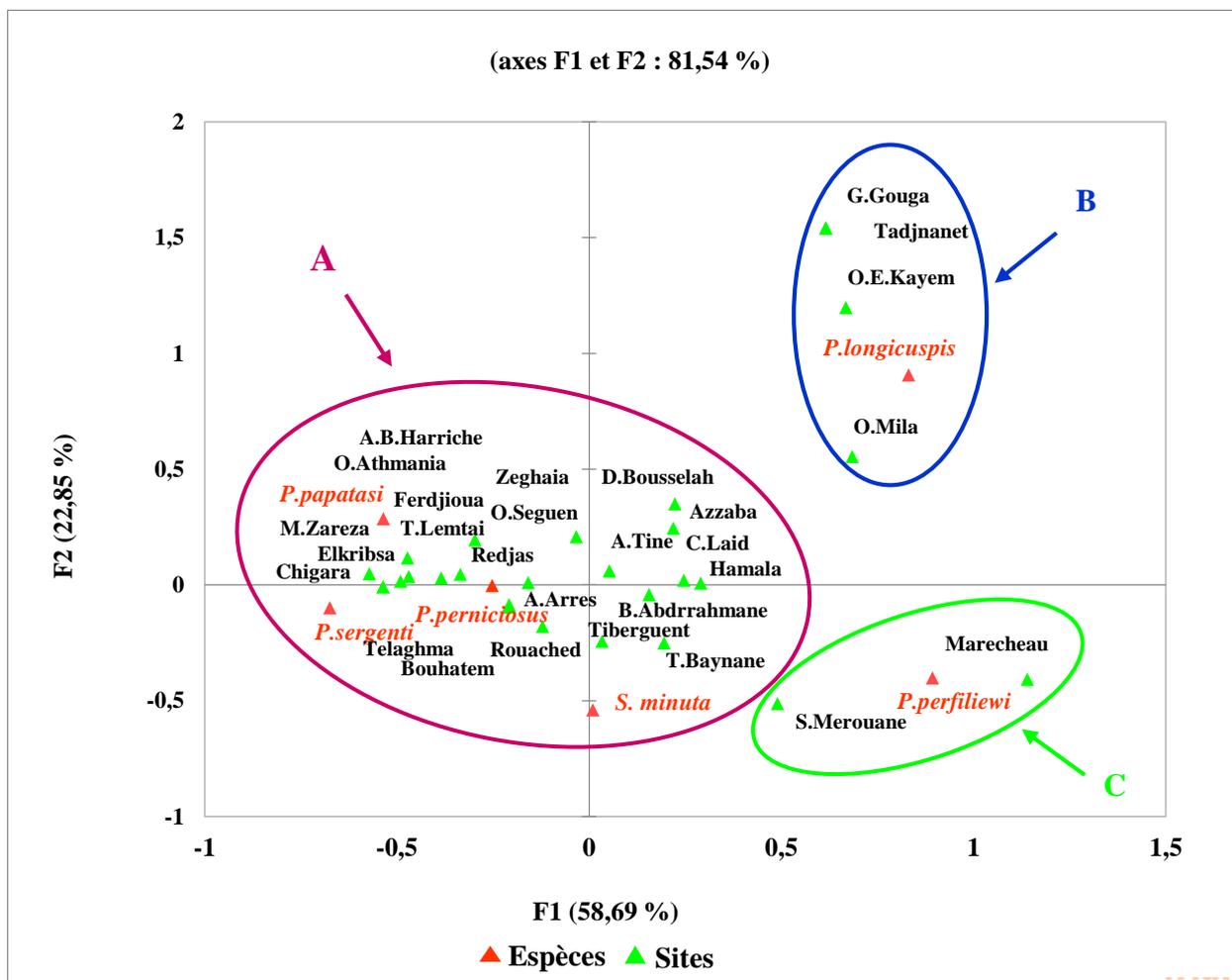


Figure 85 : Carte factorielle axe (F1xF2) de la répartition des différentes espèces de phlébotomes recensés dans les sites d'étude.

La figure 85 représente le nuage des points (observations = espèces = lignes) et la corrélation des variables qui sont les sites d'études (colonnes).

A travers le graphique de l'AFC, l'axe 1 représente 58,69 % de la variance totale, c'est donc lui qui structure l'analyse. Nous avons noté la contribution à l'inertie totale où le pourcentage est expliqué par les axes principaux : Axe 1 :58.69%, Axe 2 : 22.85%. Les deux axes sont suffisants pour cette analyse. Les valeurs propres des axes nous permettent de retenir 2 axes pour l'interprétation vue que le pourcentage de variabilité cumulé est supérieur à 80% pour expliquer le maximum d'information.

D'après cette figure, les 28 sites se répartissent dans différents quadrants. Cette différence s'explique par le fait que les stations diffèrent par leurs compositions en espèces des phlébotomes inventoriés.

L'AFC met en évidence les espèces de phlébotomes recensées sur les deux axes vis à vis les facteurs abiotiques et biotiques. Les espèces contribuent à une inertie expliquée pour chaque axe et dans chaque quadrant. En termes d'abondances il en résulte trois principaux groupements désignés par A, B et C (fig.85).

Groupement A : renferme la quasi- totalité des sites (22/28) et des espèces à savoir *P.perniciosus*, *P.papatasi*, *S. minuta* et *P.sergenti* .Nous remarquons que *P.perniciosus* qui est l'espèce la plus représentée, dans toutes les sites d'étude, est l'espèce omniprésente. Elle participe fortement à l'inertie de l'axe F2 et sa projection est proche des majorités des sites. Cela témoigne de son forte abondance dans ces stations.

Groupement B : la particularité qui distinguer ce groupement est l'abondance de *P.longicuspis* qui semblent avoir une forte densité comparable aux autres espèces (secondairement après *P.perniciosus*) dans les sites de Vieux Mila, Ouled-El-Kayem, Tadjnanet et G.Gouga .

Groupement C : *P.perfiliewi* est l'espèce déterminant de ce groupement parce qu'elle est largement fréquente dans les deux sites (Marecheau et S. Merouane) formant alors le groupement C.

En ce qui concerne les sites, l'analyse principale des correspondances (ACP) montre que la plupart de nos sites se retrouvent dans le même endroit, ceci nous a obligées de faire l'analyse factorielle des correspondances pour différencier les différents sites avec leur répartition en espèces.

D'après la représentation graphique de l'AFC, les 28 sites d'étude se localisent dans quadrants différents et renferment des espèces différentes. Ceci révèle que chaque quadrant diffère de l'autre par sa composition en espèces des phlébotomes recensés. Mais surtout en abondance de chaque site par des espèces bien distinctes, ce qui indique que les sites de chaque ensemble

présentent une certaine ressemblance entre elles notamment en dans le type d'espèces et leurs abondance. Cela s'explique par la richesse élevée et l'abondance relative importante calculée dans le groupement A présenté par 4/6 espèces (*P.perniciosus*, *P.papatasi*, *S. minuta* et *P.sergenti*), l'abondance relative importante de *P.longicuspis* calculée dans le groupement B et *P.perfiliewi* dans le groupement C. De plus, l'agrégation des sites de cette manière peut être due à l'intervention de divers facteurs biotique et abiotiques mais aussi à la situation géographique et la nature des fermes prospectées, car certaine sites sont proche l'une de l'autre, en présentant des critères communs dont le climat et la végétation.

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 des espèces de phlébotomes est variable d'un site à l'autre. Les sites Les plus diversifiés sont Tassala-Lemtai estimée par 06 espèces, suivie par les sites d'Amira-Arres, Vieux Mila, et Bouhatem qui abritent 05 espèces, viennent les autres sites la richesse spécifique varie entre 04 et 01 espèces par sites.

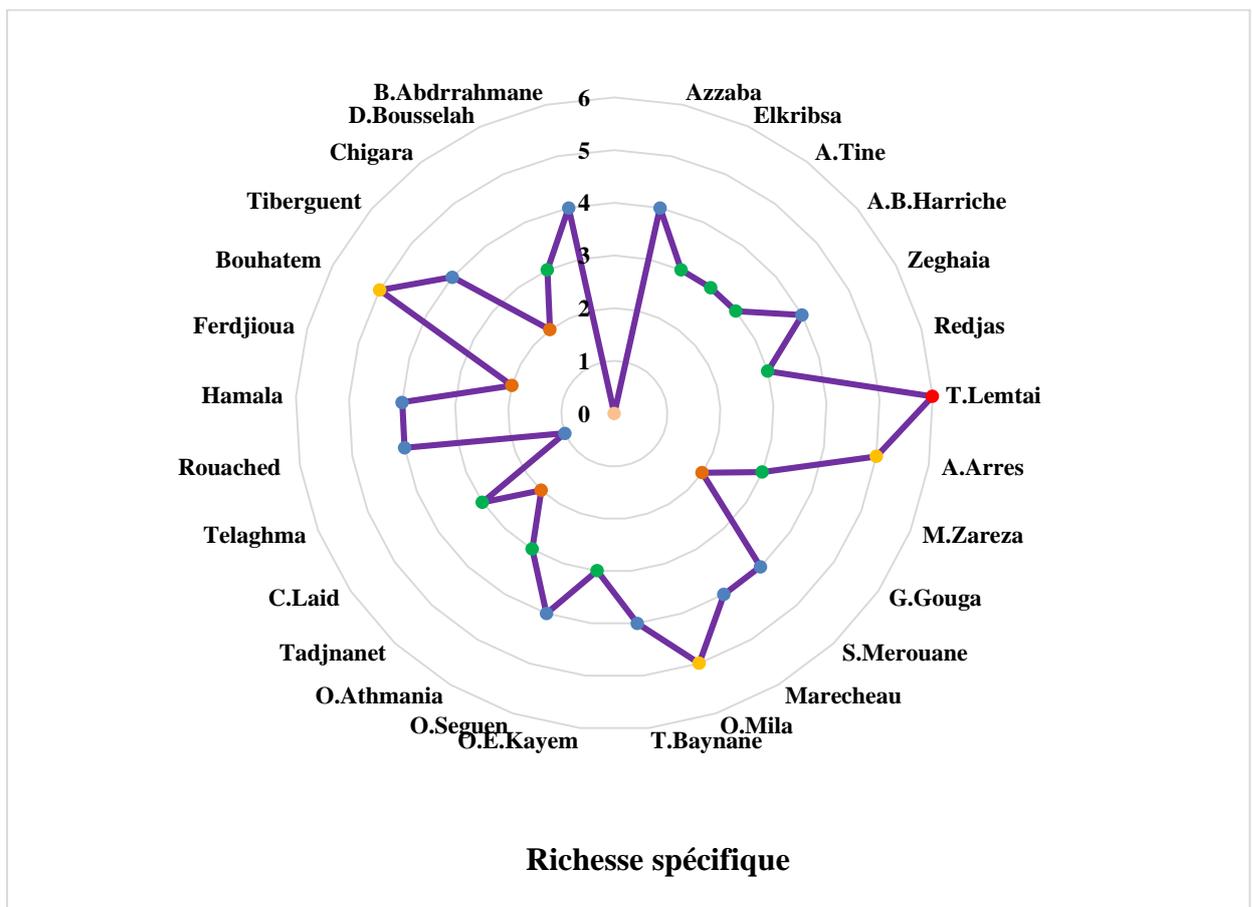


Figure 86 : Répartition spatiale de la richesse spécifique des phlébotomes recensés dans la région de Mila (2018-2019).

A la lecture des résultats présentés dans le tableau 19, On constate que l'espèce *P. perniciosus* est ubiquiste car elle est présente dans tous les sites d'échantillonnage. Contrairement au *P. longicuspis* qui se retrouve en 26/28 sites, suivi par *P. perfiliewi* qui présente en 22/28 sites. Pour les trois espèces restantes : *S. minuta*, *P. papatasi*, et *P. sergenti* sont présentes uniquement dans 09, 08, 04 sites respectivement.

Tableau 19 : Répartition spatiale de la richesse spécifique des phlébotomes recensés dans la région de Mila (2018-2019).

Espèces Sites	<i>P. perniciosus</i>	<i>P. perfiliewi</i>	<i>P. longicuspis</i>	<i>P. papatasi</i>	<i>S. minuta</i>	<i>P. sergenti</i>	Richesse spécifiques
Azzaba	1	1	1	1	0	0	4
Elkribsa	1	1	1	0	0	0	3
A.Tine	1	1	1	0	0	0	3
A.B.Harriche	1	1	1	0	0	0	3
Zeghaia	1	1	1	1	0	0	4
Redjas	1	1	1	0	0	0	3
T.Lemtai	1	1	1	1	1	1	6
A.Arres	1	1	1	1	0	1	5
M.Zareza	1	0	1	0	0	1	3
G.Gouga	1	0	1	0	0	0	2
S.Merouane	1	1	1	0	1	0	4
Marecheau	1	1	1	0	1	0	4
O.Mila	1	1	1	1	1	0	5
T.Baynane	1	1	1	0	1	0	4
O.E.Kayem	1	1	1	0	0	0	3
O.Seguen	1	1	1	1	0	0	4
O.Athmania	1	1	1	0	0	0	3
Tadjnanet	1	0	1	0	0	0	2
C.Laid	1	1	1	0	0	0	3
Telaghma	1	0	0	0	0	0	1
Rouached	1	1	1	0	1	0	4
Hamala	1	1	1	1	0	0	4
Ferdjioua	1	0	0	1	0	0	2
Bouhatem	1	1	1	0	1	1	5
Tiberguent	1	1	1	0	1	0	4
Chigara	1	0	1	0	0	0	2
D.Bousselah	1	1	1	0	0	0	3
B.Abdrrahmane	1	1	1	0	1	0	4

(0): absence,(1): présence

La distribution et la densité des espèces de phlébotomes étaient inconstantes, car lors de l'échantillonnage, certaines espèces étaient présentes avec un grand nombre d'adultes tandis que

d'autres n'étaient présentes qu'avec quelques-unes. Ainsi, la différence de densité de phlébotomes dans les différents sites d'étude est probablement due à la phénologie des espèces au cours de la période d'étude, et aux biotopes et conditions climatiques, notamment la température, les précipitations et la vitesse du vent, qui jouent le rôle de limitant facteur pour de nombreux insectes volants (Compton, 2002 ; Kabout et al., 2014; Zeroual et al., 2016).

3.2.4.2. Abondances relatives des phlébotomes récoltées dans la région de Mila

L'inventaire global des espèces de phlébotomes capturées dans la région de Mila 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 87.

Il y a lieu de noter que la figure 87 montre pour l'ensemble des sites que l'espèce *P.perniciosus* est la mieux représentée avec un taux de 76.5 %. Elle est suivie de *P.perfiliewi* avec un pourcentage de 15.1 %. *P.longicuspis* avec 7.2 %. Les autres espèces (*S. minuta*, *P.papatasi*, *P.sergenti*) sont très faiblement représentées, leurs fréquences relatives varient entre 0.1 et 0.5 %.

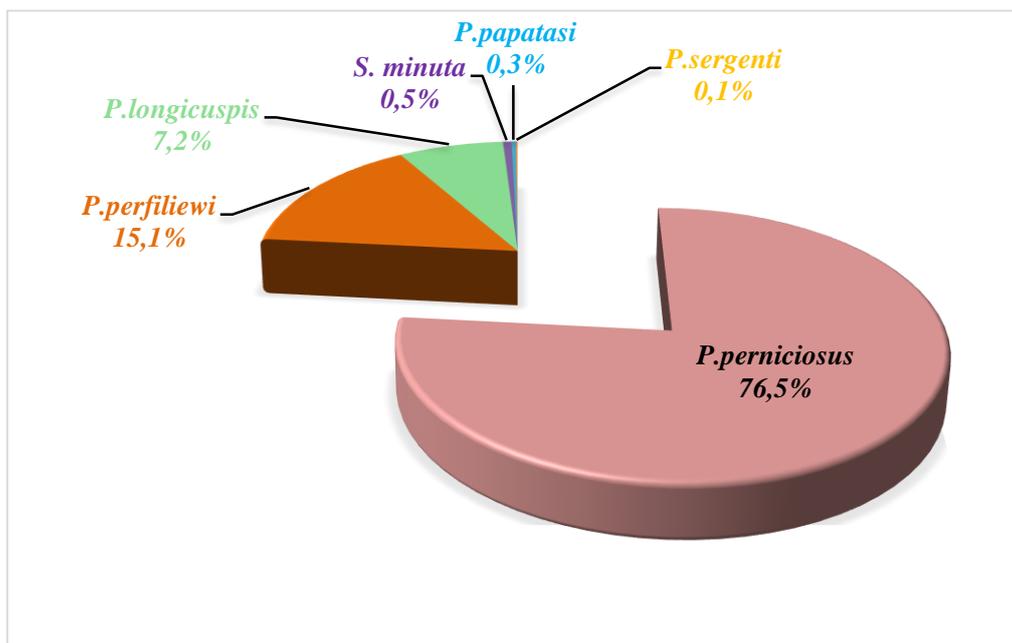


Figure 87 : Abondances relatives des phlébotomes récoltés pendant la période d'étude (2018-2019).

P. perniciosus est l'espèce la mieux adaptée à l'environnement de la région de Mila. Il est présent dans tous les sites inventoriés. Cette omniprésence reflète son comportement endo-exophilique et anthro-po-zoophilique, et l'aptitude de cette espèce à s'adapter à plusieurs type d'environnements tels que les écuries, les maisons et les fissures des murs de soutènement

(Gherbi et al., 2020). En effet l'occurrence de *P. perniciosus* en tant qu'espèce la plus abondante dans la région de Mila explique sa forte prévalence écologique (Kebout et al., 2014), et sa forte capacité d'adaptation au étage bioclimatiques sub-humide et semi-arides (Dedet et al., 1984 ; Amira et al., 2022 ; Beallal et al., 2022). La même prévalence a été observée dans régions situés au Nord-est algérien (Kebout et al., 2014; Bennai et al., 2018 ; Gherbi et al., 2020).

En termes d'abondance *P. perfiliewi* occupe la deuxième position après *P. perniciosus*, et considérée comme dominante au site de Marecheau, ceci pourrait être expliqué par le fait que cette espèce a tendance de survivre dans les étages climatiques semi-arides, humides et subhumides (Dedet et al., 1984), qui caractérise notre région d'étude.

Bien que *P. longicuspis* est la troisième espèce la plus abondante après *P. perniciosus* et *P. perfiliewi*. Sauf qu'elle est bien distribuée dans la région de Mila où il co-domine la récolte à côté de *P. perniciosus*. Cette co-dominance avec cette dernière n'est pas étrange, car ces deux espèces partagent non seulement la ressemblance morphologique (notamment les mâles de cette espèce ont été confondus avec celle de *P. perniciosus*), mais aussi le comportement écologique où elle est très abondante avec *P. perniciosus* en péri-domestique environnements (Berchi et al., 2007), et que son comportement alimentaire est très similaire à celle de *P. perniciosus* (Kebout et al., 2014). Ce qui nettement confirme son endémicité en Algérie et en Afrique du Nord (Dedet et al., 1984 ; Killick-Kindrick 1999).

Par ailleurs, *S. minuta*, *P. papatasi*, *P. sergenti* semble être moins adaptable aux conditions environnementales caractérisant notre région d'étude par rapport aux trois autres espèces déjà pré-citées, vu que leur faible abondance et occurrence dans la majorité de nos sites étudiés. Cette faible densité qui a été observée pour chacune de *S. minuta*, *P. papatasi*, *P. sergenti*. Ceci peut être expliqué par la capacité d'adaptation, où chaque espèce s'adapte préférentiellement à un étage bioclimatique bien précis à elle. Il est connu que les zones préférables pour *P. papatasi* sont les zones steppiques nord-sahariennes, elle est également présente dans des stations de l'étage saharien et des stations de l'étage aride. Mais plus rarement dans le semi-aride et occasionnellement dans les étages subhumides. La même chose pour *P. sergenti* qui a une aire de répartition principalement centrée sur les zones telliennes et les zones steppiques, elle est présente aussi bien au sud du pays dans les contreforts de l'Atlas saharien et les steppes présahariennes que dans les régions telliennes et là aussi bien présente au Sahara central (Bouamrous, 2010 ; Benallal et al., 2022). Mais sa densité est en général faible et pratiquement identique au sud qu'au nord du pays (Dedet et al., 1984). Donc la faible présence est principalement à des conditions environnementales inappropriées et/ou la présence de l'hôte

(Berdjan Brouk et al., 2011; Ramdane et al., 2018). Plus précisément à la défavorisations de ces deux espèces aux étages climatiques semi-arides, humides et subhumides.

Dans le même contexte, la faible présence de *S. minuta* apparue dans notre récolte, était probablement due au type de piégeage (piège lumineux dans notre cas) qui est probablement défavorable pour la capture de cette espèce. En effet, on connaît le comportement herpétophile de *S. minuta* qui cherche leurs hôtes, essentiellement des reptiles, dans les anfractuosités où sont posés les papiers huilés destinés à capturer les moucheron (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 88.

Les résultats portés dans figure 87 suggèrent que les valeurs de l'indice de diversité de Simpson varient de 1 à 2.91. Les valeurs la plus élevée sont donc mentionnée au niveau des sites de T.Baynane (IS = 2,91), Vieux Mila (IS = 2,75) et O.E.Kayem (IS = 2,36), En revanche, la valeur la plus faible est notée au niveau de site de Telaghma et Chigara (IS = 1). En effet, la population phlébotomienne dans la région de Mila 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, elles sont nulles dans 10/28 sites. Dans les autres fermes, ces valeurs sont assez importantes montant graduellement de 0.01 jusqu'à 1 dans le site de G.Gouga. 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 76.5%. 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 de Marecheau où *P. perfiliewi* était le plus abondant.

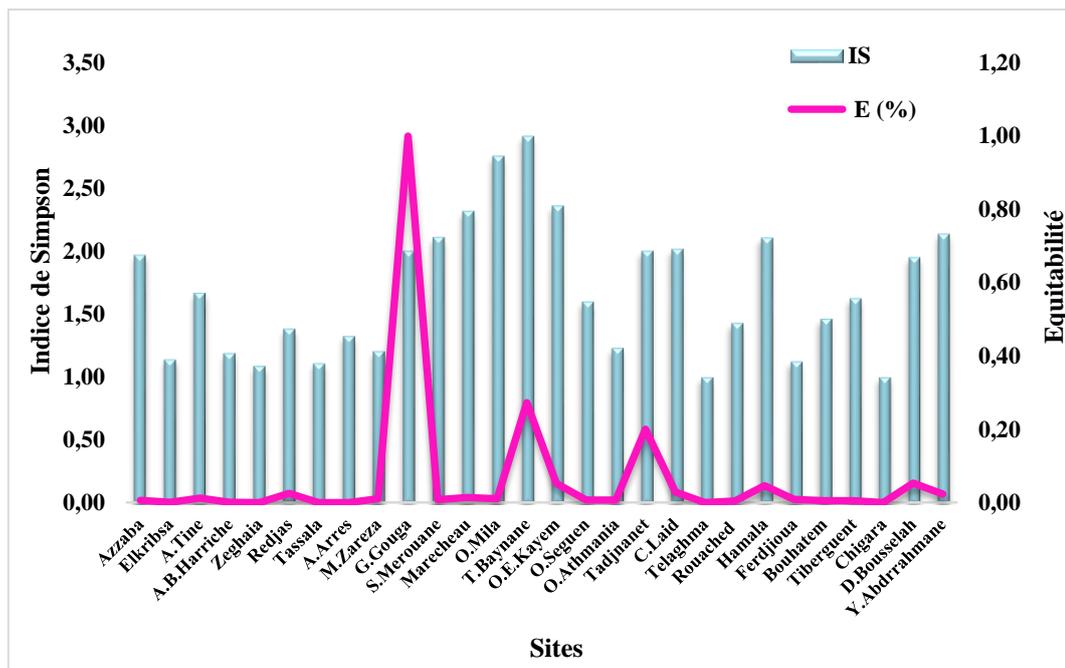


Figure 88 : Variations spatiales de l'indice de Simpson et d'équitabilité dans les sites prospectés.

3.2.4.4. Indice d'occurrence global

D'après l'indice d'occurrence nous pouvons dire que les espèces *P. perniciosus*, sont présentes avec une tendance constante (C = 100 %), C'est pareil pour *P. longicuspis* (C = 92,85 %), *P. perfiliewi* (C = 82,14 %) tout au long de la période d'étude, tandis qu'une occurrence inféquentée est enregistrée pour chacune de *S. minuta* (C=32,14 %) et *P. papatasi* (C = 28,57 %) et une occurrence sporadique pour *P. sergenti* (C= 14,28 %).

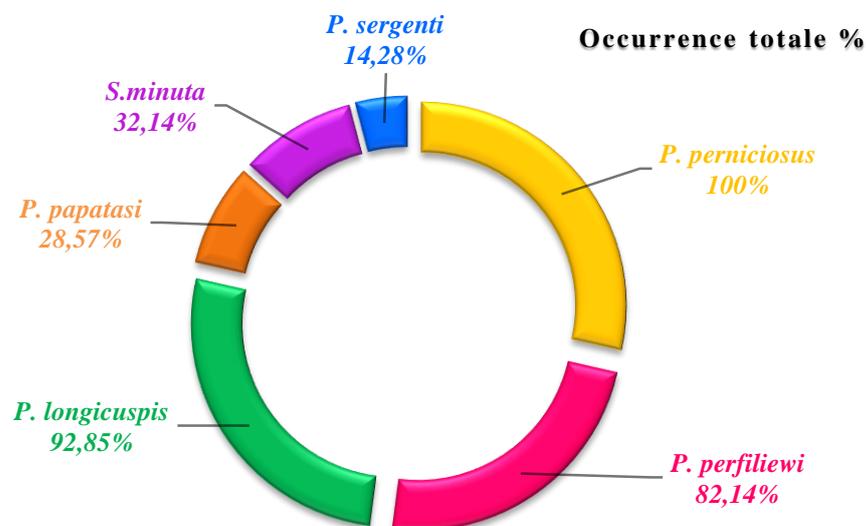


Figure 89 : Occurrence totale des phlébotomes échantillonnés sur l'ensemble des stations au cours de la période d'étude (2016-2017).

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

Nous pouvons dire que la répartition mensuelle (Dynamique saisonnière) des phlébotomes présente un nombre d'effectif très variable durant les deux années d'étude, allant de 1352 individus au mois de Juin à 1637 individus au mois de Juillet, puis une chute remarquable au nombre d'effectifs est perçue au mois d'Aout avec 450 individus avec une légère augmentation au mois de Septembre avec 775 individus. En 2019 la variation des effectifs continue par de faibles valeurs avec des mois où on note 0 effectif comme pour ce qui est de mois d'Aout et de Septembre. L'effectif global est maximal en été avec 3831 individus, alors qu'elle est moindre durant la période automnale avec seulement 775 individus.

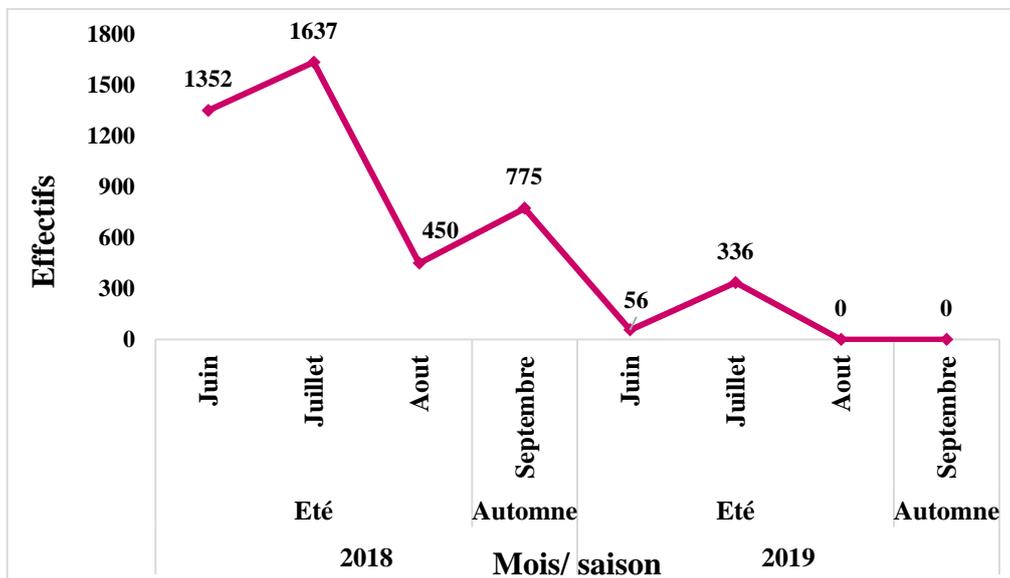


Figure 90 : Fluctuations mensuelles des phlébotomes collectées (2018-2019).

L'abondance saisonnière des espèces de phlébotomes se diffère d'une espèce à l'autre. *P. perniciosus* montre un pic d'activité majeur en Juin (les moyennes mensuelles de température et d'humidité relative étaient de 22,4 °C et 60 %, respectivement) et Juillet 2018 (les moyennes mensuelles de température et d'humidité relative étaient de 28,9 °C et 40 %, respectivement). Cependant, en 2019, l'activité de *P. perniciosus* était diminué dans le temps avec un petit pic et en Juillet (les moyennes mensuelles de température et l'humidité relative étaient de 28 °C et 43%, respectivement). *P. perfiliewi* et *P. longicuspis* ont culminés en Septembre 2018 (les moyennes mensuelles de température et l'humidité relative étaient de 23,9 °C et 66 %, respectivement) et en et en Juillet 2019. Aucun phlébotome n'a été enregistré au mois d'Août et de Septembre de l'année 2019.

La figure 91, nous montre qu'il n'y a aucune corrélation vraiment significative trouvée entre le nombre mensuel des espèces de phlébotomes à savoir : *P. perniciosus*, *P. perfiliewi*, *P. longicuspis*, *P. papatasi*, *P. sergenti*, et *S. minuta* et les facteurs climatiques majeurs (température, humidité relative, et précipitations).

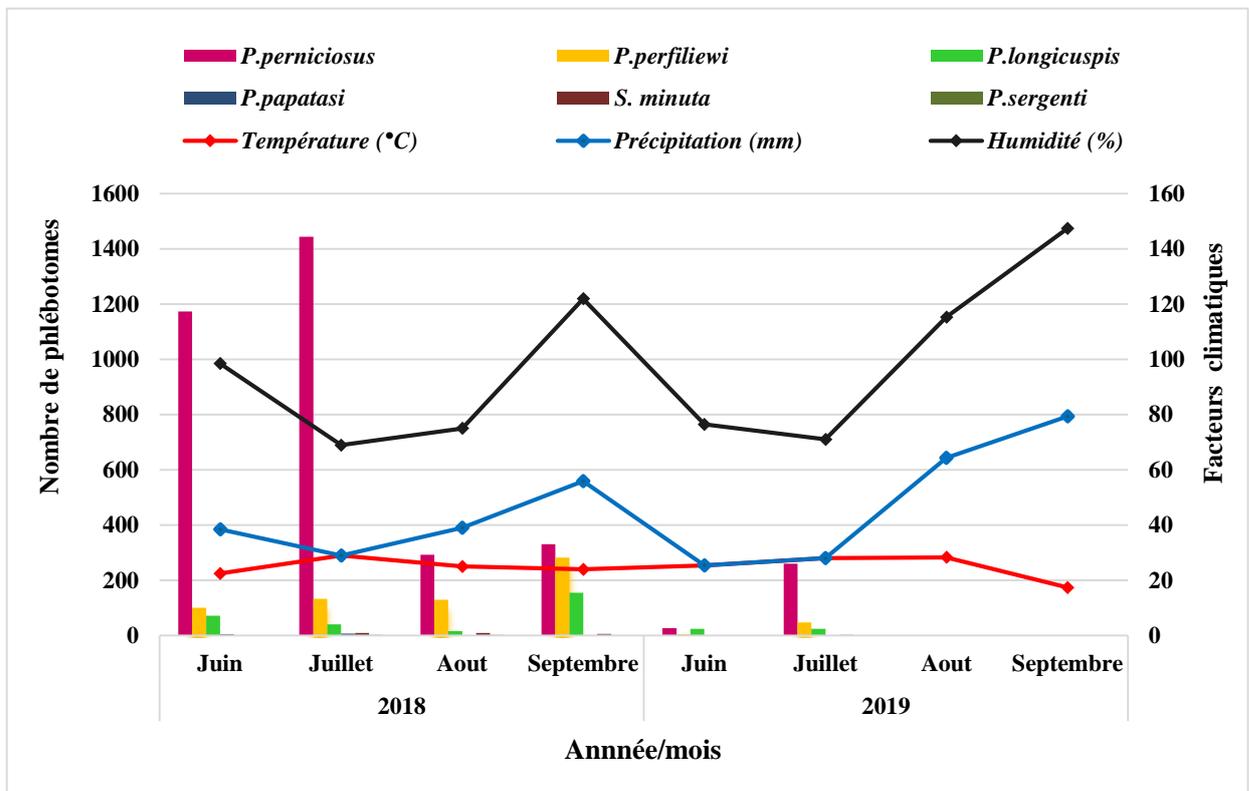


Figure 91 : Répartition mensuelle spécifique des phlébotomes récoltés dans la région de Mila (2018-2019).

La région de Mila a un climat typiquement méditerranéen avec des étés longs et des hivers courts et pluvieux, ce qui permet la prolifération de grandes populations de phlébotomes. L'activité des phlébotomes dans la région méditerranéenne a commencé en Mai et s'est terminée en Octobre (Belen et Alten, 2011), de début Mars et se terminant en Décembre (Díaz-S´aez et al., 2021). Mais aussi un bi-modal avec un pic d'activité à Juillet et Septembre, et l'abondance a atteint des valeurs maximales en Juillet lorsque les températures moyennes étaient au maximum (28,9 ° C) (Belen et Alten, 2011). Et ceci est très pertinent, car le modèles d'activité saisonniers et les périodes de pic des phlébotomes peuvent changer d'une région à l'autre (Pekağırbaş et al., 2021).

Nos résultats ont démontré qu'au cours des 2 années d'étude, la dynamique saisonnière des populations de phlébotome a montré un pic au mois de Juillet et Septembre (2018) et Septembre

(2019). Ceci synchronisé avec la période lorsque les phlébotomes sont plus actifs (pic de phlébotomes) en Algérie entre Juin et Septembre (Bennai et al. 2018 ; Gherbi et al. 2020 ; Amira et al ., 2022).

La dynamique temporelle des phlébotomes est caractérisée donc par une concentration estivale de l'effectif des phlébotomes récoltés. En réalité, les pics estivaux sont très représentatifs à la période d'activité des phlébotomes adultes. Ceci est en parfaite concordance avec les travaux de Ramdane et al., (2018) dans la région de Constantine , de Gherbi et al.,(2020) dans la région de Sétif, de Amira et al., (2022) dans la région de Mila, de Zeroual et al., (2016) dans la région de Biskra. Ces auteurs démontrent que la période d'activité des phlébotomes adultes en Méditerranée est généralement saisonnière, et pendant la saison sèche dans les zones tempérées. Où elle précise dans ce contexte que, la saison sèche est la saison la plus exposée à la propagation de ces petits moucheron.

Selon Rigg et al., (2021), la saisonnalité des phlébotomes se diffèrent selon le comportement de chaque espèces, où les espèces anthropophiles étaient abondantes pendant la saison humide. Cependant, nous avons observé un basculement puisque certaine espèce zoophile étaient plus abondantes pendant la saison sèche.

D'après l'analyse statistique de nos résultats concernant l'impact des trois paramètres climatiques étudiées (température, précipitation, et humidité) sur l'abandonne des phlébotomes il apparait qu'il y a aucune corrélation vraiment significative entre ces variables au niveau de la région de Mila et ce pour tous les facteurs confondus. Ceci est en parfaite concordance avec les études de Gherbi et al., (2020) dans la région de Sétif, sauf que pour l'espèce *P. perniciosus* où ils se trouvent une corrélation hautement positive avec la température. Cependant, ces résultats ne négligent pas qu'il y a une association entre les facteurs climatiques et les insectes de type phlébotomes. Ceci pourrai être interpréter par la durée d'étude qui peut être considérer assez courte pour pouvoir confirmer ou pas que le climat influence l'abondance et la diversité des phlébotomes, il faut prendre en considération aussi que ces chiffres sont certainement inférieurs à la réalité, car on ne peut pas recenser toute la population phlébotomienne de la région.

En effet, divers facteurs autres que climatiques, notamment anthropiques, tels qu'un déséquilibre de l'environnement, interviennent dans cette variation par (migrations massives, déforestations, urbanisation, etc). Ces changements sont susceptibles d'agir sur la distribution, le développement et la densité des populations de vecteurs (modifications des aires de

distribution des phlébotomes) (Desjeux, 2001 ; Prudhomme, 2015). A savoir les barrières physiques, l'habitat et la présence de l'hôte vertébré (Boussa et Boumezzough, 2014).

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

D'après l'analyse de ces résultats, des valeurs de la diversité des phlébotomes estimées par l'indice de Simpson en fonction de l'altitude. Il en ressort que la richesse des sites en espèces et leurs diversités suivent fidèlement l'altitude des zones qui les abritent (fig.92). Notons que la gamme d'altitude de notre région est de 220 au 959 m. Le site de Telaghema est à une altitude de 722 m et renferme la plus faible richesse (une seule espèce). Il ressort de ce tableau que même si la richesse spécifique est relativement importante, la diversité ne l'est pas forcément. En effet, le site de Tassala bien qu'ayant 6 espèces, sa diversité est faible, de l'ordre de 1.11 % comparativement aux sites de Marecheau, Vieux Mila et T. Baynane représentés par une richesse de 4,5, et 4 espèces respectivement, alors que sa diversité est plus importante avec 2.32, 2.75 et 2.91 respectivement. Les sites restants ont des gammes altitudinales différentes sont représentés par une faune phlébotomienne relativement riche en espèces, mais aussi avec des diversités assez importantes.

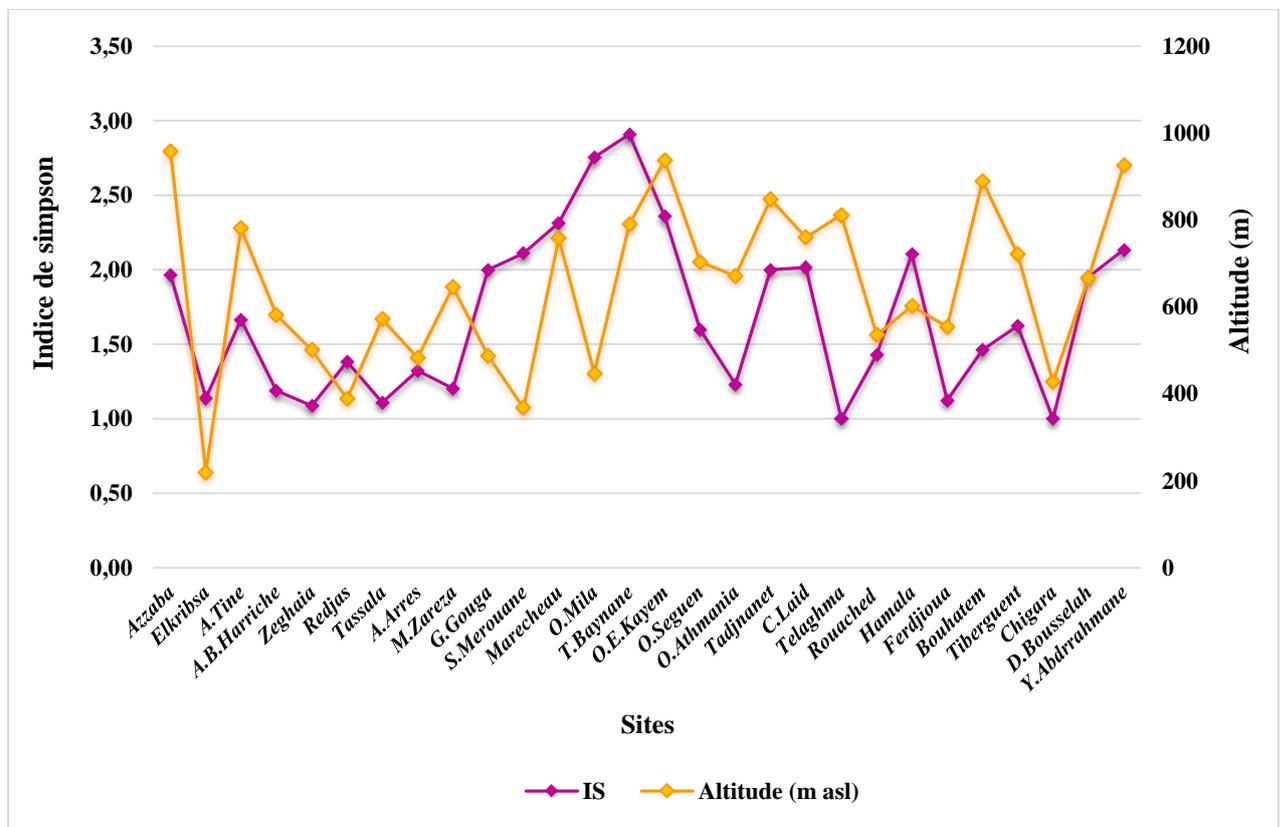


Figure 92 : Variation de la diversité en fonction de l'altitude dans les sites d'étude.

La distribution des espèces phlébotomes en fonction de d'altitude est présentée dans (fig.93a). Le plus grand nombre d'espèces de phlébotomes a été observé à des altitudes moyennes de 401 à 600 m. Peu d'espèces étaient présentes dans la plage d'altitude faible (201-400) et moyen (601-1000 m). Alors qu'aucune espèce n'était présente à basse altitude (0-200 m). Lorsqu'elles ont été examinées séparément on remarque que toutes les espèces ont été trouvés dans toutes les plages d'altitudes allant de 201 m à 1000 m, avec un pic à 401-600 m d'altitude, excepté *P.sergenti* qui est trouvé seulement entre 401-800 m.

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.93b).A partir de 400 m d'altitude, la diversité était plus importante. La richesse et la diversité étaient maximales entre 400 et 800 m d'altitude. La diversité des phlébotomes capturés est donc plus faible qu'à des altitudes moindres que (<400 m au-dessus du niveau de la mer). Cette uniformité des résultats où la diversité est faible alors que la richesse est élevée probablement liée à la quasi-dominance de *P. perniciosus* (Guernaoui et al., 2006). Bien que toutes les espèces de phlébotomes étaient présentes.

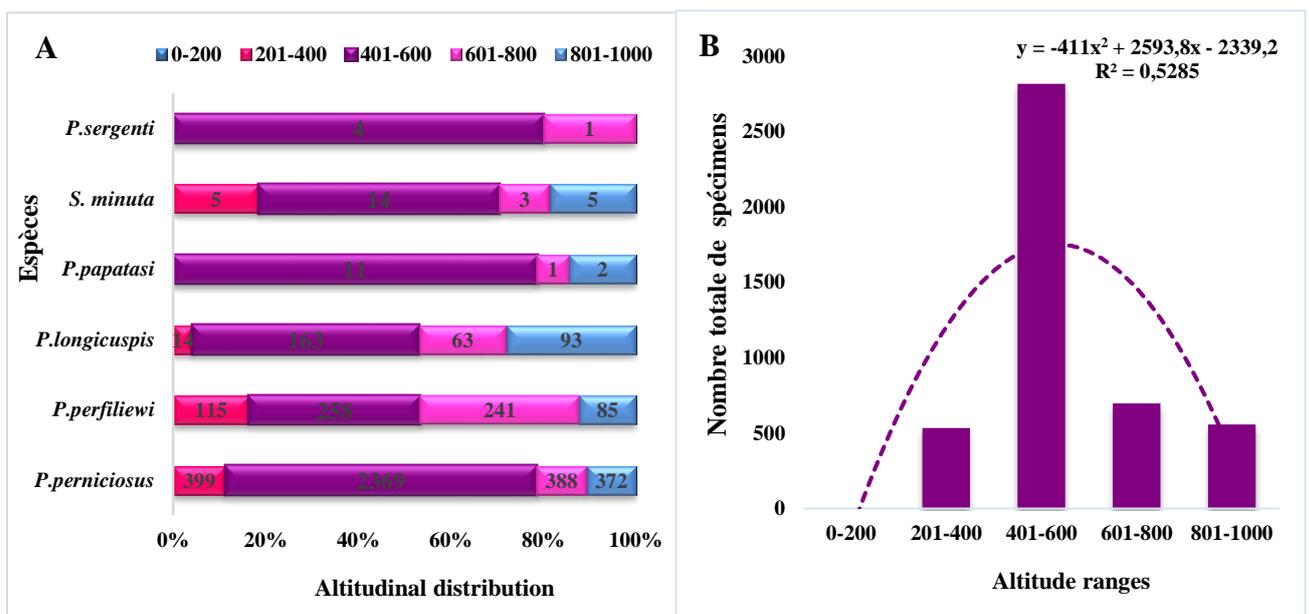


Figure 92 : Répartition altitudinale de l'abondance des espèces de phlébotomes (A) et répartition des espèces de phlébotomes à différentes plages d'altitude (B).

Bien que l'altitude ait des conséquences importantes sur la dynamique des populations d'insectes via la réduction de la durée de la saison à mesure que l'on monte à des altitudes plus élevées (Belen et Alten, 2011), ces effets n'ont pas pu être observés dans cette étude car les différences d'altitude entre les sites d'échantillonnage n'étaient pas suffisamment importantes pour entraîner une différence dans la durée de la saison. Ceci est confirmé par les résultats

obtenues dans cette étude qui montrent la présence des espèces de phlébotomes pendant les deux saisons d'étude et à tous les plages d'altitude et, ce qui reflète leur capacité à survivre à divers altitudes avec des environnements variés (Ali et al., 2016 ; Amira et al., 2022). De plus, l'abondance totale des phlébotomes a diminué avec la forte augmentation de l'altitude, ce qui explique le fort impact de l'altitude sur la diversité de la faune phlébotomienne (Guernaoui et al., 2006 ; Yared et al., 2017). Néanmoins, la leishmaniose et ces vecteurs ont été signalés dans des régions situées à des altitudes beaucoup plus élevées sud de l'Espagne, atteignant 1170 m d'altitude (Martín-Sanchez et al., 2020). D'autre études récente dans la même région, montrent la présence de certaines espèces notamment *P. perniciosus* à des plages d'altitude au-dessus de 2130 m d'altitude, ainsi que *P. sergenti* et *P. papatasi* jusqu'à 1813 m d'altitude, ce qui reflète la plus grande adaptation ces trois espèces (Díaz-S´aez et al., 2022). Ce résultat est généralement similaire à ceux rapportés ailleurs par Amira et al., (2022) dans la même région d'étude.

Conclusion

En Algérie, l'émergence ou la réémergence de plusieurs maladies vectorielles humaines ou animales est un bon indicateur du manque de connaissances dont nous disposons sur la biologie, l'écologie et la capacité vectorielle des espèces vectrices de ces affectations. La wilaya de Mila est une région concernée par ces pathologies, du fait qu'elle se situe dans une zone, considérée comme carrefour entre plusieurs foyers de la leishmaniose et un ancien foyer de celle-ci. Ainsi qu'un terrain favorable à la propagation de la fièvre catarrhale ovine de par sa forte population rurale, sa nature agricole et sa richesse avec un important cheptel estimé à 445 247 têtes, dont 89 570 bovins, 315 810 ovins et 121 39 687 caprins. Pour progresser dans la connaissance de l'écologie des *Culicoides* et des phlébotomes, ce travail a pour objectif d'étudier la structure de ces petits moucheron d'un point de vue écologique et de déterminer l'impact des facteurs environnementaux et climatiques sur l'abondance et la diversité de ces insectes. En effet, l'organisation des populations de *Culicoides* et des phlébotomes dans nos écosystèmes et les paramètres qui les structurent sont, à l'heure actuelle, très peu étudiés, bien que plusieurs travaux de recherches s'intéressent à ces vecteurs d'intérêt médical et vétérinaire. Cependant, leurs bio-écologie restent méconnues pour la région de Mila, et présentent un vrai fardeau de santé publique.

Le travail réalisé apporte de nouvelles données sur la diversité, la richesse et l'abondance des espèces de *Culicoides* et de phlébotomes dans la région de Mila, avec de nouvelles espèces du genre *Culicoides* (*C. albicans*, *C. nubeculosus*) signalées pour la première fois en Algérie et même en Afrique du Nord. Notons que, la diversité et l'abondance des espèces collectées sont analysées à l'aide des approches statistiques, notamment pour souligner l'effet de certaines variables environnementales, comme celles des climatiques.

En premier lieu, nous avons établi une enquête entomologique dans la région de Mila qui s'est déroulée sur une période de quatre (04) mois soit de Juin à Septembre durant deux ans (2018 et 2019), c'est ainsi que, nous avons prospecté 28 sites, dont 15 sites seulement étaient positifs pour les *Culicoides*.

L'inventaire de la faune Culicoidienne nous a permis de récolter un total de 1046 spécimens, appartenant à 9 sous-genres, avec la présence de nouvelles espèces pour la faune algérienne (02 espèces nouvelles) parmi les 22 espèces identifiées dans la région de Mila. *C. newsteadi* était l'espèce la plus dominante avec 51,6 % de l'ensemble de la collection, suivi de *C. punctatus* avec 16,3% et *C. odiatus* avec 11,5%. De ce fait, les espèces restantes représentent, ainsi, moins de 3% des spécimens collectés. L'analyse de l'occurrence, cependant, indique que *C. newsteadi* (C = 66,7 %) est fréquemment présent dans dix sites sur les 15 sites d'échantillonnage. En revanche, une occurrence spatiale modérée (C=46,7%) est conférée à *C.*

punctatus. Le complexe *Culicoides obsoletus* et *C. odiatus* (C = 26,7 %) sont caractérisés par une présence peu fréquente, tandis que les autres, espèces capturées présentent une occurrence sporadique oscillant entre (6,7-13,3 %). Nos résultats démontrent que la richesse spécifique des *Culicoides* est élevée à Ain-Tine avec 7 espèces, suivi par Amira-Arres et Vieux Mila avec 6 espèces, avec une diversité la plus élevée enregistrée à Tassala-Lemtai (IS = 3,43), vieux Mila (IS = 3,27) et Amira-Arres (IS = 2,93).

L'inventaire de la faune de phlébotomes a démontré la présence de 6 espèces sur 4606 spécimens récoltés, appartenant aux deux genres *Phlebotomus* soit 99,4% représenté par 5 espèces à savoir : *P.perniciosus*, *P.perfiliewi*, *P.longicuspis*, *P.papatasi*, *P.sergenti* et *Sergentomyia* avec, avec, seulement, 0,6% représenté par *S. minuta*. L'espèce *P.perniciosus* est la mieux représentée avec un taux de 76.5 %, suivie de *P.perfiliewi* avec un pourcentage de 15.1 % et *P.longicuspis* avec 7.2 %. Tandis que les autres espèces (*S. minuta*, *P.papatasi*, *P.sergenti*) sont très faiblement représentées, car leurs fréquences relatives varient entre 0.1 et 0.5 %. Les valeurs d'indice de Simpson et d'équitabilité indiquent que la population est peu diversifiée et très peu équilibrée avec 'une seule espèce *P. perniciosus* qui monopolise la récolte avec 76.5%. La diversité stationnelle des espèces inventoriées au cours de l'étude révèle que *P. perniciosus* est l'espèce la plus occurrente dans tous les sites d'étude, et présente ainsi le spectre le plus large de répartition. D'après l'indice d'occurrence nous pouvons dire que les espèces *P.perniciosus*, *P. longicuspis* sont présentes avec une tendance constante (C = 100%), c'est pareil pour *P. perfiliewi* (C = 84,21%), tandis qu'une occurrence inféquentée est enregistrée pour chacune de *S. minuta* (C= 26,31%) et *P. papatasi* (C = 31,57%) alors qu'une occurrence sporadique pour *P. sergenti* (C= 15,78%).

En deuxième lieu, nous avons abordé l'impact de certains paramètres environnementaux sur la répartition des *Culicoides* et des phlébotomes, où la diversité de la faune de *Culicoides* et de phlébotomes entre les différentes gammes d'altitudes indique qu'à partir de 400 m d'altitude, la diversité est plus importante. La richesse et la diversité sont maximales entre 400m et 800 m d'altitude et plus faible à des altitudes moins de (<400 m au-dessus du niveau de la mer). L'altitude, donc, influence l'abondance et la diversité des espèces de ces deux types d'insectes, en entraînant des changements dans leurs dynamiques saisonnières.

Après l'analyse de l'impact des facteurs climatiques sur l'abondance des espèces de phlébotomes et de *Culicoides* nous n'avons pas pu observer un impact réel de ces facteurs sur les deux vecteurs. A la lumière de ces résultats nous ne pouvons retenir comme affirmation ou infirmationles changements climatiques comme seuls facteurs influant l'abondance et la

diversité des phlébotomes et des *Culicoides* car beaucoup de facteurs autres que climatiques, notamment anthropiques, entrent en jeu tel que :

- un déséquilibre de l'environnement causé par : l'urbanisation, la construction des barrages, la déforestation, l'occupation des sols, l'accès d'agriculture et l'élevage intensif peuvent favoriser ou lutter contre le développement des sites de reproduction et de repos des phlébotomes et des *Culicoides*.
- L'adoption des programmes d'éradication
- une résistance accrue aux médicaments et aux pesticides...etc.

La meilleure connaissance de la bio-écologie de l'espèce vectrice est l'un des moyens les plus efficaces pour la lutte anti-vectorielle contre ces vecteurs et par conséquent les graves maladies qu'ils transmettent.

En termes de perspectives, il serait intéressant de poursuivre les recherches scientifiques de manière plus approfondie afin de bien comprendre ces vecteurs dans leur globalité et d'adopter un modèle mathématique ponctuel pour pouvoir faire des prédictions quant à son évolution dans les années à venir car nos résultats restent préliminaires et limités. Ainsi, il serait alors important de prospector d'autres régions et différents biotopes. Il est important aussi de mener des études épidémiologiques et virologiques et les combiner par des études moléculaires afin de faciliter la détection des espèces vectrices, leur capacité vectorielle et leur période d'activité (période à risque), ce qui nous a permis de développer des mécanismes de lutte anti-vectorielle contre ces vecteurs nuisibles.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques**A**

- 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 Research Notes*, 11(1), doi: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) .Mem . O.R .S. T. O. M, Sér .Ent. Méd.Prasito., 55, 289 PP.
- Acebey, L., Jullian, V., Sauvain, M. 2008. Ethnopharmacologie et leishmanioses en Amérique latine. *Ethnopharmacologia*, n°41.
- Adel, A., Boughoufalah, A., Saegerman, C., De Deken, R., Bouchene, Z., Soukehal, A., Bekervens, D Boelaert, M., 2014. Epidemiology of visceral leishmaniasis in Algeria: an update. *PLOS ONE*, 9(6):1–10.
- 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 Neglected Tropical Diseases*, 10(3), e0004349, doi:10.1371/journal.pntd.0004349.
- Albina, E., Zientara, S., Sailleau, S., 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 : 63-74 ,doi: 10.1684/vir.2007.0045
- Alemayehu, B., Alemayehu , M., 2017. Leishmaniasis: A Review on Parasite, Vector and Reservoir Host, *Health Science Journal*, Vol.11 No.4:519,doi: 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.
- 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.
- Alten, B., Maia, C., Afonso, M.O., Campino, L., Jiméñez, M., Gonz´alez, E., et al., 2016. Seasonal Dynamics of Phlebotomine Sand Fly Species Proven Vectors of Mediterranean Leishmaniasis Caused by *Leishmania infantum*. *PLoS Negl. Trop. Dis* 10 (2). <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004458>.
- 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., Bounamous, A., Kouba, Y., Kadjoudj, N., Zeroual, Z., Boubendir, A., Boularouk, Y., 2022. Sand Flies (Diptera: Psychodidae): Fauna and Ecology in the Northeast of Algeria. *Journal of Medical Entomology*, XX(X), 2022, 1–10 <https://doi.org/10.1093/jme/tjac030>
- Amora, S.S.A, Bevilaqua, C.M.L, Feijo, F.M.C, Alves, N.D, Maciel, M.V., 2009. Control of Phlebotomine (Diptera : Psychodidae) Leishmaniasis Vectors. *Neotropical Entomology*. 38(3) 303-310.
- Amri, C., Neffar, S., Ouchtati, N., Chenchouni, H., 2019. Spatiotemporal patterns of ground beetle diversity (Coleoptera: Carabidae) in a Ramsar wetland (Chott Tinsilt) of Algeria. *Turk. J. Zool* 43(5), 502–515. <https://doi.org/10.3906/zoo-1904-19>
- Agence Nationale de Développement de l'Investissement (ANDI) ., 2013. La spectaculaire chute de Tamda près Ahmed Rachedi. Rapport technique.
- Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière (ANIREF) ., 2013. Rubrique monographie wilaya de Mila, 4 P.
- Albina, E., Zientara, S., Sailleau, S., 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 : 63-74 ,doi: 10.1684/vir.2007.0045
- Association Française des Enseignants de Parasitologie et Mycologie (ANOFEL)., 2014. Leishmanioses, 13 P.
- Aoun, k., Bouratbine, A., 2014. Cutaneous Leishmaniasis in North Africa: a review. *Parasite* , 21, 14. doi: 10.1051/parasite/2014014.
- Arar, A., Tabet, S., Nouidjem, Y., Bounar, R., Chenchouni, H., (2019). Projected small-scale range reductions of *Cedrus atlantica* forests due to climate change at the Belezma National Park (Algeria). In: *Exploring the Nexus of Geocology, Geography, Geoarchaeology, and Geotourism*. pp. 15–19. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01683-8_4
- Artun, O., Kavur, H., 2017. Investigation of the spatial distribution of sandfly species and cutaneous leishmaniasis risk factors by using geographical information system technologies in Karaisali district of Adana province, Turkey. *J Vector Borne Dis* 54,233–239.
- Athmania, D., 2010. Mineralogie des argiles phénomène de retrait- gonflement dans le bassin de Mila (Nord constantinois). Thèse de Doctorat. Univ. Constantine, 172 PP.
- 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>
- Aubry, P., Gaüzère, B.A., 2019. Les leishmanioses. *Médecine Tropicale*. Univ.de Bordeaux .France, 12 P.
- Augot, D., Depaquit, J., 2010. Problématique et enjeux de l'identification des espèces vectrices de FCO en France. *Bull. Epidemiol.* 35, 5–7.
- Augot, D., Sauvage, F., Jouet, D., Simphal, E., Veuille, M., Couloux, A., Kaltenbach, M.L.,

- Depaquit, J., 2010. Discrimination of *Culicoides* *obsoletus* and *C. scoticus*, potential bluetongue vectors, by morphometrical and mitochondrial cytochrome oxidase subunit I analysis. *Infect. Genet. Evol.* 10, 629–637.
- Augot, D., Mathieu, B., Hadj-Henni, L., Barriel, V., Mena, S.Z., Smolis, S., Slama D., Randrianambinintsoa, F.J., Trueba, G., Kaltenbach, M., Rahola, N., Depaquit, J., 2017. Molecular phylogeny of 42 species of *Culicoides* (Diptera, Ceratopogonidae) from three continents. *Parasite*, 24, 23. <https://doi.org/10.1051/parasite/2017020>
- 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>
- Azimi, F., Shirian, S., Jangjoo, S., Ai, A., Abbasi, T., 2017. Impact of climate variability on the occurrence of cutaneous leishmaniasis in Khuzestan Province, southwestern Iran. *Geospatial Health*, 12:478,doi:10.4081/gh.2017.478. T.

B

- Bachi F., 2006. Aspects épidémiologiques et cliniques des leishmanioses en Algérie. La lettre de l'infectiologue - Tome XXI - .N°1.
- Balenghien, T., Delécolle, J.C., 2009. Les *Culicoides* moucheron vecteurs du virus de la fièvre catarrhale ovine. *Ins ect e S n ° 1 5 4 - (3).25-29.*
- Balenghien, T., Garros, C., Mathieu, B., Setier-Rio, M.L., Allene, X., Gardes, L., Rakotoarivoany, I., Venail, R., Akaddar, A., Drouet, M., Baldet, T., Delécolle J, C., 2010. La surveillance des *Culicoides* en France. Bulletin épidémiologique N° 35/ Hors série spécial FCO, 35, 8-9.117.
- Balenghien, T., Rakotoarivony, I., Allène, X., Perrin, J., Garros, C., 2014. L'activité des populations de *Culicoides* en Corse en 2013. *Bull. Epidemiol.* 64, 41.
- Bandeira, M.C.A., Brito, G.A., da 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. *Journal of Vector Ecology*, Vol. 42, no. 1, 113-119.
- 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, doi: 10.1016/S0065-308X(06)64001-3
- Belal, A.A.A., Hassan, M.M., Abdelnour, O.M., Awadallah, A.H., 2017. Identification and Classification of Sand flies Species and It's Habitats in El-Kadaba Village, White Nile State, Sudan. *International Journal of Infectious Diseases and Therapy*, 2(1):15–21, <http://www.sciencepublishinggroup.com/j/ijidt> doi: 10.11648/j.ijidt.20170201.14.
- Belazzoug, S., 1983. Isolation of *Leishmania major* Yakimoff & Schokhor, 1914 from *Psammomys obesus* Gretschmar, 1828 (Rodentia Gerbillidae) in Algeria. *Trans. R.Soc.Trop. Med. Hyg.* 77: 876.
- Belazzoug, S., Ammar-Khodja, A., Rioux, J A., Pralong, 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.
- Belhebib, B., Oukaci, G., 2007. Les rongeurs arvicoles en Algérie. Moyens de lutte. Journées internationales sur la zoologie agricole et forestière .Inst. Nat. Agro. El- Harrach. Alger.
- Belkharouch, M., 2014. Contribution à l'étude de la biodiversité des *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) responsable de la fièvre catarrhale dans la région est-algérien foyer d'Oum El Bouighi. Mémoire de Magister. Univ. Oum El Bouighi, 191 PP.
- Belkharouch, 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>
- Belkharouch, 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 (Algeria), 243 PP.
- Bell-Sakyi, L., Mohd Jaafar, F., Monsion, B., Luu, L., Denison, E., Carpenter, S., Attoui, H., Mertens, P. P. C., 2020. Continuous Cell Lines from the European Biting Midge *Culicoides nubeculosus* (Meigen, 1830). *Microorganisms* 8(6), 825. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8060825>
- Ben Salah, A., Kamarianakis, Y., Chlif, S., Alaya, N.B., Prastacos, P., 2007. Zoonotic cutaneous leishmaniasis in central Tunisia: spatio temporal dynamics. *Int j Epidemiology*. 36(5):991-1000.
- 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, S., 2004. Présence de leishmania infantum MON-24 chez le chien. *Med Trop* 2004 ; 64 : 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.
- Bennis, I., Thys, S., Filali, H., De Brouwere, V., Sahibi, H., Boelaert, M., 2017. Psychosocial impact of scars due to cutaneous leishmaniasis on high school students in Errachidia province, Morocco. *Infectious Diseases of Poverty*, doi 10.1186/s40249-017-0267-5.
- 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 *Phlébotomus longicuspis* Nitzulescu 1930 (Diptera : Psychodidae). Ann.soc.Entomol.Fr. (n.s.) ,43 (2) :201-203.
- 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.
- 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, DOI 10.1007/s00436-012-2858-1.
- Berrayah, H., Hwang, H.S., Lee K.Y., 2020. Molecular identification of *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) species in Algeria. Acta Tropica, 202, 105261. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.105261>
- Biteau-Coroller, F., 2007. Surveillance et évaluation du risque de transmission des maladies vectorielles émergentes : Apport de la capacité vectorielle Exemple de la fièvre catarrhale du mouton. Thèse de Doctorat. Univ. Montpellier II-Sciences et Techniques du Languedoc, 261 PP.
- Bogitsh, B., Carter, E., Oelmann, T.N., 2019. Arthropodes as Vectors In: Human parasitology (9th edition), 331-360.
- Boorman, J., 1989. *Culicoides* (Diptera, Ceratopogonidae) of Arabian Peninsula with notes on their medical and veterinary importance. Fauna of Saudi Arabia, 10, 66.
- Borkent, A., 2014. World species of biting midges (Diptera: Ceratopogonidae), Vol American Museum of Natural History, and Instituto Nacional de Biodiversidad691-8th Ave. SE, Salmon Arm, British Columbia, V1E 2C2, Canada, 238 PP.
- Borkent, A., Spinelli, G., 2007. Neotropical Ceratopogonidae (Diptera: Insecta). In J. Adis, J.R. Arias, G. Rueda-Delgado, and K.M. Wnatzten. Aquatic Biodiversity in Latin America (ABLA), Vol. 4, Pensoft, Sofia-Moscow, 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>
- 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 and Infection 13, 691-696.
- Boudrissa, A., Cherif, K., Kherrachi, I., Benbetka, S., Bouiba, L., Boubidi, S.C., Benikhlef, R., Arrar, L., Hamrioui, B., Harrat, Z., 2012. Extension de *Leishmania major* au Nord de l'Algérie. Bull. Soc. Pathol. Exot. 105:30-35.
- Boulkenafet, F., 2006. Contribution à l'étude de la biodiversité des Phlébotomes (Diptera: Psychodidae) et appréciation de la faune Culicidienne (Diptera: Culicidae) dans la région de Skikda. Mémoire de Magister en entomologie. Univ. Constantine, 161 PP.

- 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. Biosystematique et caractérisation par la biologie moléculaire des phlébotomes de l'est algérien. Thèse de Doctorat Univ. Constantine, 264 PP.
- Bounamous, A., Lehrter, V., Hadj-Henni, L., Delecolle J.C., Depaquit, J., 2014. Limits of a rapid identification of common Mediterranean sandflies using polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism. *Mem. Inst. Oswaldo. Cruz*, Rio de Janeiro, 109(4): 466–472.
- Bourcet, A.J.E., 2012. Fièvre catarrhale ovine (FCO) et reproduction chez les bovins. Thèse de doctorat. École Nationale Vétérinaire D'Alfort, 131 P.
- 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>
- 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 Epidémiologie*, 73(1), 37–46. <https://doi.org/10.19182/remvt.31838>
- Boussaa, S., 2008. Epidémiologie 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 (France), 199 PP.
- Boussaa, S., Boumezzough, A., 2014. Identification et caractérisation des gîtes larvaires de phlébotomes (Diptera: Psychodidae) à Marrakech (Maroc). *Entomol. Faun. ± Faun. Entomol*, 67, 93-101.
- Braverman, Y., Galun, R.M., Ziv, M., 1974. Breeding sites of some *Culicoides* species (Diptera: Ceratopogonidae) in Israël. *Mosq. News*, 34(3), 303-308.
- Braverman, Y., 1994. Nematocera (Ceratopogonidae, Psychodidae, Simuliidae and Culicinae) and control methods. *Review Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*13: 1175–1199.
- 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. France.- Tome 160 - N°2* www.academie-veterinaire-defrance.org/
- Briffod, C., 2011. Revue actuelle en matière de leishmaniose canine. Thèse de doctorat. Univ. Paul-Sabatier de Toulouse, 105 P.
- Burza, S., Croft, S.L., Boelaert, M., 2018. *Leishmaniasis*. Elsevier, [doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31204-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31204-2).

C

- Calborn, M.D., 2010. The Biology and Control of Leishmaniasis Vectors. *Global Journal of infectious diseases*, 2(2):127–134.
- Campbell, A.E., Pelham-Clinton, E.C., 1960. A taxonomic review of the British species of *Culicoides* Latreille (Diptera: Ceratopogonidae). *Proceedings of the Royal Society of London*, 67: 181-302.
- Capela, R., Sausa, C., Pena, I., Caeiro, V., 1993. Preliminary note on the distribution and ecology of *Culicoides imicola* in Portugal. *Medical and Veterinary Entomology*, 7: 23-26.
- 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., 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., Wilson, A., Mellor, P. S., 2009. *Culicoides* and the emergence of bluetongue virus in northern Europe. , 17(4), 0–178. doi:10.1016/j.tim.2009.01.001
- 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. *Communications biology*. <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03240-z>
- 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 .EAN : 9782876146624 .ISSN : 1620-0705
- Chaves, L.F., Calzada, J.E., Valderrama, A., Saldan, A., 2014. Cutaneous Leishmaniasis and Sand Fly Fluctuations Are Associated with El Niño in Panama. *PLoS Negl Trop Dis* 8(10): e3210, doi:10.1371/journal.pntd.0003210.
- Chebbah, L., Kabour, A., 2018. Impact of dam retention on the local climate regime: Case of Beni Haroun (east Algeria). *Larhyss Journal*, 33, 51-69.
- Cheghabalaki, Z.Z., Yarahmadi, D., Karampour, M., Shamsipour, A., 2019. Spatial Dynamics of a Phlebotomine Sand Flies Population in Response to Climatic Conditions in Bushehr Province of Iran. *Annals of Global Health*. 85 (1): 60, 1–11. doi: <https://doi.org/10.5334/aogh.30>.

- Chenchouni, H., Menasria, T., Neffar, S., Chafaa, S., Bradai, L., Chaibi, R., et al., 2015. Spatiotemporal diversity, structure and trophic guilds of insect assemblages in a semi-arid Sabkha ecosystem. *Peer J*, 3, e860. <https://doi.org/10.7717/peerj.860>
- Clastrier, J., 1957. Notes sur les Cératopogonidés. II. Quelques *Culicoides* d'Algérie à ailes tachetées. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie*, 35, 410-413.
- Claude, G., 1973. Sur la biologie d'un rongeur héliophile du Sahara, le « Goundi » (*Ctenodactylidae*), 2 P.
- Centre National d'Expertise sur les Vecteurs (CNEV) ., 2012. Surveillance et contrôle des *Culicoides* vecteurs de la fièvre catarrhale du mouton en France métropolitaine, www.cnev.fr
- 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.
- Conte, A., Giovannini A., Savini, L., Goffredo, M., Calistri, P., Meiswinkel, R., 2003. The Effect of Climate on the Presence of *Culicoides imicola* in Italy. *J. Vet. Med. B.* 50, 139–147. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0450.2003.00632.x>
- Cornet, M., Brunhes, J., 1994. Révision des espèces de *Culicoides* apparentés à *C. schultzei* (Enderlein, 1908) dans la région afrotropicales (Diptera, Ceratopogonidae). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 99, 149-164.
- Coulet, O., Lightburn, E., Morand, J.J., Tommaso, M., Gai, M., Drouet, Y., Chouc, C., Salgas, P., 2000. Localisations auriculaires de leishmanioses cutanées importées de Guyane française, 22 P.
- Courtejoie, N., Salje, H., Durand, B., Zanella, G., Cauchemez, S., 2018. Using serological studies to reconstruct the history of bluetongue epidemic in French cattle under successive vaccination campaigns. *Epidemics* 25, 54–60. <https://doi.org/10.1016/j.epidem.2018.05.005>
- Cuéllar, A.C., Kjær, 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/s13071-018-2706-y>

D

- Dağalp, S.B., Dik, B., Farzani, T.A., Ataseven, V.S., Acar, G., Şahinkesen, I., Özkul, A., 2021. Akabane virus infection in Eastern Mediterranean Region in Turkey: *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) as a possible vector. *Trop. Anim. Health Prod* 53 (2), 53–231.
- Daly, M., Daly, S., 1974. On the feeding ecology of *Psammomys obesus* (Rodentia, Gerbillidae) in the Wadi Saoura, Algeria. *Mammalia* 37: 546-561.
- Dantas-Torres, F., Solano-Gallego, L., Baneth, G., Ribeiro, V. M., de Paiva-Cavalcanti, M., Otranto, D., 2012. Canine leishmaniosis in the Old and New Worlds: unveiled similarities and differences. *Trends Parasitol*, 28, 531-538

- Dantas-Torres, F., Otranto, D., 2016. Best Practices for Preventing Vector-Borne Diseases in Dogs and Humans. *Trends Parasitol*, 32: 43-55. doi:10.1016/j.pt.2015.09.004
- De La Puente, J.M., Merino, S., Tomás, G., Moreno, J., Morales, J., Lobato, E., Talavera, S., Sarto I Monteys, V., 2009. Factors affecting *Culicoides* species composition and abundance in avian nest. *Parasitology*, 136: 1-9.
- De la Roque, S., Rioux, J.A., 2008. Influence des changements climatiques sur l'épidémiologie des maladies transmissibles. Manuscrit N° 3215 bh. « Conférences de centenaire de la SPA ».
- De Liberato, C., Scavia, G., Lorenzetti, R., Scaramozzino, P., Amaddeo, D., Cardeti, G., Scicluna, M., Ferrari, G., Autorino, G.L., 2005. Identification of *Culicoides obsoletus* (Diptera: Ceratopogonidae) as a vector of bluetongue virus in central Italy. *Veterinary Record*, 156: 301-304.
- De Oliveira Vial, M., Corrêa, B.V., Malegoni, A.C., da 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 Library Journal*, 8, 1-7, doi: 10.4236/oalib.1107150.
- 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., 1999 .Traitement des leishmanioses. Les leishmanioses. Ellipses. JP Dedet ed collection aupelf /uref 213-223.
- Dedet J.P., 1999 b. Leishmanioses tégumentaires. 173-178. In : Les leishmanioses. Dedet, J. P.(coord.), Ellipses/Universités Francophones. Paris, 253 PP.
- Dedet J.P., 2001. Leishmanies. leishmaniose, biologie clinique et thérapeutique encyclopédie médico-chirurgical : 8 :506-510.
- 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. *Parasitologie*. 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. Strasbourg, 386 PP.
- Depaquit, J., Léger, N., 2009. Les phlébotomes (Diptera : Psychodidae : Phlebotominae). *Entomologie médicale et vétérinaire*. 295-320.
- Dereure, J., 1999. Les leishmanioses. Paris : Ellipses, 109-130.
- 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. Thèse de Doctorat. Univ. Ankara, Turkey, 100 PP.
- Dik, B., Muz, D., Muz, M. N., Uslu, U., 2014. The geographical distribution and first molecular analysis of *Culicoides* Latreille (Diptera: Ceratopogonidae) species in the Southern and Southeastern Turkey during the 2012 outbreak of bovine ephemeral fever. Parasitol. Res. 113, 4225–4232. <https://doi.org/10.1007/s00436-014-4098-z>.
- Djerbal, M., Delécolle, J.C., 2009. Entomological Surveillance of Bluetongue in Algeria. Revue Élev. Méd. Vét. Pays Trop. 62(2–4), 81–180.
- Djebouh, A., Toudjine, M., Djoudi, M., Benikhlef, R., Harrat, Z., 2005. Laleishmaniose canine en Algérie :essai de traitement par l’allopurinol. Ann.Méd. Vét.149, 132-134.
- Dolmatova, A., Demina, N.A., 1971. Les Phlébotomes (Phlebotominae) et les maladies qu'ils transmettent. Documentation technique. OROSTOM, N° 18, 8–15.
- Downes, J.A., 1955. Observations on the swarming flight and mating of *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae). Transactions of the Royal Entomological Society of London, 106: 439-453.
- DSA., 2022. Direction des Services Agricole, Mila. Annuel recensement 2021.
- Duan, Y.L., Bellis, G., Li, L., Li, H.C., Miao, H.S., Kou, M.L., Liao, D.F., Wang, Z., Gao, L., Li, J.Z., 2019. Potential vectors of bluetongue virus in high altitude areas of Yunnan Province, China. Parasites Vectors 12, 464. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3736-9>
- Dubuis, A., Faurel, L., Grenot, C.L., Vernet, R., 1971. Sur le régime alimentaire du Léopard saharien. *Uromastix acanthinurus* Bell. - CR. Acad. Sci. Paris, 273 (D), 500-503 PP.
- 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 Aiop de Dakar, 144 PP.
- Dzhafarov, S.M., 1964. Blood-sucking Heleidae (Diptera) of Transcaucasia (the Genera *Culicoides*, *Leptoconops*, *Lasiohelea*). Soviet Academy of Sciences, Azerbaijan. Baku, 414 PP.

E

- Eddaikra, N., K. Ait-Oudhia, B. Oury, M. M. Farida, Z. Harrat., D. Sereno., 2017. Leishmania antimony resistance/susceptibility in Algerian foci. Open. J. Trop. Med 1(1): 024–032.
- European Food Safety Authority (EFSA)., 2008. Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from the European Commission (DG SANCO) on Bluetongue. The EFSA Journal 735, 1-69.
- El Omari, H., Chahlaoui, A., Talbi, F.Z., El Mouhdi, K., El Ouali Lalami A., 2020. Impact of Climatic Factors on the Seasonal Fluctuation of Leishmaniasis Vectors in Central Morocco (Meknes Prefecture). Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology,6098149. <https://doi.org/10.1155/2020/6098149>

- Elbers, A. R. W., Meiswinkel, R., 2015. *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) and livestock in the Netherlands: comparing host preference and attack rates on a Shetland pony, a dairy cow, and a sheep. *Journal of Vector Ecology*, 40, 308-317.
- Emberger, L., 1955. Une classification biogéographique des climats. *Rev. Labo. Bot. Géol. Zoo. Fac. Sci. Montpellier*, 43 PP.
- 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>
- Erram, D., Blosser, E.M. & Burkett-Cadena, N., 2019. Habitat associations of *Culicoides* species (Diptera: Ceratopogonidae) abundant on a commercial cervid farm in Florida, USA. *Parasites Vectors* 12, 367. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3626-1>

F

- Farias, E.D.S., Almeida, J.F., Pereira-Silva, J.W., Coelho, L.S., Luz, S.L.B., Ríos-Velásquez, C.L., Pessoa, F.A.C., 2020. Major Article Diversity of biting midges *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae), potential vectors of disease, in different environments in an Amazonian rural settlement, Brazil. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 53, e20200067. <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0067-2020>
- Fauna Europaea., 2010. Diptera Nematocera. Fauna Europaea version 1.2. Actualizado 3 de Junio de 2010. Disponible : <http://www.faunaeur.org/>.
- Feliciangeli, I., 2004. Natural breeding places of phlebotomine sandflies. *Med. Vet. Entomol.* 18: 71-80.
- 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.
- 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., Delrio, G., Falchi, G., Marche, M.G., Satta, G., Ruiu, L., 2016. Role of different *Culicoides* vectors (Diptera: Ceratopogonidae) in bluetongue virus transmission and overwintering in Sardinia (Italy). *Parasites Vectors* 9, 440. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1733-9>
- Foxi, C., Satta, G., Puggioni, G., Ligios, C., 2020. Biting Midges (Ceratopogonidae, *Culicoides*). Reference Module in Biomedical Sciences. Elsevier Reference Collection in Biomedical Sciences. *Encyclopedia. Infect. Immun.* <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818731-9.00005-7>
- Frahtia-Benothman, K., 2015. Detection moléculaire des leishmanies à partir du genre *Phlebotomus* (Diptera: Psychodidae): tendance vers la régression de la leishmaniose à Constantine. Thèse de Doctorat Univ. Constantine, 96 PP.

G

- Garni, R., Tran, A., Guis, H., Baldet, T., Benallal, K., Boubidi, S.C., Harrat, Z., 2014. Remote sensing, land cover changes and vector-borne diseases: Use of high spatial resolution satellite imagery to map the risk of occurrence of cutaneous leishmaniasis in Ghardaïa, Algeria. *Infect. Genet. Evol.* 28,725-735.
- Granier, M., 2013. Etude 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 PP.
- Garnotel, E., 2011. Epidémiologie et prophylaxie des Leishmanioses (clinique, diagnostic, traitement). Service de biologie HIA Laveran. Marseille, 2 P.
- Garros, C., Gardès, L., Allène, X., Rakotoarivony, I., Viennet, E., Rossi, S., Balenghien, T., 2011. Adaptation of a species-specific multiplex PCR assay for the identification of blood meal source in *Culicoides* (Ceratopogonidae: Diptera): applications on Palaearctic biting midge species, vectors of Orbiviruses. *Infect Genet Evol.* 11, 1103–1110. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2011.04.002>
- 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. Animaux réservoirs de pathogènes pour l'homme. *Revue francophone des Laboratoires – Décembre 2015 - n°477.*
- Gerbier, G., Biteau-Coroller, F., Grillet, C., Parodi, J., Zientara, S., Baldet, T., Guis, H., Roger, F., 2008. Description of the outbreak of bluetongue in Corsica in 2003, and lessons for surveillance. *Vet. Rec.* 162, 173–176. <https://doi.org/10.1136/vr.162.6.173>.
- Gerry, A.C., Sarto I Monteys, V., Moreno Vidal J.O., Francino, O., Mullens, B.A., 2009. Biting Rates of *Culicoides* Midges (Diptera: Ceratopogonidae) on Sheep in Northeastern Spain in Relation to Midge Capture Using UV Light and Carbon Dioxide-Baited Traps. *Journal of Medical Entomology*, 46 (3): 615-624.
- 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>
- Gil Collado, J., Sahuquillo Herráiz, C., 1983. Aportaciones al catálogo de *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) de España peninsular. *Revista Ibérica de Parasitología*, 43: 109-110.
- Gillott, C., 1995. *Entomology*. - 2nd edition.- New York and London: Plenum Press, 782 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., 2013. The genus *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) in the basque country, northern Spain. Thèse de Doctorat. Univ. Spain, 327 PP.
- González, M., Baldet, T., Delécolle, J.C., López, S., Romón, P., Goldarazena, A., 2013. Monitoring of *Culicoides* Latreille (Diptera: Ceratopogonidae) after BTV outbreaks, in sheep farms and natural habitats from the Basque Country (Northern Spain). Proc. Entomol. Soc. Wash 115, 48–69pp. <https://doi.org/10.4289/0013-8797.115.1.48>
- González, M.A., Alarcón-Elbal, P.M., Venter, G.J., López, S., 2017. Flight and swarming behaviour of *Culicoides* species (Diptera: Ceratopogonidae) on a livestock farm in Northern Spain. Veterinaria Italiana, 53 (2), 157-166. doi: 10.12834/VetIt.371.1663.4, 163.
- 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 periurban areas in Northern Spain. Med. Vet. Entomol 35, 79–87. <https://doi.org/10.1111/mve.12471>
- 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>
- Grimaud, Y., Guis, H., Chiroleu, F., Boucher, F., Tran, A., Rakotoarivony, I., Duhayon, M., Cetre-Sossah, C., Esnault, O., Cardinale, E., Garros, C., 2019. Modelling temporal dynamics of *Culicoides* Latreille (Diptera: Ceratopogonidae) populations on Reunion Island (Indian Ocean), vectors of viruses of veterinary importance. Parasites Vectors 12, 562. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3812-1>
- Gromek, k., Hung, M., Montero, N., Sousa Pinto G., 2020. Vector-borne diseases: a handbook for pharmacists. Disease prevention, control, management and treatment. The Hague: International Pharmaceutical Federation, 57 PP.
- 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.
- Guilvard, E., Rioux, J. A., Gallego, M., Pratlong, F., Mahjour, J., Martinez-Ortega, E., Dereure, J., Saddiki, A., Martini, A., 1991. *Leishmania tropica* au Maroc III— rôle vecteur de *phlebotomus sergenti* A propos de 89 isolats1. Ann. Parasitol. Hum. Comp, 66 : n° 3, 96-99.
- Gullon, P.J., Cranston, P.S., 2005. The Insects: an outline of entomology. - 3rd edition. - London: Blackwell publishing, 505 P.

H

- Harrat, Z., Hamraoui B., Belkaid M., Tabet-Derraz O., 1995. Point actuel sur l'épidémiologie des leishmanioses en Algérie. Bulletin de Société Pathologie Exotique. 85:180–184.
- Harrat, Z., Belkaid, M., 2003. Les leishmanioses dans l'Algérois. Données épidémiologiques. Bull Soc Pathol Exot, 96, 3, 212-214.

- Harrat, Z., Boubidi, S.C., Pralong, F., Benikhlef, R., Selt, B., Dedet, J.P., Ravel, C., Belkaid, M., 2009. Description of a dermatropic *Leishmania* close to *L. killicki* (Rioux, Lanotte & Pralong 1986) in Algeria. *Trans R Soc Trop. Med. Hyg*, 103(7):716–20.
- Harrat, Z., Pralong, F., Belazzoug, S., Dereure, J., Deniau, M., Rioux, J.A., Belkaid, M., Dedet, J.P., 1996. *Leishmania infantum* and *L. magor* in Algeria. *Trans. Royal. Soc. Trop Med. Hyg.* 90 (6) : 625-629.
- Hofmann, M., Thuer, B., 2009. Toggenburg Orbivirus, a new bluetongue virus: Initial detection, first observations in field and experimental infection of goats and sheep. *Veterinary Microbiology*, 138 (1-2): 11-9.
- Holmes, P. R., Birley, M. H., 1987 .An improved method for survival rate analysis from time series of haematophagous dipteran populations. *Journal of Animal Ecology*, 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 Veterinary Research*, 15(1), doi:10.1186/s12917-019-2000-z.

I

- Institute for Animal Health (IHA)., 2010. A guide to the British *Culicoides*. John Boorman. Pirbright, UK. Disponible: <http://iah.bbsrc.ac.uk/bluetongue/culicoides>.
- Institut National de la Protection des Végétaux (INPV)., 2012. *Meriones shawi*.
- Interactive Identification Key for *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) females from the Western Palaearctic region (IIKC)., 2022. Disponible sur le site web :<http://www.iikculicoides.net/taxa/puncticollis.html>
- Izri, A., Depaquit, J., Parola, P., 2006. Phlebotomes et transmission d'agents pathogènes dans le bassin méditerranéen. *Medecine Tropicale*, 66(5):429–435.

J

- Jan, G.S., Jonathan, E.S., 2017. Vector-borne diseases and climate change: a European perspective. *Minireview – Environmental Microbiology*, doi: 10.1093/femsle/fnx244.
- Jebbouri, Y., 2013. Profil épidémiologique, thérapeutique et évolutif de la leishmaniose cutanée (A propos de 52 cas).Expérience du service de Dermatologie de l'hôpital militaire Moulay Ismail.Meknès.Thèse de doctorat.Univ. Meknès, 156 PP.
- Johnstone, R.A., Hurst, G.D.D., 1996. Maternally inherited male-killing microorganisms may confound interpretation of mitochondrial DNA variability. *Biol J Linn Soc* 58: 453–470. doi:10.1111/j.1095-8312.1996.tb01446.x.

K

- 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>
- 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 PP.

- Kahime, K., Sereno, D., Bounoua, L., Moulay, A.E.H., Bouhout, S., 2018. Management of Leishmaniasis in the Era of Climate Change in Morocco. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 1542.
- Kannan, R., James, D.A., 2009. Effects of climate change on global biodiversity: a review of key literature. *Trop. Ecol.* 50, 31–39.
- 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, 137-159.
- Kieffer, J.J., 1923. Ceratopogonines recueillis au Sahara Constantins. *Archives de l'Institut Pasteur Algérie*, 1: 654-683.
- Killick-Kendrick, R., 1990. Phlebotomine vectors of the leishmaniasis: a review. *Med Vet Entomol.* 4(1): 1–24.
- Killick-Kendrick, R., Tang, Y., Killick-Kendrick, M., Sang, D.K., Sirdar, M.K., Ke, L., Ashford, R.W., Schorscher, J., Johnson, R.H., 1991. The identification of female sandflies of the subgenus *Larrousius* by the morphology of the spermathecal ducts. *Parassitologia* 33 Suppl: 335–347. PMID: 1841225.
- Killick-Kendrick, R., 1999. The Biology and Control of Phlebotomine Sand Flies. *Clin Dermatol.* 17(3): 279–289.
- Kilpatrick, A.M., Peters, R.J., Dupuis, A.P., Jones, M.J., Marra, P.P., Kramer, L.D., 2013. Predicted and observed mortality from vector-borne disease in small songbirds. *Biological Conservation* 165, 79-85.
- Kobets, T., Grekov, I., Lipoldová, M., 2012. Leishmaniasis: Prevention, Parasite Detection and Treatment. *Current Medicinal Chemistry*, Vol. 19, No. 10.
- Koceř, E.A., 2004. Etude du métabolisme glucidique et lipidique de l'hépatocyte isolé de rat des sables (*Psammomys obesus*) au cours du développement du syndrome diabétique. Influences nutritionnelle, hormonale et pharmacologique, 26 P.
- Koch, L.K., Kochmann, J., Klimpel, S., Cunze, S., 2017. Modeling the climatic suitability of leishmaniasis vector species in Europe. *Scientific Reports*, doi: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 Tropica*, 171, 96–100?doi:10.1016/j.actatropica.2017.03.009
- Kules, J., Horvatic, A., Guillemin, N., Galan, A., Mrljak, V., Bhide M., 2016. New approaches and omics tools for mining of vaccine candidates against vector borne diseases. *Mol Bio Syst*, 12: 2680-2694. <https://doi.org/10.1039/C6MB00268D>

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.

Kumar, A., 2013. *Leishmania and Leishmaniasis*. Springer Science+Business Media New York. doi 10.1007/978-1-4614-8869-9.

L

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.

Lafri, I., Bitam, I., 2021. Phlebotomine sand flies and associated pathogens in Algeria: update and comprehensive overview. *Veterinaria Italiana*, 57 (3), 175-180. doi: 10.12834/VetIt.1763.9298.3

Lakew, B.T., Nicholas, A.H., Walkden-Brown, S.W., 2021. Spatial and temporal distribution of *Culicoides* species in the New England region of New South Wales, Australia between 1990 and 2018. *PLoS One* 16(4): e0249468.

Léger, N., Depaquit, J., 2001. Les Phlébotomes et leur rôle dans la transmission des leishmanioses. *Revue Française des laboratoires* N° :338,41-48.

Léger, N., Depaquit, J., 2009. Les phlébotomes (Diptera : Psychodidae : Phlebotominae). *Entomologie médicale et vétérinaire*.295-320pp.

Leger, N., Pesson, B., Madulo-Leblond, G., Abonnenc, E., 1983. Sur la différenciation des femelles du sous genre *Laroussius* Nitzulescu 1931 (Diptera – Phlebotomidae) de la région méditerranéenne. *Annales de Parasitologie Humaine Comparée* 58: 611-623.

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.

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>

Louzir, H., Aoun, K., Gerald, F.S., Laouini, D., Prina, E., Victoir, K., Bouratbine, A., 2013. Les leishmanioses au travers du réseau international des Instituts Pasteur. *médecine/sciences*.n°12,vol.29,doi: 10.1051/medsci/20132912020

M

Maia, C., Depaquit, J., 2016. Can *Sergentomyia* (Diptera, Psychodidae) play a role in the transmission of mammal-infecting *Leishmania*? *EDP Sciences .Parasite*, 23, 55. doi: 10.1051/parasite/2016062

- Mansouri, K., Pralong, 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). *The Open Conference Proceedings Journal*, 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.
- Martín-Sánchez, J., Rodríguez-Granger, J., Morillas-Márquez, F., Merino-Espinosa, G., Sampedro, A., Aliaga, L., Corpas-López, V., Tercedor-Sánchez, J., Aneiros-Fernández, 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>.
- Mathieu, B., 2005. Etude de *Culicoides* groupe *Obsoletus* (Diptera : Ceratopogonidae), vecteur potentiel de la fièvre catarrhale ovine : caractérisation moléculaire d'espèces et approche écologique originale. DEA. Univ. Montpellier II. France. 31 PP.
- Mathieu, B., 2011. Les espèces de *Culicoides* du sous-genre *Avaritia* (Diptera : Ceratopogonidae) dans le monde : Révision systématique et taxonomique des espèces d'intérêt dans la transmission d'Orbivirus. Thèse de doctorat. Univ. Starsbourg, 259 PP.
- Mathieu, B., Delecolle, J.C., Garros, C., Balenghien, T., Setier-Rioc, M.L., Candolfia, E., Cêtre-Sossah, C., 2011. Simultaneous quantification of the relative abundance of species complex members: Application to *Culicoides obsoletus* and *Culicoides scoticus* (Diptera: Ceratopogonidae), potential vectors of bluetongue virus. *Vet. Parasitol.* 182, 297–306. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.05.052>
- Mathieu, B., Cêtre-Sossah, C., Garros, C., Chavernac, D., Balenghien, T., Carpenter, S., Setier-Rio, M.L., Vignes-Lebbe, R., Ung, V., Candolfi, E., Delécolle, J.C., 2012. Development and validation of IIC: an interactive identification key for *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) females from the Western Palaearctic region. *Parasites Vectors* 5, 137. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-137>
- Mathieu, B., Garros, C., Balenghien, T., Candolfi, E., Delécolle, J.-C., Cêtre-Sossah, C., 2020. A phylogenetic analysis of the biting midges belonging to *Culicoides* Latreille (Diptera: Ceratopogonidae) subgenus *Avaritia* using molecular data. *Parasites & Vectors*, 13(1), doi:10.1186/s13071-020-04111-4
- Mayo, C., Lee, J., Kopanke, J., MacLachlan, N.J., 2017. A review of potential Bluetongue virus vaccine strategies. *Vet. Microbiol.* 206, 84–90. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.03.015>
- McDermott, E.G., Lysyk, T.J., 2020. Sampling considerations for adult and immature *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae). *J Insect Sci* 20 (6), 2. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieaa025>
- Me Barkia, 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>

- 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., McCaig., 1974. The probable cause of «sweet itch» in England. *The Veterinary Record*, 95: 411-515.
- Mellor, P.S., Pitzolis, G., 1979. Observations on breeding sites and light trap collections of *Culicoides* during an outbreak of bluetongue in Cyprus. *Bulletin of Entomological Research*, 69: 229-234.
- Mellor, P.S., Boorman, J.P.T., Wilkinson, P.J., Martinez-Gomez, F., 1983. Potential vectors of bluetongue and African horse sickness viruses in Spain. *Veterinary Record*, 112: 229-230.
- Mellor, P. S., Osborne, R., & Jennings, D. M., 1984b. Isolation of bluetongue and related viruses from *Culicoides* spp. In the Sudan. *Epidemiology & Infection*, 93, 621-628.
- 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., 2001. Bluetongue virus. *The encyclopedia of arthropod-transmitted infections of man and domesticated animals*, 78-83.
- 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>
- Mellor, P.S., Baylis, M., Mertens, P.P.C., 2009. *Bluetongue*. First edition, 527 PP.
- Mansouri, K., Pralong, 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). *The Open Conference Proceedings Journal*, 3(Suppl 2-M2):1–7.
- Messai, N., Berchi, S., Bouknafd, F., Louadi, K., 2011. Diversité biologique de phlébotomes (Diptera : Psychodidae) de la région de Mila. *Actes du Séminaire International sur la Biodiversité Faunistique en Zones Arides et Semi-arides*. 182-184.
- Mignotte, A., Garros, C., Dellicour, S., Jacquot, M., Gilbert, M., Gardès, L., Balenghien, T., Duhayon, M., Rakotoarivony, I., Wavrech, 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*, doi.org/10.1186/s13071-020-04522-3.
- Mliki, F., 2015. *Epidémiologie, évolution et impact des changements climatiques sur une maladie zoonotique vectorielle : La leishmaniose en Algérie*. Thèse de doctorat. Univ. Annaba (Algérie), 156 PP.
- Möhlmann, T. W., Wennergren, U., Tälle, M., Favia, G., Damiani, C., Bracchetti, L., Koenraadt, C. J., 2018. Community analysis of the abundance and diversity of biting midge species (Diptera : Ceratopogonidae) in three European countries at different latitudes. *Parasites &*

vectors, 11, 1-11.

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 bioclimatic 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>

Mullen, G.R., 2009. Biting midges (Ceratopogonidae) In: *Medical and Veterinary Entomology*, 2nd edition Dir. Gary R. Mullen, Lance A. Durden .Elsevier; 163-183 PP.

Mullen, G.R., Murphree, C.S., 2019. Biting Midges (Ceratopogonidae). In *Medical and Veterinary Entomology*. Thied Edition.(Edit: Mullen G.R and Durden L.A) .191-212 pp, doi.org/10.1016/B978-0-12-814043-7.00012-1.

Munstermann, L.E., 2019. Phlebotomine Sand Flies and Moth Flies (Psychodidae). In *Medical and Veterinary Entomology*. Thied Edition. (Edit: Mullen G.R and Durden L.A) .191-212, doi.org/10.1016/B978-0-12-814043-7.00012-1.

N

Ninio, C., Augot, D., Delecolle, J.C., Dufour, B., Depaquit, J., 2010. Contribution to the knowledge of *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) host preferences in France. *Parasit. Res.* 108, 657–663. <https://doi.org/10.1007/s00436-010-2110-9>

Ninio, C., 2011. Fièvre catarrhale ovine dans les Ardennes : étude de la biologie des *Culicoides* et de leur rôle épidémiologique. Thèse de doctorat.Univ. Reims Champagne-Ardenne, 277 PP.

Nweze, A.J., Nweze, I.E., Onoja, U.S., 2020. Nutrition, malnutrition, and leishmaniasis. *Nutrition*, 73,110712, doi.org/10.1016/j.nut.2019.110712.

O

Oerther, S., Jost, H., Heitmann, A., Lühken, R., Krüger, A., Steinhausen, I., Brinker, CH., Lorentz, S., Marx, M., Schmidt-Chanasit, J., Naucke, T., Becker, N., 2020. Phlebotomine sand flies in Southwest Germany: an update with records in new locations. *Parasites Vectors* 13:173,doi.org/10.1186/s13071-020-04058-6.

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

Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R. B., Simpson, G.L., Solymos, P., Henry M., Stevens, H., Szoecs, E., Wagner, H., 2020. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-7. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

Omari, N., Aït Akli, Y., Labrousse, F., Delage-Corre, M., Le Boutet, M .J., Hadj-Bekkouche, F., 2007. Stress nutritionnel chez *Psammomys Obesus*. *Physiopathologie de la glande surrénale* .Soc .Trop Med. Hyg. 90(6) : 625-629.

P

- Patel, A., Roy, P., 2014. The molecular biology of Bluetongue virus replication. *Virus Research*, 182, 5–20, doi:10.1016/j.virusres.2013.12.017
- Patil, I., 2021. “Visualizations with statistical details: The 'ggstatsplot' approach.” *J. Open Source Softw*, 6(61), 3167. <https://doi.org/10.21105/joss.03167>.
- 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>
- 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>
- Pessoa, V., Ramilo, D.W., Pereira da Fonseca, I., Ferreira, M.B., Martic, E., Tilley, P., 2020. *Culicoides* spp. found near Lusitano stud farms in mainland Portugal which may contribute for IBH studies. *Vet. Parasitol. Reg. Stud. Reports.* 20, 100385. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2020.100385>
- Petter, F., 1961. Répartition géographique et écologique des rongeurs désertiques (du Sahara occidental à l'Iran oriental). *Mammalia*, 25, numéro spécial, 222 PP.
- Pilgrim, J., Siozios, S., Baylis, M., Venter, G., Garros, C., Hurst, G.D.D., 2021. *Cardinium* symbiosis as a potential confounder of mtDNA based phylogeographic inference in *Culicoides imicola* (Diptera: Ceratopogonidae), a vector of veterinary viruses. *Parasites Vectors* 14, 100. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04568-3>
- Pinazo, M.J., Aldasoro, E.W., Calvo-Cano, A., Picado, A., Muñoz, J., Gascon, J., 2017. Blood and Tissue Protozoa. *Clinical Microbiology. Infectious Diseases*, 1751 1762.e1. doi:10.1016/b978-0-7020-6285-8.00194-5.
- Pons, S., 2017. L'épizootie de fièvre catarrhale ovine (FCO) en France en 2015 : Description et gestion sanitaire. Thèse de Doctorat. Univ. Claude-Bernard – Lyon, 126 PP.
- 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>
- Pudupakam, R.S., Raghunath, S., Pudupakam, M., Daggupati, S., 2017. Genetic characterization of the non-structural protein-3 gene of bluetongue virus serotype-2 isolate from India. *Veterinary World*, EISSN: 2231-0916
- 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., Nedelchev, N., Georgiev, G., Veleva, E., Boorman, J., Denison, E., Veronesi, E., Carpenter, S., Baylis, M., Mellor, P.S., 2006. Spatial and temporal distribution of

bluetongue and its *Culicoides* vectors in Bulgaria. *Medical and Veterinary Entomology*, 20: 335-344.

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

Rádrová, J., Vlková, M., Volfová, V., Sumová, P., Ce`tre-Sossah, C., Carpenter, S., Darpel, K., Rakotoarivony, I., Allène, X., Votýpka, J. and Volf, P., 2015. Hyaluronidase activity in saliva of European *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae). *J. Med. Entomol.*, 53 (1), 212–216. <https://doi.org/10.1093/jme/tjv147>

Ramdane, E., Berchi S., 2018. Study on the distribution of phlebotomine (Diptera, Psychodidae) responsible for human leishmaniasis based on biotopein type from the region of Constantine, Algeria. *J. Entomol. Zoo.l Stud*, 6(2) :2820–6.

Ramdane, E., Berchi, S., Louadi K., 2019. Les phlébotomes (Diptera, Pshycodidae), vecteurs d'agents pathogènes responsables de la leishmaniose humaine dans la région de Constantine (Algérie). *Entomofauna*. 4: 537-555 pp.

Ramdane, E., Berchi, S., Louadi, K., 2018. Les phlébotomes (Diptera, Pshycodidae), 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>

Randrianambinintsoa, J. 2013. Contribution à l'inventaire des phlébotomes (Psychodidae-phlébotominae) de Madagascar et des îles voisines. Thèse de doctorat. Univ.Ardenne et d'Antananarivi, 23 PP.

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.

Rodríguez-Martín, D., Louloutes-Lázaro, A., Avia, M., Martín, V., Rojas, J.M., Sevilla, N., 2021. The Interplay between Bluetongue Virus Infections and Adaptive Immunity. *Viruses*, 13, 1511. <https://doi.org/10.3390/v13081511>.

Rojas, J. M., Rodríguez-Martín, D., Martín, V., Sevilla, N., 2019. Diagnosing bluetongue virus in domestic ruminants: current perspectives. *Veterinary Medicine: Research and Reports*, Volume 10, 17–27, doi:10.2147/vmrr.s163804

Roy, P., 2005. Bluetongue virus proteins and particles and their role in virus entry, assembly, and release. *Virus Structure and Assembly*. 69–123 , doi:10.1016/s0065-3527(05)64004-3

Roy, P., 2017. Bluetongue virus structure and assembly. *Current Opinion in Virology*, doi.org/10.1016/j.coviro.2017.05.003

S

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

Saez, V.D., Morillas-M´arquez, F., Merino-Espinosa, G., Corpas-Lopez, V., Morales- Yuste, M., Pesson, B., Baron-Lopez, S., Lucientes-Curdi, J., Mart´ın-S´anchez, J., 2018. *Phlebotomus langeroni* Nitzulescu (Diptera, Psychodidae) a new vector for *Leishmania infantum* in Europe. *Parasitol. Res.* 117, 1105–1113.

S´anchez-Covisa, A., Rodr´ıguez-Rodr´ıguez, J. A., Pascual S´anchez-Gij´on, E., 1979. Notas sobre Heleidae (Ceratopogonidae) arbor´ıcolas de los alrededores de Madrid (Diptera, Nematocera). *Revista Ib´erica de Parasitolog´ıa*, 39: 515-527.

Sanders, C. J., Shortall, C. R., England, M., Harrington, R., Purse, B., Burgin, L., Carpenter, S., Gubbins, S., 2019. Long-term shifts in the seasonal abundance of adult *Culicoides* biting midges and their impact on potential arbovirus outbreaks. *Journal of Applied Ecology*, doi:10.1111/1365-2664.13415

Saari, S., N`areaho, A., Nikander, S., 2019. Protozoa. *Canine Parasites and Parasitic Diseases*, 5–34. doi:10.1016/b978-0-12-814112-0.00002-7.

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.1365-2915.2003.00441.x>

Sarto, I., Monteys, V., Del´ecolle, J.C., Moreno-Vidal, J.O., Pinna, M., 2009. New records of biting midges of the genus *Culicoides* Latrielle (Diptera: Ceratopogonidae) for Spain and Catalonia Autonomous Community (NE Spain), with notes on their biology and veterinary importance. *Proceeding of Entomology Society of Washington*, 111 (83): 714-733.

Sasidharan, S., Saudagar, P., 2021. Leishmaniasis: where are we and where are we heading?. *Parasitol Res* ,120:1541–1554. <https://doi.org/10.1007/s00436-021-07139-2>

Satoskar, A., Durvasula, R., 2014. Pathogenesis of Leishmaniasis. Springer. DOI 10.1007/978-1-4614-9108-8.

Savini, G., Goffredo, M., Monaco, F., Di Gennaro, A., Cafiero, M. A., Baldi, L., De Santis, P., Meiswinkel, R., Caporale, V., 2005. Bluetongue virus isolations from midges belonging to the *Obsoletus* complex (*Culicoides*, Diptera: Ceratopogonidae) in Italy. *Veterinary Record*, 157:133-143.

- 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. *Infection, Genetics and Evolution*, 51, 108–117, doi:10.1016/j.meegid.2017.03.021
- Schwartz-Cornil, I., Mertens, P.P., Contreras, V., Hemati B., Pascale F., Breard E., Mellor P.S., Maclachlan N.J., Zientara S., 2008. Bluetongue virus: virology, pathogenesis and immunity. *Vet Res*; 39(5): 46.
- Sedda, L., Brown, H. E., Purse, B. V., Burgin, L., Gloster, J., Rogers, D. J., 2012. A new algorithm quantifies the roles of wind and midge flight activity in the bluetongue epizootic in northwest Europe. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1737), 2354–2362, doi:10.1098/rspb.2011.2555
- Seddiki, H ., 2012 . Voyage de fin de mission en Algérie du 10 au 15 octobre 2012. Compte rendu. 8 P.
- Seddiki, H., Chaalal, O.M ., Stambouli, M.R., 2013. Mila la wilaya. Edition Albayazin.
- Ségard, A., Gardès, L., Jacquier, E., Grillet, C., Mathieu, B., Rakotoarivony, I., Setier-Rio, M.L., Chavernac, D., Cêtre-Sossah, C., Balenghien, T, et al., 2017. Schmallenberg virus in *Culicoides* Latreille (Diptera: Ceratopogonidae) populations in France during 2011–2012 outbreak. *Transbound. Emerg. Dis.* 65, e94–e103. <https://doi.org/10.1111/tbed.12686>
- Semenza, J.C., Paz, S., 2021. Climate change and infectious disease in Europe: Impact, projection and Adaptation. *The Lancet Regional Health – Europe*, 9 100230. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2021.100230>
- 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>
- Showler, A.J., Boggild, A.K., 2017. Protozoan Diseases: Leishmaniasis. *International Encyclopedia of Public Health*, 97–102, doi:10.1016/b978-0-12-803678-5.00359-3
- Slama, D., Khedher, A., Bdira, S., Khayech, F., Delecolle, J.C., Mezhoud, H., Babba, H., Emna, C ., 2013. Morphological description of the fourth instar larva: *Culicoides cataneii* and *Culicoides sahariensis* (Diptera: Ceratopogonidae). *Zootaxa*, 3666(2), 16. doi:10.11646/zootaxa.3666.2.3.
- Slama, D., Chaker, E., Mathieu, B., Babba, H., Depaquit, J., Augot, D., 2014. Biting midges monitoring (Diptera: Ceratopogonidae: *Culicoides* Latreille) in the governate of Monastir (Tunisia): species composition and molecular investigations. *Parasitol. Res*, 113, 2435–2443. <https://doi.org/10.1007/s00436-014-3873-1>
- Slama, D., Haouas, N., Mezhoud, H., Babba, H., Chaker, E., 2015. Blood Meal Analysis of *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) in Central Tunisia. *PLoS One* 10 (3), e0120528. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120528>

- Slama, D., Chaker, E., Zrelli, S., Mathieu, B., Delecolle, J.C., Mazhoud, H., Babba, H., 2016. *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) fauna in Central Tunisia. *Entomol Ornithol Herpetol* 5(3): 000184. <https://doi.org/10.4172/2161-0983.1000184>
- 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>
- Soukehal, B., 2009. La wilaya de Mila : villes, villages et problématique de l'alimentation en eau potable. Thèse de Doctorat.Univ. Costantine, 315 PP.
- 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. *Glob Ecol Biogeogr.* 12(3): 177–183.
- Sperlova, A., Zendulkova, D., 2011. Bluetongue: a review. *Veterinarni Medicina*, 56, (9): 430–452 surveillance and unique features . *Vet. Ital.*, 40 (3), 43-46
- Stewart, J.P., 1969. Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. *Bull. Doc.Hist. Nat. Agro*, 24-25.
- Szadziewski, R., 1984. On synonymy and morphology of some *Culicoides* species (Diptera, Ceratopogonidae). *Polskie Pismo Entomologiczne*, 53: 559-566.

T

- 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. doi:10.1111/j.0030-6661.2008.16354.x.
- Trájer, A.J., Bede-Fazekas, Á., –Hufnagel, L., Horváth, L., Bobvos, J., Páldyn, A., 2013. The effect of climate change on the potential distribution of the European phlebotomus species. *Applied Ecology and Environmental Research* 11(2): 189-208.
- Trukhan, M.N., Markevich, A.P., 1975. The effect of drainage improvement on the fauna and abundance of blood-sucking Ceratopogonidae. *Problems of parasitology. Proceedings of the VIIIth Scientific Conference of Parasitologists of the Ukrainian SSR. Volume 2: Problemy*, 2: 218-219.

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. *Medical and Veterinary Entomology* 20, 350-352.
- Uslu, U., Dik, B., 2010. Chemical characteristics of breeding sites of *Culicoides* species (Diptera: Ceratopogonidae). *Veterinary Parasitology*, 169: 178-184.

V

- Vattier-Bernard, G., 1972. Notes sur la biologie de deux espèces de phlébotomes cavernicoles Africains. Bull. SOC.293-301.
- Veggiani Aybar, C.A., Dantur Juri, M.J., Lizarralde De Grosso, M.S., Spinelli, G.R., 2010. Species diversity and seasonal abundance of *Culicoides* biting midges in northwestern Argentina. Med. Vet. Entomol 24, 95–98. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.2009.00846.x>
- Velten, R.K., Mullens, B.A., 1997. Field morphological variation and laboratory 675 hybridization of *Culicoides variipennis* and *C. v. occidentalis* (Diptera: 676 Ceratopogonidae) in southern California. J Med Entomol 34: 277–284.
- 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.J., 2015. *Culicoides* spp. (Diptera: Ceratopogonidae) as vectors of bluetongue virus in South Africa - a review .Veterinaria Italiana, 51(4):325-333
- Venter, G.J., Boikanyo, S.N.B., De Beer, C.J., 2019. The influence of temperature and humidity on the flight activity of *Culicoides imicola* both under laboratory and field conditions. Parasites Vectors 12, 4. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-3272-z>
- Verhulst, N.O., Cavegn, J.C., Mathis, A., 2021. Spatial repellency and vapour toxicity of transfluthrin against the biting midges *Culicoides nubeculosus* and *C. sonorensis* (Ceratopogonidae). Curr. Res. Insect Scie. 1, 100002. <https://doi.org/10.1016/j.cris.2020.100002>
- Villard, P., Munoz, F., Balenghien, T., Baldet, T., Lancelot, R., Hénaux, V., 2019. Modeling *Culicoides* abundance in mainland France: implications for surveillance. Parasites & Vectors, doi.org/10.1186/s13071-019-3642-1
- Votýpka, J., Synek, P., Vobodova, M., 2009. Endophagy of biting midges attacking cavitynesting birds. Medical and Veterinary Entomology, 23: 277-280.

W

- W.H.O (World Health Organization), 2010. Control of the Leishmaniases. Report of a meeting of the WHO Expert. Committee on the control of leishmaniases .Geneva.Tech Rep Ser 949.
- 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](https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0060210.g002)
- 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 (3), 731-740.

X

- Xu, J., Grumbine, R.E., Shrestha, A., Eriksson, M., Yang, X., Wang, Y., Wilkes, A., 2009. The melting Himalayas: cascading effects of climate change on water, biodiversity, and livelihoods. Conserv. Biol. 23, 520–530. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01237.x>

Y

- Yalles-Satha, A., El Alami, M., Kechemir, L., Desvillettes, C., Chenchouni, H., 2022. Diversity, phenology and distribution of mayfly larvae (Ephemeroptera) along an altitudinal gradient in two permanent Wadis of Algeria. *Orient. Insects* 56(1), 14–46. <https://doi.org/10.1080/00305316.2021.1904022>
- Yang, D., Yang, M.S., Rhim, H., Ha, J.I., Oem, J.I., Kim, Y.H., Lee, K.K., Lim, C.W., Kim, B., 2018. Analysis of Five Arboviruses and *Culicoides* Distribution on Cattle Farms in Jeollabuk-Do, Korea. *Korean J. Parasitol.* 56 (5), 477–485. <https://doi.org/10.3347/kjp.2018.56.5.477>
- 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.
- Yasmin, H., Adhikary, A., Al-Ahdal, M.N., Roy, S., Kishore, U., 2022. Host–Pathogen Interaction in Leishmaniasis: Immune Response and Vaccination Strategies. *Immuno*, 2, 218–254. <https://doi.org/10.3390/immuno2010015>

Z

- Zanella, G., Chartier, C., Biteau-Coroller, F., 2010. Signes cliniques de la FCO dus au sérotype 8 en France. *Bulletin épidémiologique N° 35/Hors-série/Sécial FCO*.
- Zeroual, S., 2017. Les phlébotomes vecteurs de leishmaniose dans la région de Biskra : Inventaire et écologie des phlébotomes et étude épidémiologique. Thèse Doctorat. Univ. Annaba, 67 PP.
- 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.
- Zhioua, E., Kaabi, B., Chelbi I., 2007. Entomological investigations following the spread of visceral leishmaniasis in Tunisia. *Journal of Vector Ecology*, 32(2):371–373.
- Ziani Hajd-Henni, L., Sauvage, F., Ninio, C., Depaquit, J., Augot, D., 2013. Wing geometry as a tool for discrimination of *Obsoletus* group (Diptera: Ceratopogonidae: *Culicoides*) in France. *Infection, Genetics and Evolution*, 21, 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2013.10.008>
- Ziani Hajd-Henni, L., 2014. Taxonomie intégrative des *Culicoides* (Diptera : Ceratopogonidae) de la région Champagne-Ardenne. Thèse de Doctorat. Univ. Reims Champagne-Ardenne (France), 244 PP.
- Ziani Hadj-Henni, L., Djerada, Z., Millot, C., Augot, D., 2021. Comprehensive characterisation of *Culicoides clastrieri* and *C. festivipennis* (Diptera: Ceratopogonidae) according to morphological and morphometric characters using a multivariate approach and DNA barcode. *Nature research*, 11:521. | <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78053-3>

- Žiegytė, R., Platonova, E., Kinderis, E., Mukhin, A., Palinauskas, V., Bernotienė, R., 2021. *Culicoides* biting midges involved in transmission of haemoproteids. *Parasites Vectors* 14, 27. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04516-1>
- Zientara, S., MacLachlan, N. J., Calistri, P., Sanchez-Vizcaino, J.-M., Savini, G., 2010. Bluetongue vaccination in Europe. *Expert Review of Vaccines*, doi:10.1586/erv.10.97
- 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). Travail de fin d'études (option Nature, Eaux et Forêts), Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, 75 PP.
- Zimmer, J.V., Losson, B., Haubruge, E., 2008. Biologie et écologie des *Culicoides* (Diptera), vecteurs de la fièvre catarrhale ovine. *Faunistic Entomology – Entomologie faunistique* 2008 61 (1-2), 53-57.
- 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., Saegerman, C., Losson, B., Haubruge, E., 2010. Breeding sites of Bluetongue virus vectors, Belgium. *Emerging Infectious Diseases*, 16: 3.
- Zimmer, J.Y., Haubruge, E., Francis, F., 2013. Synthèse bibliographique : l'écologie larvaire des *Culicoides* (Diptera : Ceratopogonidae). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 18(2), 301-312
- 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

Quelques définitions

- **Anthropophile** : Désigne une plante ou un animal vivant plutôt dans un milieu habité par l'homme.
- **Anthroposonose** : Tout maladies qui se transmet d'homme à l'animale.
- **Arculus** : Désigne le nom de la veine transverse qui occupe la partie la plus basale de l'aile, près du lieu d'insertion de l'aile au thorax.
- **Chitineux** : Se dit de cet individu (insecte) ou de cette structure qui est composé de chitine de certains insectes (un polysaccharide dur composé principalement de N-acétyl-glucosamine).
- **Diapause** : État physiologique dynamique de faible activité métabolique médiée par la neuro hormones qui comprennent plusieurs phases, typiques des arthropodes.
- **Édéage** : C'est l'organe reproducteur des insectes mâles par lequel ils excrètent le sperme lors de la copulation.
- **Endémie** : Une endémie désigne la présence habituelle d'une maladie dans une région déterminée.
- **Endémo-épidémie** : Le terme d'endémo-épidémie est utilisé en cas d'épidémie survenant dans une zone d'endémicité pour une maladie donnée. Tous ces termes sont liés, en pratique, à des agents infectieux : bactéries, virus, parasites, prions.
- **Endophile** : Relatif aux insectes aimant à se reposer dans les maisons.
- **Epidémie** : Une épidémie désigne l'augmentation rapide de l'incidence d'une pathologie en un lieu donné sur un moment donné, sans forcément comporter une notion de contagiosité.
- **Épizootique** : Désigne une épizootie. C'est une maladie contagieuse qui attaque un certain nombre inhabituel d'animaux au même moment et au même endroit et se propage rapidement.
- **Herpetophile** : Qui aime les reptiles et/ou les amphibiens.
- **Holométabole cycle** : Insectes dont le développement reproducteur comprend la phase d'œuf, de larve, de nymphe.
- **Imago** : Insecte adulte qui émerge après la métamorphose du stade précédent et qui n'a pas encore les organes sexuels disponibles pour la reproduction. Les termes imago et adulte sont fréquemment utilisés indistinctement, étant incorrects.
- **La zoonose** : Maladie qui frappe surtout les animaux, mais qui est éventuellement transmissible à l'homme.

- **Métamorphose** : Transformation du corps de certains animaux au cours de leur développement.
- **Paramères** : Structures généralement durcies qui font partie des organes génitaux des mâles.
- **Sclérifié** : Se dit des structures durcies ou de la partie rigide d'un être vivant.
- **Sensila** : cellules spécialisées d'insectes dont la fonction est la réception de stimulations, notamment olfactifs.
- **Sérotype** : Sous-population d'un microorganisme infectieux qui se distingue des autres sous-populations de la même espèce en présentant à sa surface cellulaire des antigènes différents qui sont détectés par des tests sérologiques.
- **Sporadique** : Se dit d'une maladie atteignant des individus isolément, contrairement aux maladies épidémiques ou endémiques.
- **Xérophile** : Les xérophiles sont des organismes extrémophiles vivant dans des milieux très pauvres en eau. Divers organismes, parmi lesquels des bactéries, des champignons, des plantes, des insectes, des nématodes.

Annexe II

Définition du programme IIKC

IIKC : une clé d'identification interactive des espèces de *Culicoides* de la région Ouest Paléarctique. Cet outil contient plus de mille illustrations (photos, schéma et cartes des distributions) et permet d'identifier plus d'une centaine d'espèce...

Le site internet dédié www.iikculicoides.net permet : (i) le téléchargement de l'application pour une installation sur un ordinateur personnel, (ii) de naviguer entre les caractères et les espèces au sein de la base de données et, (iii) d'identifier directement en ligne sans installation locale.



How to use IIKC ?



--> Windows (download the two files and run Setup_IIK.exe):
[Setup_IIKC](#)
[Setup_Xper](#)

--> Linux: [IIKC.tgz](#) / --> MacOS: [IIKC.zip](#)

3 new online keys are available:

[--- Complete online key \(slide mounted specimens\) ---](#)

[--- Stereomicroscope interactive key ---](#)

[--- Stereomicroscope dichotomic key ---](#)

Contact us : iikculicoides@gmail.com

IIKC users are encouraged to contact the authors for feedbacks or new taxonomic information.

How to cite IIKC ?

Mathieu B., Cêtre-Sossah C., Garros C., Chavernac D., Balenghien T., Carpenter S., Setier-Rio ML., Vignes-Lebbe R., Ung V., Candolfi E., Delécolle JC. Development and validation of IIKC: an interactive identification key for *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) females from the Western Palearctic region. *Parasites and Vectors*, 2012; 5: 137

Mathieu B, Cêtre-Sossah C, Garros C, Chavernac D, Balenghien T, Vignes-Lebbe R, Ung V, Candolfi E, Delécolle JC: IIKC: An Interactive Identification Key for female *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) from the West Palearctic region. In *Proceedings of the international congress Tools for Identifying Biodiversity: Progress and Problems*: 20-22 September 2010; Paris. Edited by Nimis PL, Vignes-Lebbe R; 2010: 201-205

How IIKC is born ?

The database development, taxonomic status of species and diagnostic characters were discussed by experts of the [European network Medreonet](#) at the international meeting on *Culicoides* taxonomy, Strasbourg, France, March 2009. (Minutes are available [here](#)).

IIKC was granted by the French "Ministère de l'Agriculture et de la Pêche."

Figure 01 : Vu générale du programme d'IIKC.

The screenshot displays the IIKC (Interactive Identification Key for Palaearctic Biting Midge Culicoides) software interface. It is divided into three main sections:

- Descriptors and States (Red border):** This panel on the left contains a list of morphological descriptors such as 'WING: Pale or dark spots - Presence', 'ABDOMEN: Spermathecae - Number', and 'ANTENNA: sensilla coeloconica, short segments - Presence'. Below the list, there are 'States' with associated counts, such as 'No pale spot cover the r-m crossvein (32)' and '1 or more pale spots (77)'. A 'Submit' button and an 'OR' dropdown are also visible.
- Definitions and Images (Purple border):** The central panel shows the 'Definition' for the selected descriptor: 'WING: Pale or dark spots - Presence'. It includes a general aspect of the wing pattern and a note: 'Wings observation have to be done with a low magnification (2,5x or 4x, not x10)'. Below this is an 'Images' section displaying six small photographs of fly wings, each with a red border and a label like '1. No pale spot cover...' or '2. Pale wing, only 1...'. A 'Title' field contains the text 'No pale spot cover the r-m crossvein' and a 'Description' field is present below.
- Taxa (Green border):** The right panel shows a list of 'Remaining taxa : 108' and 'Discarded taxa : 0'. The remaining taxa list includes species names such as 'achrayi', 'alazanicus', 'albicans', 'albihalteratus', 'algeriensis', 'azerbaidzhanicus', 'bequeti', 'bequeti variation', 'brunnicans', 'brunnicans variation', 'cameroni', 'cataneii or geigelensis variation', 'caucoliberensis', 'chiotperus', 'circumscriptus', 'clastrieri', 'clintoni', 'comosiculatus', 'corsicus', 'deltus', 'dendriticus', 'derisor', 'deserforum', 'dewulfi', 'duddingstoni', 'dzhafarovi', and 'faghihi'.

Figure 02 : Écran initial d'IIKC lors de l'ouverture du programme. A gauche, la liste des descripteurs et leurs états (rouge rectangle) ; à droite les taxons restants et rejetés (rectangle vert) ; Au milieu des définitions et des images (rectangle violet) soit des descripteurs, des états ou des taxons selon la sélection.

Annexe III

Tableau 01 : matrice de corrélation entre les espèces des *Culicoides* et les facteurs climatiques (température, précipitation et humidité) étudiés.

		Corrélation							
		Température (*C)	Humidité (%)	Précipitation (mm)	<i>C. newsteadi</i>	<i>C. punctatus</i>	<i>C. odiatus</i>	<i>C. imicola</i>	Espèces restants
<i>Temperature</i> (*c)	<i>Corrélation de Pearson</i>	1	-,740	-,710	,149	,104	,499	-,293	,181
	<i>Sig. (bilatérale)</i>		,036	,048	,725	,807	,208	,482	,668
	<i>N</i>	8	8	8	8	8	8	8	8
<i>Humidité (%)</i>	<i>Corrélation de Pearson</i>	-,740	1	,719	-,101	-,079	-,450	,396	,146
	<i>Sig. (bilatérale)</i>	,036		,044	,811	,853	,263	,331	,729
	<i>N</i>	8	8	8	8	8	8	8	8
<i>Précipitation (mm)</i>	<i>Corrélation de Pearson</i>	-,710	,719	1	-,390	-,327	-,458	-,018	-,303
	<i>Sig. (bilatérale)</i>	,048	,044		,339	,429	,254	,966	,466
	<i>N</i>	8	8	8	8	8	8	8	8
<i>C. newsteadi</i>	<i>Corrélation de Pearson</i>	,149	-,101	-,390	1	,268	,043	,446	,610
	<i>Sig. (bilatérale)</i>	,725	,811	,339		,521	,919	,268	,108
	<i>N</i>	8	8	8	8	8	8	8	8
<i>C. punctatus</i>	<i>Corrélation de Pearson</i>	,104	-,079	-,327	,268	1	,602	,633	,435
	<i>Sig. (bilatérale)</i>	,807	,853	,429	,521		,114	,092	,282
	<i>N</i>	8	8	8	8	8	8	8	8
<i>C. odiatus</i>	<i>Corrélation de Pearson</i>	,499	-,450	-,458	,043	,602	1	-,179	,345
	<i>Sig. (bilatérale)</i>	,208	,263	,254	,919	,114		,672	,403
	<i>N</i>	8	8	8	8	8	8	8	8
<i>C. imicola</i>	<i>Corrélation de Pearson</i>	-,293	,396	-,018	,446	,633	-,179	1	,494
	<i>Sig. (bilatérale)</i>	,482	,331	,966	,268	,092	,672		,214
	<i>N</i>	8	8	8	8	8	8	8	8
<i>Espèces restants</i>	<i>Corrélation de Pearson</i>	,181	,146	-,303	,610	,435	,345	,494	1
	<i>Sig. (bilatérale)</i>	,668	,729	,466	,108	,282	,403	,214	
	<i>N</i>	8	8	8	8	8	8	8	8

Tableau 02 : matrice de corrélation entre les espèces des phlébotomes et les facteurs climatiques (température, précipitation et humidité) étudiés.

Corrélation	<i>P. perniciosus</i>	<i>P. perfiliewi</i>	<i>P. longicuspis</i>	<i>P. papatasi</i>	<i>S. minuta</i>	<i>P. sergenti</i>
<i>P. perniciosus</i>	1,000	,388	,299	,983	,475	,586
<i>P. perfiliewi</i>	,388	1,000	,883	,295	,700	,276
<i>P. longicuspis</i>	,299	,883	1,000	,250	,307	-,124
<i>P. papatasi</i>	,983	,295	,250	1,000	,379	,543
<i>S. minuta</i>	,475	,700	,307	,379	1,000	,846
<i>P. sergenti</i>	,586	,276	-,124	,543	,846	1,000
Température (°C)	,227	,062	-,058	,245	,323	,384
Précipitation (mm)	-,431	-,102	-,041	-,401	-,333	-,392
Humidité (%)	-,213	,090	,417	-,164	-,522	-,678