

N°Ref :

Centre Universitaire AbdelHafid BOUSSOUF- Mila

Institut des Sciences de la Nature et de la Vie

Département d'Ecologie et de l'Environnement

**Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de
Master**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : écologie et environnement

Spécialité : Protection des écosystèmes

Thème :

**Contribution à l'étude des insectes d'importance
médicale et vétérinaire : Analyse morphologique,
morphométrique et indices écologiques dans les régions**

Présenté par :

➤ **Belmahboul Kawther**

Devant le jury :

– KADECHE Lilia	Présidente	MCB
– ELAICHAR Mehdi	Examineur	MCA
– BOUNAMOUS Azzedine	Promoteur	Professeur

Année Universitaire : 2024/2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciment

Je rends grâce à Dieu, Le Tout-Puissant, pour m'avoir accordé la santé et la persévérance nécessaires à la réalisation et l'achèvement de ce mémoire.

*J'exprime ma sincère gratitude à **mademoiselle Lilia Keadeche**, Maître de conférences au Centre Universitaire de Mila, pour avoir accepté de présider le jury de ce travail.*

*J'adresse également mes remerciements à **Monsieur Mehdi Elaichar**, Maître de conférences au Centre Universitaire de Mila, pour avoir accepté d'examiner ce modeste travail.*

*Mes remerciements les plus profonds vont à **Monsieur le Professeur Azzedine Bounamous**, pour la qualité de son encadrement académique rigoureux, sa sagesse scientifique, son soutien précieux et ses orientations tout au long de la préparation de cette recherche.*

*Je tiens également à remercier chaleureusement **Monsieur Tabet Slimane**, pour son aide précieuse et ses informations pertinentes qui ont grandement contribué à l'aboutissement de ce travail, ainsi que **l'enseignante Amira Aïcha**, pour sa générosité en partageant des données précises et utiles en lien avec ce sujet, et aussi la doctorante feghrour asia pour son aide.*

Enfin, je remercie l'ensemble des enseignants pour leurs efforts et leur accompagnement tout au long de notre parcours universitaire au Centre Universitaire de Mila.

Merci

Dédicaces

Je dédie ce travail, fruit de plusieurs mois d'efforts, à :

Mes parents, pour leur amour inconditionnel, leur patience et leur patience et leurs prières silencieuses qui m'ont porté jusqu'ici.

À mes frères, pour leur présence rassurante, leur humour, et leur soutien constant, même dans les silences.

À tout ma famille

À mes chers amis Saida et Amani

Mes collègues et amis, pour leur soutien moral, leur entraide et les bons moments partagés durant ce parcours universitaire.

À tous ceux qui ont cru en moi, de près ou de loin... Merci infiniment.

Zawther

Tables des matières

Tables des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Résumé

Abstract

المخلص

Introduction 1

Chapitre I : synthèse bibliographique

I.1. Généralité 3

I.1.1. Définition et classification des insectes vecteurs 3

I.1.1.1. Explication du concept d'insectes vecteurs 3

I.1.1.2. A propos des phlébotomes 4

I.1.1.3. Classification des phlébotomes 5

I.2. Les espèces des phlébotomes en Algérie 7

I.3. Caractéristiques morphologiques (taille, forme, coloration) 9

I.3.1. Morphologie et anatomie 9

I.3.2. Morphologie et anatomie externe 9

I.3.3. Morphologie et anatomie interne 12

I.4. Biologie et écologie des phlébotomes 14

I.4.1. Cycle de vie et habitat 14

I.4.1.1. Nutrition et préférences trophique 14

I.4.1.2. Activité des phlébotomes 14

I.4.1.3. Durée de vie des phlébotomes 14

I.4.1.4. Cycle de vie 15

I.4.2. Habitat des phlébotomes 18

I.4.2.1. Zones urbaines 18

I.4.2.2. Zones semi-urbaines et agricoles	18
I.4.2.3. Milieux forestiers et zones humides	19
I.5. La répartition géographique des phlébotomes	19
I.5.1. Dans le monde.....	19
I.5.2. En Algérie	20
I.6. Facteurs environnementaux influençant leur distribution.....	21
I.6.1. Température.....	21
I.6.2. Altitude.....	21
I.6.3. Humidité relative et vent.....	21
I.6.4. Type d'habitat.....	21
I.6.5. Urbanisation et activités humaines	21
I.6.6. Végétation	22
I.7. Comportement alimentaire et reproduction	22
I.7.1. Préférences alimentaires	22
I.7.2. Facteurs d'attraction	24
I.7.3. Facteurs environnementaux influençant la reproduction	25
I.8. Importance médicale et vétérinaire des phlébotomes	26
I.8.1. Les maladies transmises par les phlébotomes.....	26
I.8.2. Mécanismes de transmission des pathogènes par les phlébotomes	27
I.8.3. Types d'agents pathogènes transmis	28
I.8.4. Impact sur la santé humaine et animale	29
I.8.5. Impact économique	30
I.9. La lutte contre les phlébotomes	31

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II.1. Présentation de la région d'étude.....	33
II.1.1. Cadre géographique	33
II.1.1.1. La wilaya de Mila	33

II.1.1.2. La wilaya de Jijel	33
II.1.2. Cadre administratif	34
II.1.2.1. La Wilaya de Mila.....	34
II.1.2.2. La Wilaya de Jijel.....	35
II.1.3. Cadre climatique.....	36
II.1.3.1. La Wilaya de Mila.....	36
II.1.3.2. La Wilaya de Jijel.....	39
II.1.3.3. Analyse climatique.....	41
II.1.3.3.1. Diagramme pluvio-thermiques de Gaussen.....	42
II.1.3.3.2. Climagramme et quotient pluviométrique d’Emberger.....	43
II.1.4. Cadre géologique.....	45
II.1.4.1. Reliefs	45
II.1.4.2. Pédologie.....	45
II.1.4.3. Cadre végétatif.....	45
II.1.4.4. Cadre hydrologique.....	46
II.2. Choix de la région d’étude.....	46
II.2.1. Description des sites de captures	47
II.2.2. Type de piégeage utilisé.....	50
II.2.3. Traitement des échantillons au laboratoire	52
II.4. Traitement des donnés	57
II.4.1. Analyse écologique.....	57
II.4.1.1. Richesse spécifique (RS)	57
II.4.1.2. Abondance relative (AR)	57
II.4.1.3. Indice d’occurrence (C)	57
II.4.1.4. Indice de Simpson (IS).....	58
II.4.1.5. Indice d’équitabilité (E)	58
II.4.1.6. Indice de Jaccard (CJ).....	58

Chapitre III : Résultats et Discussion

III.1. Présentation générale des captures	58
III.2. Identification des espèces	59
III.2.1. Sous-genre Larroussious	59
III.2.1.1. Phlebotomus (Larroussious) perniciosus	60
III.2.1.2. Phlebotomus (Larroussious) longicuspis	63
III.2.1.3. Phlebotomus (Larroussious) perfiliewi	66
III.2.2. Sous-genre Phlebotomus	69
III.2.2.1. Phlebotomus (Phlebotomus) papatasi	70
III.2.3. Sous-genre Sergentomyia	73
III.2.3.1. Sergentomyia (Sergentomyia) minuta	74
III.3. Analyse écologique	78
IV.3. Composition spécifique des phlébotomes	79
IV.3.1. Répartition des phlébotomes en fonction du genre	80
IV.3.2. La présence selon les mois d'étude	81
IV.3.2. La diversité des espèces par stations	82
IV.3.4. La répartition des phlébotomes selon le sex de chaque espèce	84
IV.3.5. L'abondance des espèces selon les données climatiques	85
IV.3.6. Abondance des phlébotomes par Altitude	89
Conclusion.....	91
Les références.....	93
Annexes	109

Liste des figures

Liste des figures

Figure 01 : Phlebotomus spp (mâle)	5
Figure 02 : Phlebotomus spp (femelle).....	5
Figure 03 : Morphologie générale d'un phlébotome adulte	9
Figure 04 : (A)vue générale de la tête, (B)vue frontale de la tête, (C)vue ventrale de la tête..	10
Figure 05 : Thorax de phlébotome.	10
Figure 06 : Pattes de phlébotome	11
Figure 07 : Aile de phlébotome	11
Figure 08 : Appareil génital femelle	13
Figure 09 : Appareil génital mâle	13
Figure 10 : les stades des larves	15
Figure 11 : Cycle de vie du phlébotome	18
Figure 12 : Répartition des principaux genres de phlébotomes dans le monde.	19
Figure.13 : Situation géographique de la wilaya de Mila.....	33
Figure.14 : Situation géographique de la wilaya de Jijel	34
Figure.15 : Etages bioclimatiques de la wilaya de Mila	36
Figure 16 : Diagramme de précipitations sur un ans dans la région de Mila	42
Figure 17 : Diagramme de précipitations sur un ans dans la région de Jijel	42
Figure 28 : Position de la région de Mila et de Jijel dans le climagramme d'Emberger.....	44
Figure 29 : Localisation géographiques des sites d'étude dans la région de Mila et Jijel	49
Figure 30 : Paysages de quelques sites d'échantillonnage.	50
Figure 31 : Piège lumineux de type CDC	52
Figure 32 : La technique de montage, A : dissection d'un phlébotome femelle, B : dissection sous la loupe binoculaire, C : lames étiquetées après l'identification.....	54
Figure 33 : Photos représentant le logiciel utilisé pour l'étude morphométrique	55
Figure 34 : Tête d'un phlébotome, les différents caractères mesurés ; Ph : pharynx, DIO : distance interoculaire, ci : cibarium, cl : clypeus, E : epipharynx, P1-P5 : palpes 1-5.	56

Figure 35 : Aile d'un phlébotome, les différents caractères mesurés. L : longueur de l'aile, l : largeur de l'aile.....	56
Figure 36 : Génitalia d'un phlébotome (A : femelle, B : male), les différents caractères mesurés. pg : pavillon génitale, fg : filaments génitaux, vp : valve pénienne.....	56
Figure 37 : Critères d'identification du sous-genre Larroussious ; (A) Génitalia mâle (x10), (B) spermathèque femelle (x40), (C) pharynx (x10).....	60
Figure 38 : Critères d'identification de <i>Phlebotomus perniciosus</i> ; (A) valves péniennes forme typique, (B) valves péniennes forme atypique, (C) spermathèque femelle (x40).....	61
Figure 39 : Critères d'identification de <i>Phlebotomus longicuspis</i> ; (A) valves péniennes, (B) spermathèque femelle (x40).....	64
Figure 40 : Critères d'identification de <i>Phlebotomus perfiliewi</i> ; (A) valves péniennes, (B) spermathèque femelle (x40).....	67
Figure 41 : Critères d'identification de <i>Phlebotomus papatasi</i> ; (A) valves péniennes (x40), (B) génitalia mâle (x10), (C) spermathèque femelle (x40).	71
Figure 42 : Critères d'identification de <i>Sergentomyia minuta</i> ; (A) valves péniennes (x40) (B) génitalia male (x10), (C) tête femelle (x10), (D) cibarium (x10), (E) spermathèque femelle (x40).	75
Figure 43 : Répartition de phlébotomes récoltés en fonction du genre.....	80
Figure 44 : la présence des phlébotomes selon les mois de l'échantillonnage	81
Figure 45 : La diversité des espèces par stations	82
Figure 46 : La répartition des phlébotomes selon le sex de chaque espèce	84
Figure 47 : L'abondances des espèces dans la wilaya de Mila.....	85
Figure 48 : L'abondances des espèces dans la wilaya de Jijel	87
Figure 49 : Répartition altitudinale de l'abondance des espèces de phlébotomes (A) et répartition des espèces de phlébotomes à différentes plages d'altitude (B).	89

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau 01 : Classification des phlébotomes de l'ancien monde	6
Tableau 02 : Liste des espèces de phlébotomes représentées en Algérie	8
Tableau 03 : Le découpage administratif de la région de Mila	34
Tableau 04 : Le découpage administratif de la région de Jijel	35
Tableau 5 : Températures mensuelles moyennes, maxima et minima de la wilaya de Mila durant la période d'étude (jan-Dec 2024).....	37
Tableau 6 : Pluviométries mensuelles de la wilaya de Mila durant la période d'étude (jan- Dec 2024).....	38
Tableau 7 : Pourcentages de l'humidité relative de la wilaya de Mila durant la période (Jan- Dec 2024).	38
Tableau 8 : Valeurs mensuelles de la vitesse du vent de la wilaya de Mila durant la période (jan-Dec 2024).....	39
Tableau 9 : Températures mensuelles moyennes, maxima et minima de la wilaya de Jijel durant la période d'étude (jan-Dec 2024).....	40
Tableau 10 : Pluviométries mensuelles de la wilaya de Jijel durant la période d'étude (jan- Dec 2024).	40
Tableau 11 : Pourcentages de l'humidité relative de la wilaya de Jijel durant la période (Jan- Dec 2024).	41
Tableau 12 : Valeurs mensuelles de la vitesse du vent de la wilaya de Jijel durant la période (jan-Dec 2024).....	41
Tableau 13 : Les valeurs des moyennes des T° max, T° m (°C), P (mm) et Q2 (période 2014- 2024) dans la région de Mila.....	43
Tableau 14 : Les valeurs des moyennes des T° max, T° m (°C), P (mm) et Q2 (période 2014- 2024) dans la région de Jijel.....	44
Tableau 15 : Description des sites de piégeages de phlébotomes dans la wilaya de Mila et Jijel (mai - octobre 2024).....	49
Tableau 16 : Liste des espèces de phlébotomes recensés dans la région de Mila et de Jijel....	58

Tableau 17 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des mâles <i>Phlebotomus perniciosus</i>	62
Tableau 18 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles <i>Phlebotomus perniciosus</i>	63
Tableau 19 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des mâles <i>Phlebotomus longicuspis</i>	65
Tableau 20 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles <i>Phlebotomus longicuspis</i>	66
Tableau 21 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des mâles <i>Phlebotomus perfiliewi</i>	68
Tableau 22 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles <i>Phlebotomus perfiliewi</i>	69
Tableau 23 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des mâles <i>Phlebotomus papatasi</i>	72
Tableau 24 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles <i>Phlebotomus papatasi</i>	73
Tableau 25 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des mâles <i>Sergentomyia minuta</i>	76
Tableau 26 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles <i>Sergentomyia minuta</i>	77
Tableau 27 : L'indices écologiques	78

Liste des abréviations

Liste des abréviations

Sp : espèce non identifiée

Spp : plusieurs espèces

S : le genre de sergentomyia

P : le genre de phlebotomus

Ph : le sous genre de phlebotomus

Lu : lutzomyia

LC : leishmaniose cutanée

LV : leishmaniose viscérale

TOSV : Toscana virus

L : leishmania

DEET : N,N-Diethyl-meta-toluamide

UV : ultraviolet

CDC : centre for Diseases Control

DIO : Distance interoculaire

Ss : forme sensu stricto

x : forme cryptique

Résumés

Résumé

Les phlébotomes sont des insectes hématophages d'intérêt majeur en santé humaine et animale en raison de leur rôle potentiel dans la transmission de diverses maladies, notamment les leishmanioses. Cette étude vise à contribuer à la connaissance des phlébotomes dans deux régions du Nord-Est algérien, Jijel et Mila, à travers une approche combinant l'analyse morphologique, morphométrique et écologique.

Durant une période d'échantillonnage s'étalant sur plusieurs mois en 2024, un total de 459 spécimens a été collecté dans plusieurs sites répartis entre les deux wilayas. L'identification a permis de recenser cinq espèces différentes (*Pn*, *Pf*, *Lc*, *Pa*, *Sm*), dont *Phlebotomus perniciosus* s'est révélée la plus dominante. Les analyses morphométriques ont mis en évidence certaines variations intra-spécifiques. Par ailleurs, les indices écologiques calculés (richesse, abondance, indice de Shannon, équitabilité) ont permis de caractériser les communautés de phlébotomes selon les sites étudiés. L'indice de similarité de Jaccard a montré une forte proximité dans la composition spécifique entre les deux régions.

Les résultats obtenus soulignent l'influence des facteurs environnementaux — tels que la température, l'humidité et le type d'habitat — sur la distribution et l'abondance des espèces. Cette étude constitue une base de référence utile pour les programmes de surveillance entomologique et la compréhension des dynamiques écologiques de ces vecteurs dans le contexte algérien.

Mots-clés

Phlébotomes – Jijel – Mila – Morphologie – Morphométrie – Indices écologiques – Diversité – Environnement – Vecteurs.

Abstract

Sand flies are hematophagous insects of major importance in human and animal health due to their potential role in the transmission of various diseases, particularly leishmaniasis. This study aims to contribute to the knowledge of sand flies in two northeastern Algerian regions, Jijel and Mila, through a combined approach integrating morphological, morphometric, and ecological analysis.

During a sampling period spanning several months in 2024, a total of 459 specimens were collected from several sites across both wilayas. The identification process led to the recognition of five different species (*Pn*, *Pf*, *Lc*, *Pa*, *Sm*), among which *Phlebotomus perniciosus* was found to be the most dominant. Morphometric analyses highlighted certain intraspecific variations. Moreover, the calculated ecological indices (species richness, abundance, Shannon index, evenness) allowed the characterization of sand fly communities according to the studied sites. The Jaccard similarity index revealed a strong similarity in species composition between the two regions.

The results emphasize the influence of environmental factors — such as temperature, humidity, and habitat type — on the distribution and abundance of the species. This study serves as a valuable reference for entomological surveillance programs and the understanding of the ecological dynamics of these vectors in the Algerian context.

Keywords

Sand flies – Jijel – Mila – Morphology – Morphometry – Ecological indices – Diversity – Environment – Vectors.

الملخص

ذباب الرمل هي حشرات ماصة للدم ذات أهمية كبيرة في مجال الصحة البشرية والبيطرية، نظرًا لدورها المحتمل في نقل العديد من الأمراض، لا سيما داء الليشمانيات. تهدف هذه الدراسة إلى الإسهام في المعرفة حول ذباب الرمل في منطقتين من شمال شرق الجزائر، جيجل وميلة، من خلال مقارنة تجمع بين التحليل المورفولوجي، المورفومتري والإيكولوجي.

خلال فترة أخذ العينات التي امتدت على مدى عدة أشهر في سنة 2024، تم جمع ما مجموعه 459 عينة من عدة مواقع موزعة عبر الولايتين. وقد سمحت عملية التعرف بتسجيل خمس أنواع مختلفة (Pn , Pf , Lc , Pa , Sm)، تبين أن أكثرها انتشارًا هو *Phlebotomus perniciosus*. أظهرت التحليلات المورفومترية وجود اختلافات داخل النوع الواحد. كما مكّنت المؤشرات الإيكولوجية المحسوبة (الغنى، الوفرة، مؤشر شانون، التساوي) من توصيف مجتمعات ذباب الرمل حسب المواقع المدروسة. وقد أظهر مؤشر التشابه لجاكار درجة تقارب كبيرة في التركيب النوعي بين المنطقتين.

تُبرز النتائج المحصلة تأثير العوامل البيئية —مثل درجة الحرارة، الرطوبة، ونوع الوسط البيئي— على توزيع الأنواع ووفرتها. وتشكل هذه الدراسة مرجعًا أساسيًا لمبرمج المراقبة الحشرية وفهم الديناميكيات البيئية لهذه النواقل في السياق الجزائري.

الكلمات المفتاحية

الفاصدرات – جيجل – ميلة – المورفولوجيا – القياسات المورفومترية – المؤشرات البيئية – التنوع – البيئة – النواقل.

Introduction

Introduction

Les insectes représentent l'un des groupes animaux les plus influents dans les équilibres écologiques et sanitaires. Ils jouent divers rôles dans les écosystèmes, tels que la pollinisation, la décomposition de la matière organique, ou encore le transfert d'énergie entre les niveaux trophiques. Certains insectes constituent également des indicateurs sensibles des modifications environnementales (**Prather et Laws, 2017**). Toutefois, un nombre important d'espèces sont classées parmi les insectes d'importance médicale et vétérinaire, notamment pour leur capacité à transmettre des agents pathogènes à l'homme et aux animaux. C'est dans ce cadre que s'inscrivent les phlébotomes (Phlebotominae), petits diptères appartenant à la famille des Psychodidae, qui constituent un modèle pertinent à étudier en raison de leur diversité biologique et de leur large répartition géographique.

Les phlébotomes sont des insectes nocturnes, de petite taille, se développant dans des milieux humides, sombres et riches en matière organique, tels que les fissures murales, les étables ou les terriers. Au niveau mondial, on estime à plus de 800 le nombre d'espèces de phlébotomes décrites à ce jour, regroupées principalement dans les genres *Phlebotomus*, *Sergentomyia* et *Lutzomyia*. En Algérie, plusieurs dizaines d'espèces sont présentes, certaines étant endémiques du Maghreb, comme *Phlebotomus chabaudi* et *Ph. chadlii*. La collection scientifique du professeur Jean-Antoine Rioux, qui regroupe plus de 130 000 spécimens provenant de 10 pays, comprend 26 espèces, dont plusieurs originaires d'Algérie, ce qui reflète la richesse entomologique remarquable du pays (**Depaquit, 2021**).

L'Algérie se caractérise par une grande diversité de biotopes, allant des zones humides côtières aux régions semi-arides de l'intérieur, ce qui en fait un terrain d'étude idéal pour analyser la distribution écologique des phlébotomes. Cependant, certaines wilayas de l'Est algérien, comme Jijel et Mila, demeurent peu étudiées du point de vue de la faune phlébotomienne, en particulier dans ses aspects morphologiques, morphométriques et écologiques. Des travaux récents ont mis en évidence la capacité d'espèces comme *P. papatasi* et *P. perniciosus* à coloniser de nouveaux foyers, sous l'effet de la déforestation, de l'urbanisation ou encore des changements climatiques (**Boudrissa et al., 2011**), (**Mutinga et al., 1986**).

L'analyse morphométrique permet quant à elle de mieux appréhender la variabilité intra-spécifique, en lien avec les conditions locales. De plus, l'utilisation d'indices écologiques (diversité de Shannon, indice de Simpson, équitabilité) permet de mieux comprendre la

structuration des peuplements et leur interaction avec les paramètres environnementaux (Rhajaoui, 2011), (El-Mouhdi et al., 2019).

Dans ce contexte, le présent travail vise à contribuer à l'enrichissement des connaissances entomologiques sur les insectes d'importance médicale et vétérinaire dans les régions de Jijel et Mila, en se concentrant sur les phlébotomes. L'étude portera sur leur caractérisation morphologique et morphométrique, l'évaluation des indices écologiques et l'analyse des facteurs environnementaux influençant leur distribution. Les résultats attendus pourraient alimenter les bases de données nationales et servir de référence pour la mise en place de stratégies de surveillance entomologique et environnementale à l'échelle régionale.

Ce travail de recherche est structuré en trois chapitres principaux :

- **Synthèse bibliographique** : présente un ensemble de connaissances générales sur les phlébotomes. Il aborde leur morphologie, leur cycle de vie, les conditions écologiques favorables à leur développement, ainsi que leur répartition dans différents milieux. Il traite également de la diversité des espèces de phlébotomes et met en lumière leur importance médicale et vétérinaire.
- **Matériel et méthode** : consacré à la description de la zone d'étude, à savoir les wilayas de Mila et Jijel. Il présente les sites de piégeage, la méthode de capture utilisée (à l'aide de pièges lumineux), ainsi que la procédure d'identification des spécimens en laboratoire. Il détaille également la prise des mesures morphométriques, ainsi que la méthodologie de calcul des indices écologiques utilisés dans l'analyse des communautés phlébotomienne.
- **Résultats et Discussion** : Ce chapitre est dédié à la présentation et à l'analyse des résultats obtenus au cours de l'étude. Il comprend la caractérisation morphologique et morphométrique des espèces de phlébotomes capturées, ainsi que leur répartition spatio-temporelle dans les deux wilayas étudiées. Il traite également de l'interprétation des indices écologiques calculés, en mettant en évidence les tendances de diversité, d'abondance et de dominance spécifique, en fonction des sites, des saisons et des conditions environnementales. Les résultats sont comparés avec les études antérieures pour une discussion approfondie.

Et en terminant par une conclusion qui contient un résumé des résultats de cette étude ainsi que des recommandations futures.

Chapitre I

Synthèse

bibliographique

I.1. Généralité

I.1.1. Définition et classification des insectes vecteurs

I.1.1.1. Explication du concept d'insectes vecteurs

Le mot vecteur englobe à la fois une notion zoologique et une fonction, celle de garantir le transfert d'un agent infectieux d'un vertébré à un autre. Le vecteur est un organisme vivant (généralement un invertébré) qui, dans le cadre d'une relation écologique, acquiert une

L'agent infectieux et sa transmission d'un hôte à un autre. Toutefois, tous les parasites ne sont pas transmissibles par tous les vecteurs hématophages (**Mouchet et al., 1995**).

Selon l'**Observatoire Régional de Santé Île-de-France (2024)**, Les vecteurs d'agents infectieux sont responsables de la transmission des maladies vectorielles. De nombreux vecteurs (tels que les moustiques, tiques, phlébotomes, punaises et puces) transmettent des virus, bactéries ou parasites, responsables de plus de 17% des maladies infectieuses mondiales et d'un million de décès annuels.

Un grand nombre de parasites, tels que les virus, les bactéries et les protozoaires, qui sont à l'origine de maladies sérieuses chez l'homme et les animaux, se propagent via des insectes vecteurs. Ces vecteurs amplifient la chance de rencontre entre le parasite et son hôte, et représentent fréquemment une « phase » indispensable pour la transmission du parasite. Le fonctionnement du système vectoriel est influencé par les interactions entre les divers participants (hôte, vecteur et parasite). Cela implique diverses sortes de relations : d'une part, celles qui régissent l'évolution du parasite chez ses divers hôtes, et d'autre part, celles qui concernent les interactions écologiques entre les trois acteurs.

Dans le contexte d'une méthode de transmission traditionnelle, le système vectoriel comporte trois étapes consécutives.

- l'infection du vecteur à l'occasion d'un repas de sang.
- la multiplication et/ou la transformation du parasite chez le vecteur.
- la transmission du parasite à l'hôte par le vecteur infectant (transmission par régurgitation, par la salive, par les déjections ...) (**Gilles, 2005**).

Ainsi, le système vectoriel sera efficace si les 3 étapes citées ci-dessus sont réalisées.

En plus de cette méthode traditionnelle de transmission où se déroule une phase d'amplification et/ou de transformation du parasite dans l'insecte hôte (ce qui fait référence à un vecteur biologique), il existe aussi un type de transmission appelé mécanique. Dans ce contexte, le parasite ne se reproduit pas et ne subit pas de transformation à l'intérieur de l'insecte hôte, qui est alors qualifié de vecteur mécanique (**Desquesnes & Lamine, 2004**). Bien que ce mode de transmission soit décrit comme ayant un impact minimal, il peut néanmoins avoir une importance épidémiologique majeure. Effectivement, si le vecteur mécanique occupe la même zone de distribution que le vecteur biologique et présente une densité bien plus élevée, l'importance de la transmission mécanique pourrait s'avérer considérable. Liée à la transmission traditionnelle, cette pièce mécanique améliore l'efficacité du système vectoriel et par conséquent augmente le risque de diffusion du parasite (**Gilles, 2005**).

I.1.1.2. A propos des phlébotomes

Les phlébotomes sont de petits insectes à la teinte claire qui ressemblent à des moustiques. Leur corps est tapissé d'un épais revêtement de poils et les antennes, composées de 12 à 30 segments, organisés en verticilles, sont dotées d'organes sensoriels spécifiques. Le thorax est convexe et il n'y a aucune suture méso natale. Les ailes ont une forme en lance et sont recouvertes de longs poils. La bordure postérieure peut parfois avoir une frange très étendue, tandis que la nervure centrale est divisée en quatre branches, avec une cellule discoïdale ouverte. En position de repos, les ailes sont généralement placées en forme de toit sur l'abdomen, parfois repliées, formant un angle par rapport au corps (**Abonnenc, 1972**).

- **Systématique**

Près de 800 espèces de phlébotomes sont actuellement décrites. Ils retracent de nombreux travaux d'alpha taxinomie qui ont débuté au 18ème siècle par la description de *Phlebotomus papatasi* Scopoli 1786.

En 1843, Rondani établit une liste dont **Walker (1851)** a groupé les espèces de phlébotomes dans la famille des *Phlebotomidae*.

- **Plus tard Kertész (1903)** distingue et classe les sous familles : *Psychodinae* et *Phlebotominae*, qu'il regroupe dans la famille des *Psychodidae*.

- **Franca et Parrot. (1920)** ont subdivisé le genre *Phlebotomus* en cinq sous genres : *Phlebotomus*, *Paraphlebotomus*, *Brumptomyia*, *Lutzia* (= *Lutzomyia*) (**Franca, 1924**) et *Sergentomyia*.

- **Theodor (1948)** a divisé la sous famille des Phlebotominae en quatre genres, *Phlebotomus*, et *Sergentomyia* dans l’Ancien Monde ; *Lutzomyia*, *Brumptomyia* et *Warileya* dans le Nouveau Monde.
- **Lewis (1973)** reconnaît la famille des *Phlebotomidae*.
- **Lewis en 1982**, dans sa revue taxonomique du genre *Phlebotomus* propose 12 sous genres.
- **En 1991, Artemiev** a proposé 24 genres, élevant certains sous-genres au rang de genres tout en créant de nouveaux.
- **En 1987, Leng** crée le genre *Chinius*.
- **Leger et Depaquit (1999)** se basent sur des arguments morphologiques et biogéographiques et retiennent 13 genres.
- **En 2008, Depaquit, Leger et Robert** créent au sein du genre *Sergentomyia* le sous-genre *Vattierromyia* pour y placer trois espèces malgaches qu’ils décrivent à l’occasion (**Bounamous, 2010**).



Figure 01 : Phlebotomus spp (mâle)
(Jebbouri, 2013).



Figure 02 : Phlebotomus spp (femelle)
(Tulasne, 2009).

I.1.1.3. Classification des phlébotomes

Selon **Lameere 1936**, Les Phlebotominae, ou phlébotomes, sont une sous-famille d'insectes de l'ordre des *diptères*, du sous-ordre des *nématocères*, de la super-famille des *Psychodoidea* et de la famille des *Psychodidae*.

Ce sont de tout petits insectes hématophages, qui peuvent être vecteurs de pathogènes de la santé humaine (bartonellose, arbovirose, leishmaniose) des genres *Leishmania*, *Bartonella*, *Phlebovirus* et *Vesiculovirus* (**Rondani, 1843**).

- Règne : *Animalia* (Animaux).
- Embranchement : *Arthropoda* (Arthropodes).
- Sous-embranchement : *Hexapoda* (Hexapodes).
- Classe : *Insecta* (Insectes).
- Sous-classe : *Pterygota* (Insectes ailés).
- Infra-classe : *Neoptera* (Néoptères – insectes capables de replier leurs ailes sur l’abdomen).
- Ordre : *Diptera* (Diptères – mouches, moustiques...).
- Sous-ordre : *Nematocera* (Nématocères – moustiques, phlébotomes...).
- Infra-ordre : *Psychodomorpha*.
- Famille : *Psychodidae* (Psychodidés).
- Sous-famille : *Phlebotominae* (Phlébotomes).

La classification des genres se fonde sur le nombre et la structure des segments des antennes et des palpes et sur le nombre et la disposition des nervures alaires (**Rondani, 1843**). À l'origine, le seul genre *Phlebotomus* Rondani regroupait toutes les espèces de *Phlebotominae*. **En 1948, Theobald** proposa la division de ce genre entre les espèces de l'ancien monde et celles du nouveau monde en quatre genres : *Phlebotomus* et *Sergentomyia* (pour les espèces de la région paléarctique) et *Lutzomyia* et *Brumptomyia* (pour celles des régions néarctique et néotropicales).

Tableau 01 : Classification des phlébotomes de l’ancien monde (Rispaïl et Léger., 1998)

Genre	Sous-genres
I – <i>Phlebotomus</i> (Rondani & Berté 1840)	1- <i>Adlerius</i> (Nitzulescu 1931)
	2- <i>Anaphlebotomus</i> (Theodor 1948)
	3- <i>Euphlebotomus</i> (Theodor 1948)
	4- <i>Kasaultus</i> (Lewis 1982)

	5- <i>Larroussius</i> (Nitzulescu 1931) 6- <i>Paraphlebotomus</i> (Theodor 1948) 7- <i>Phlebotomus</i> (Rondani & Berté 1840) 8- <i>Synphlebotomus</i> (Theodor 1948) 9- <i>Transphlebotomus</i> (Artemiev & Neronov 1991)
II – <i>Australophlebotomus</i> (Theodor 1948)	
III – <i>Idiophlebotomus</i> (Quate & Fairchild 1961)	
IV- <i>Spelaeophlebotomus</i> (Theodor 1948)	
V- <i>Sergentomyia</i> (França & parrot 1920)	1- <i>Demeilloius</i> (Davidson 1980) 2- <i>Grassomyia</i> (Theodor 1958) 3- <i>Neophlebotomus</i> (França & parrot 1920) 4- <i>Parrotomyia</i> (Theodor 1985) 5- <i>Sergentomyia</i> (França & parrot 1920) 6- <i>Sintonius</i> (Nitzulescu 1931)
VI- <i>Spelaemyia</i> (Theodor 1948)	
VII- <i>Chinius</i> (Leng 1987)	

I.2. Les espèces des phlébotomes en Algérie

Les phlébotomes sont de petits insectes qui piquent pour se nourrir de sang. Ils peuvent transmettre des maladies graves comme la leishmaniose. En Algérie, plusieurs espèces de phlébotomes sont présentes, surtout dans les régions chaudes et humides. Connaître les types de phlébotomes dans le pays est important pour mieux prévenir les maladies qu'ils peuvent transmettre. Ce travail présente les principales espèces de phlébotomes en Algérie et leur rôle en santé publique.

Tableau 02 : Liste des espèces de phlébotomes représentées en Algérie (**Belazzoug, 1991**)

Sous-famille <i>Phlebotminae</i>	Genre <i>phlebotomus</i>	<i>Phlebotomus papatasi</i> <i>Phlebotomus bergenoti</i> (*) <i>Phlebotomus sergenti</i> <i>Phlebotomus alexandri</i> <i>Phlebotomus chabaudi</i> <i>Paraphlebotomus kazeruni</i> <i>Phlebotomus ariasi</i> <i>Phlebotomus chadlii</i> <i>Phlebotomus perniciosus</i> <i>Phlebotomus longicuspis</i> <i>Phlebotomus langeroni</i> <i>Phlebotomus perfiliewi</i>
	Genre <i>sergentomyia</i>	<i>Sergentomyia minuta</i> <i>Sergentomyia fallax</i> <i>Sergentomyia antennata</i> <i>Sergentomyia schwetzi</i> (*) <i>Sergentomyia africana</i> <i>Sergentomyia eremitis</i> (*) <i>Sergentomyia dreyfussi</i> <i>Sergentomyia clydei</i> <i>Sergentomyia christophersi</i>

(*) Espèces exclusivement localisées au Sahara central.

I.3. Caractéristiques morphologiques (taille, forme, coloration)

I.3.1. Morphologie et anatomie

Les phlébotomes sont des diptères et nématocères, caractérisés par leur petite taille qui varie entre 1 à 4 mm. Leurs pattes sont longues et grêles, les ailes lancéolées sont dressées en « V » au repos. Le thorax et l'abdomen sont couverts de soies et d'écailles de couleur jaune clair (Leger et Dépaquit, 1999).

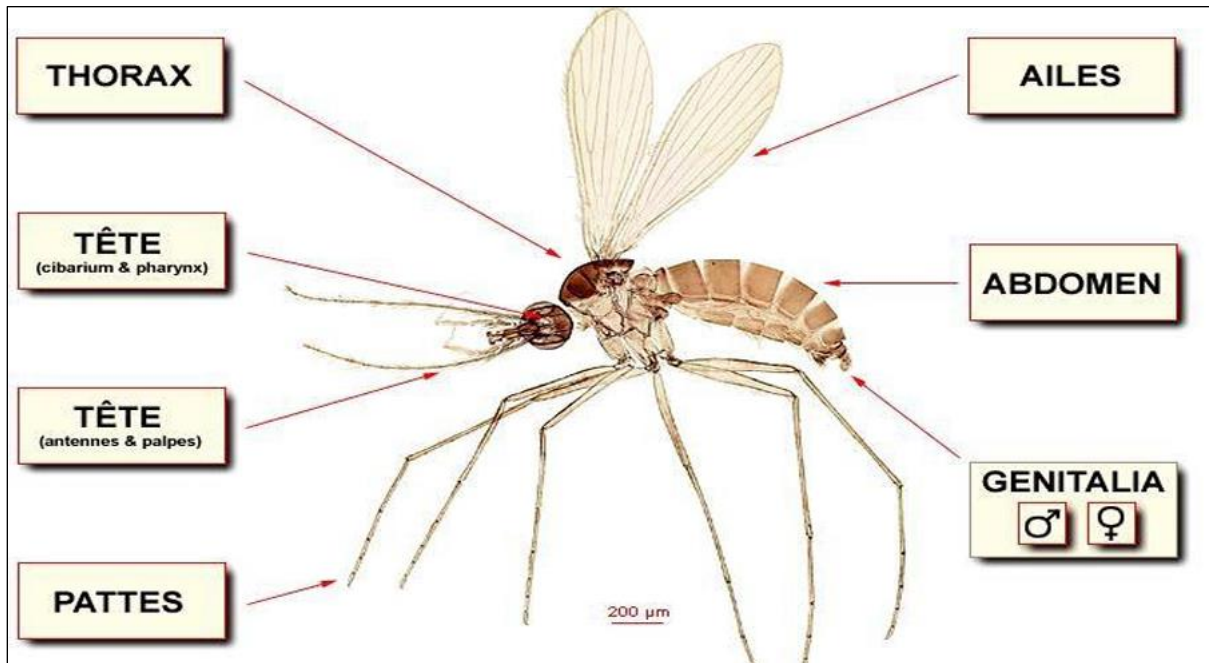


Figure 03 : Morphologie générale d'un phlébotome adulte (Niang et al., 2000).

I.3.2. Morphologie et anatomie externe

- La tête : Est composé de trois parties dorsales : le vertex, l'occiput et le front La tête porte deux gros yeux latéraux à facette et deux antennes formées de 16 articles (Mc Alpine, 1981).

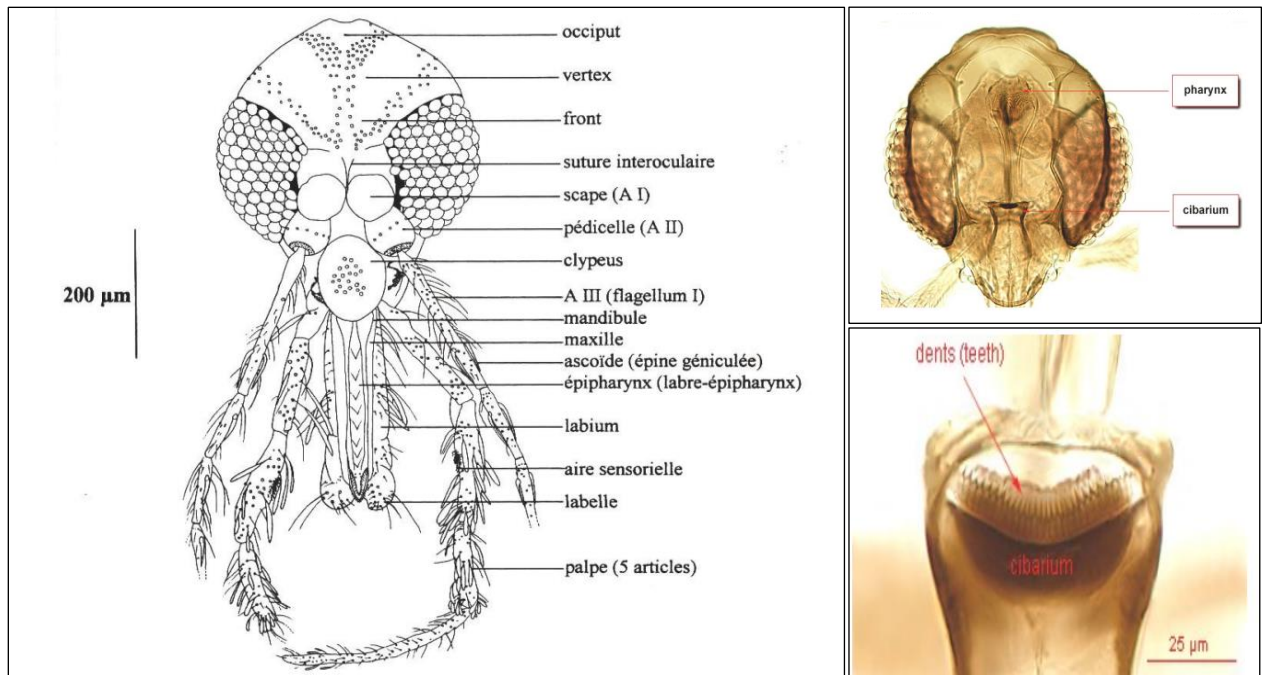


Figure 04 : (A) vue générale de la tête, (B) vue frontale de la tête, (C) vue ventrale de la tête (Niang et al. 2000).

- **Le thorax** : est divisé en trois parties :
 - Prothorax (Promontum et Propleuron) : est réduit et partiellement recouvert par le segment suivant,
 - Le mésothorax : en forme de dome, offre l'aspect bossu aux phlébotomes, il donne insertion à une paire d'ailes,
 - Le métathorax : est plus réduit. Il porte de petits stigmates et la seconde paire d'ailes transformées en haltères (Mc Alpine, 1981).

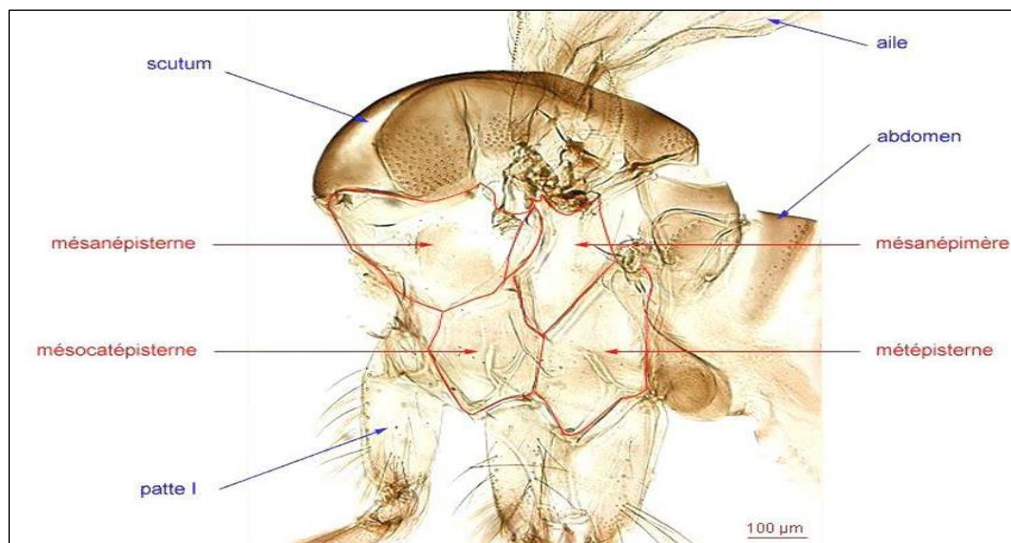


Figure 05 : Thorax de phlébotome (Niang et al. 2000).

Notons que sur chacun des trois segments thoraciques fusionnés est insérée une paire de pattes articulées, longues, fines et couvertes de soies (figure 6).

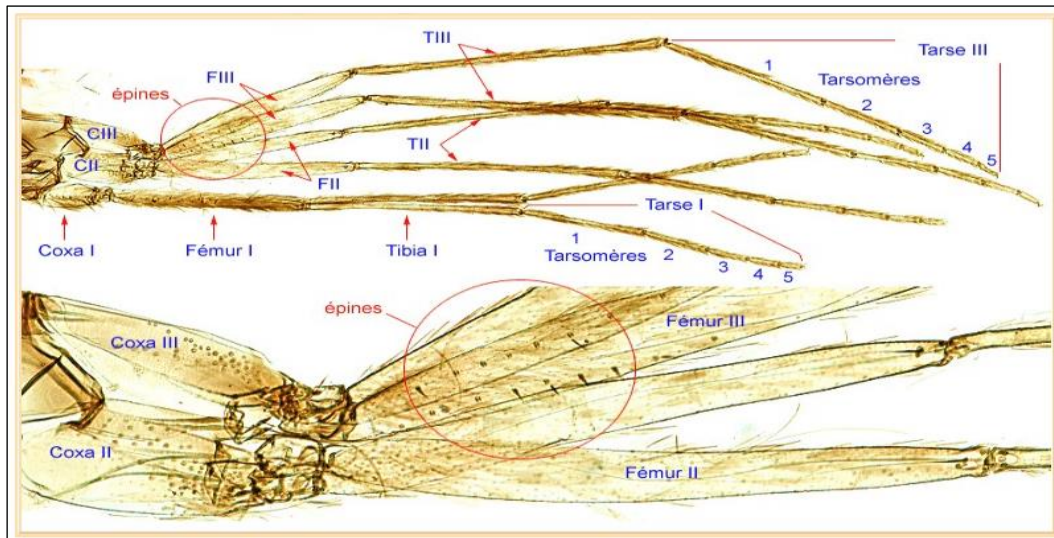


Figure 06 : Pattes de phlébotome (Niang et al., 2000)

Les ailes comprennent 9 nervures longitudinales et des nervures transversales toujours situées près de la base d'insertion (figure 7).

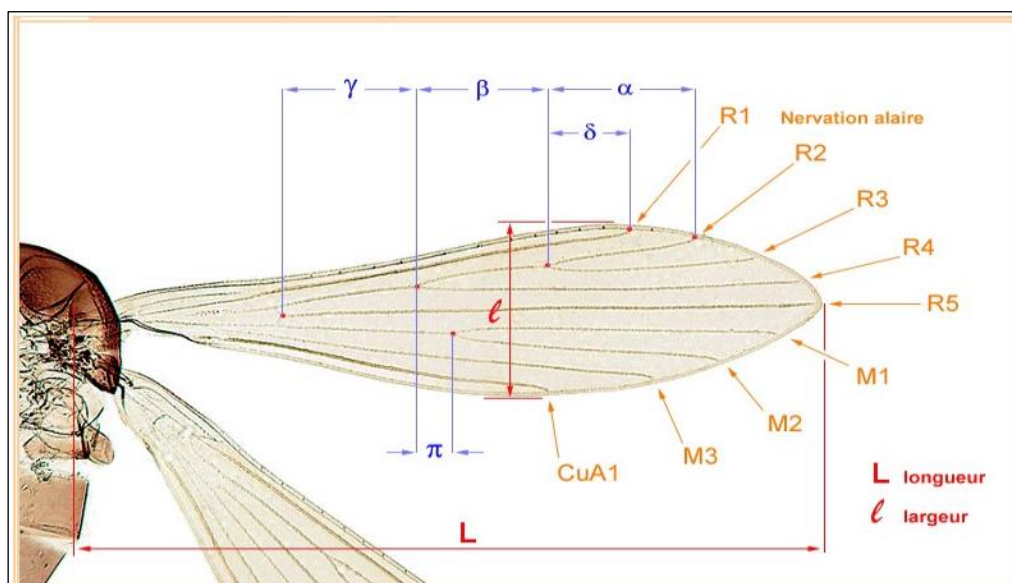


Figure 07 : Aile de phlébotome (Brunhes et al., 2000)

- **L'Abdomen :** Il est formé de 10 segments composés en tergites et en sternites collés les uns aux autres par une membrane fortement plissée qui permet l'extension de l'abdomen lors des repas sanguins. Les trois derniers segments sont invaginés chez la femelle, et fortement développés chez le mâle. (Rodhain et Pérez, 1985).

Les tergites portent des soies :

- Dressés dans le genre *Phlebotomus*,
- Couchés dans le genre *Sergentomyia* (**Rodhain et Pérez, 1985**).

I.3.3. Morphologie et anatomie interne

- **Appareil digestif** : Le canal alimentaire débouche dans :
 - La cavité buccale ou cibarium : sans dents chez le genre *Phlebotomus* est armé de dents chez le genre *Sergentomyia* (**Harrat, 2002**).
 - Dont la forme, le nombre et l'agencement sert à l'identification des espèces (**Harrat, 2002**).
 - Le pharynx : fait suite au cibarium, de forme triangulaire, il présente également des denticulations, dont l'abondance et la disposition permettent parfois la détermination de certaines espèces (**Harrat, 2002**).
 - Le jabot : c'est un volumineux diverticule ventral, rempli d'un liquide clair (**Harrat, 2002**).
 - L'œsophage : très court, entouré d'un sphincter qui empêche la remontée des repas dans le pharynx (**Harrat, 2002**).
 - L'intestin moyen : fait suite au pharynx, il débouche sur l'intestin postérieur qui se termine par un rectum dilaté (**Harrat, 2002**).
- **Appareil respiratoire** : Le système trachéen est complexe. L'air est amené à tous les organes par des tubes très fins (**Abonnent, 1972**).
- **Système nerveux** : comprenant :
 - Segment céphalique : deux masses ganglionnaires très volumineuses, largement unies supra-oesophagienne et infra oesophagienne (**Abonnent, 1972**).
 - Segment thoracique : une masse ganglionnaire inféro-antérieure complexe est issue de la fusion de 3 ganglions primitifs : prothoracique, mésothoracique et métathoracique. Le ganglion thoracique a un rôle capital chez l'insecte ; c'est un régulateur de la marche et du vol (**Abonnent, 1972**).
 - Segment abdominal : il consiste en une chaîne de ganglions ventraux de forme ovoïde. On distingue 7 ganglions, un pour chaque segment (**Abonnent, 1972**).
- **Appareil reproducteur femelle** : il est composé de :
 - Deux ovaires constitués chacun de nombreux ovariole.
 - Deux glandes annexes.

- Deux spermathèques : Elles sont de forme et de taille variable selon les espèces (**Harrat, 2002**).

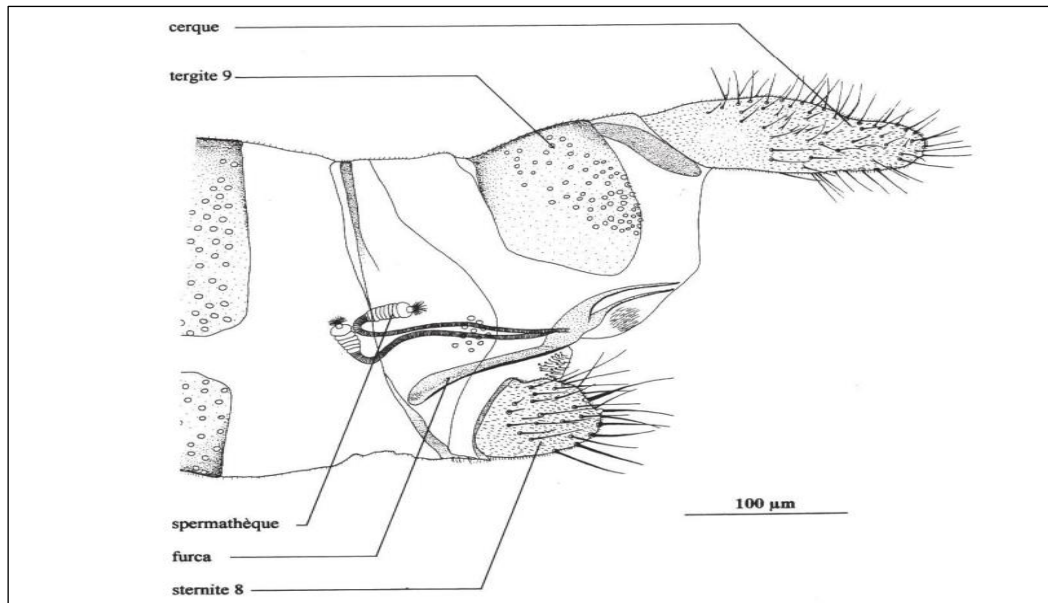


Figure 08 : Appareil génital femelle (Leger et Depaquit, 2002)

- **Appareil reproducteur mâle** : L'armature génitale du mâle, genitalia ou terminalia, se compose de : Trois paires de prolongements homologues,
 - Une paire de coxites sur lesquels s'articulent les styles
 - Une paire de pièces médianes, les paramères naissant de la base des coxites ;
 - Une paire de prolongements ventraux appelés lobes latéraux (**Abonnent, 1972**).

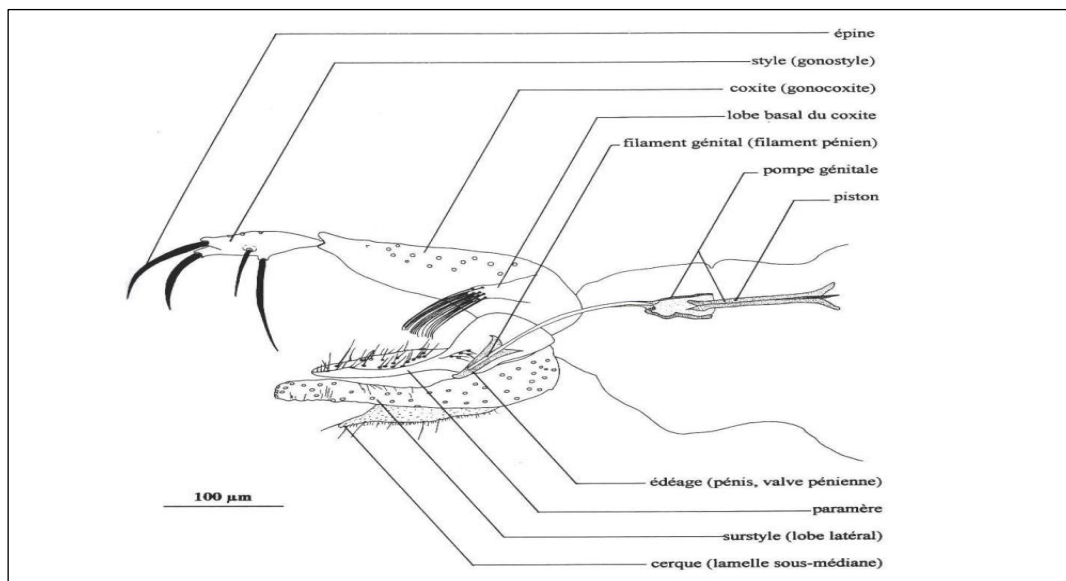


Figure 09 : Appareil génital mâle (Leger et Depaquit, 2002)

I.4. Biologie et écologie des phlébotomes

I.4.1. Cycle de vie et habitat

I.4.1.1. Nutrition et préférences trophique

Les phlébotomes sont des insectes hématophages (**Samake, 2006**) ; peuvent effectuer des repas sanguins sur une grande gamme d'hôtes et devraient être considérés comme des insectes opportunistes pour l'homme plutôt que des insectes anthropophiles (**Briffod, 2011**).

Les mâles se nourrissent exclusivement de jus sucrés également indispensables aux femelles (**Boussaa, 2008**). La femelle, seule hématophage, se nourrit de sang des vertébrés (oiseaux, reptiles, batraciens et mammifères dont l'Homme), le sang étant nécessaire pour assurer ses cycles gonotrophique (**Bounamous, 2010**). En dehors de ses repas sanguins, la femelle peut survivre avec un régime floricole (**Samake, 2006**). Les femelles adultes prennent un repas à chaque cycle gonotrophique et jusqu'à cinq repas sanguins pendant leur deux à six semaines de vie à l'état adulte (**Briffod, 2011**).

I.4.1.2. Activité des phlébotomes

Les phlébotomes sont présents dans les pays tropicaux où ils sont actifs une grande partie de l'année voire toute l'année, et dans les zones tempérées où ils ne sont actifs que pendant les mois chauds. L'intervalle de température pour lequel les adultes sont actifs varie de 15 à 28 °C, et est presque toujours associé à une humidité relative élevée ainsi qu'à l'absence du vent (**Briffod, 2011**). Leur activité est généralement crépusculaire ou nocturne. Ils sont mauvais voiliers, leur portée de vol est faible, n'atteint pas généralement pas 1,5 km. Ils ne sortent de leur gîte de repos que les jours sans vent, se déplacent alors avec un vol sautillant, saccadé, proche du sol. Leur faible dispersion explique le fait que les maladies transmises par ces insectes sévissent sous forme de foyers souvent très délimités (**Samake, 2006**). Ils vivent principalement dans les régions de collines entre 100 et 500 mètres d'altitudes (**Clémence, 2009**).

I.4.1.3. Durée de vie des phlébotomes

La durée de vie des adultes est en fonction de la température (plus celle-ci est basse, plus la durée de vie est élevée) et de l'humidité (plus l'hygrométrie est élevée, plus la durée de vie est élevée) (**Bounamous, 2010**).

En moyenne les femelles vivent de deux semaines à deux mois. Les mâles ont une durée de vie plus brève (**Sangare, 2009**).

I.4.1.4. Cycle de vie

Les phlébotomes sont des insectes holométaboles, leur développement comporte une métamorphose complète se distinguant par trois phases pré imaginale : œuf, larve, nymphe et imago.

- **Œuf**

L'œuf des phlébotomes a la forme d'une ellipse allongée incurvée de 300 à 400 μ de longueur et de 9 à 13 μ de largeur. La face dorsale est sensiblement convexe et la face ventrale concave. Ses dimensions varient suivant les espèces (**Abonnenc, 1972**). Les œufs fraîchement pondus de couleur blanchâtre prennent cinq à six jours après la ponte, une teinte brunâtre. La surface est ornée d'un réseau de granulations déterminant des cellules polygonales (**Dolmatova et Demina, 1971**). La femelle pond un à un 15 à 100 œufs dans des substrats de toutes sortes mais surtout dans des endroits humides qui constituent les gîtes des larves. En effet la survie et le développement des œufs dépendent des conditions d'humidité et de température appropriées (26-30°). L'incubation de ces œufs varie avec la température : elle est de l'ordre de quatre à dix-sept jours (**Dolmatova et Demina, 1971**).

- **Larve**

La larve est terricole, sédentaire, saprophage et phytophage. Les gîtes larvaires varient selon les espèces. Ils peuvent être présentés par les fissures du sol, terriers de micromammifères, nids d'oiseaux, creux d'arbres fentes des murs, sols des habitations et des étables. Tous ces gîtes constituent des micro habitats caractérisés par des conditions constantes : lieux calmes, abrités des courants d'air, humides et sombres. Les larves s'y nourrissent de débris organiques surtout végétaux. En pays tempérés, l'hibernation se fait au stade œuf ou de larve (**Dolmatova et Demina, 1971**). Les phlébotomes passent par quatre stades larvaires séparés par des mues dont la durée varie selon les conditions climatiques :

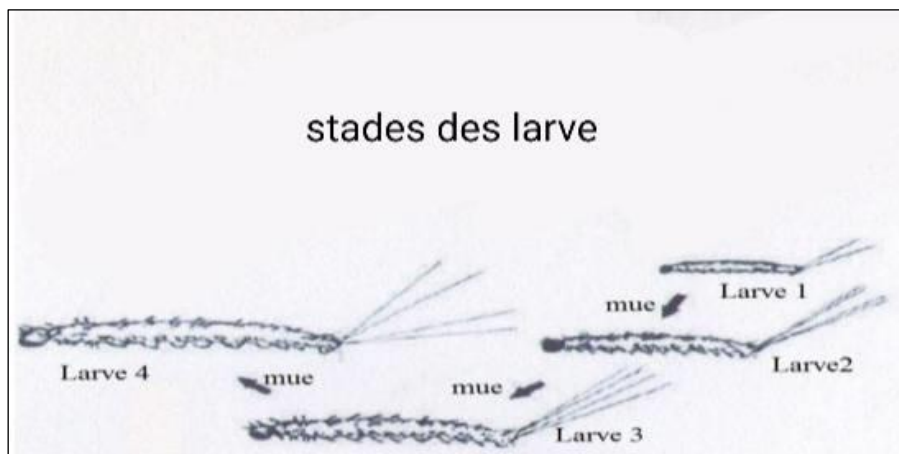


Figure 10 : les stades des larves (Niang et al., 2000)

-1er stade : La larve vermiforme et eucéphale atteint une longueur allant de 0,46 à 1mm. A la suite de la capsule céphalique, on observe trois segments thoraciques et neuf segments abdominaux. Les pièces buccales sont broyeuses (**Dolmatova et Demina, 1971**). Le 1er stade larvaire se distingue par la présence d'une éclosion céphalique, le 3ème segment de l'antenne est discoïde. Il y a absence de la soie 1 sur le prothorax antérieur, de la soie 6 du prothorax antérieur, du mésothorax et métathorax. La soie 5 des abdominaux I-VIII sont lisses ou faiblement spéculées. Présence d'une seule paire de soies caudales et les derniers segments de l'abdomen ne sont pas chitinisés. Une seule paire de stigmates situés à la partie postérieure de l'abdomen (**Boulkenafet, 2006**).

-2ème stade : Le troisième segment de l'antenne est plus long que large. Présence de soie 1 au prothorax antérieur, soie 6 du prothorax antérieur, du métathorax et métathorax. Les soies 5 des segments abdominaux sont épineuses. Présence de 4 soies caudales, tégument spéculé, segment caudal chitineux sur la face dorsale. Présence d'une deuxième paire de stigmate respiratoire situé à la partie antérieure du corps (**Abonnenc, 1972**).

-3ème stade : La larve à ce stade ne se différencie du précédent que par chitination dorsale plus accusée sur le 8ème segment abdominal (**Abonnenc, 1972**).

-4ème stade : A ce stade la larve des phlébotomes est entièrement développée. Elle présente outre les caractères du 3ème stade, une chitination plus intense des segments abdominaux VIII et IX. Les spéculs du segment caudal sont très saillants, très forts et très pigmentés, presque noirs. Ils forment un peigne bien développé. C'est une larve du type éruciforme, son corps est cylindrique et comprend la tête, 3 segments thoraciques et 9 segments abdominaux (**Abonnenc, 1972**).

- **Imago**

Le développement de l'œuf à l'adulte dure de 35 à 60 jours en l'absence de phénomène de la diapause qui peuvent intervenir lorsque les conditions sont défavorables (période hivernale pour les phlébotomes des régions tempérées). La durée de vie des adultes est fonction de la température (plus celle-ci est basse, plus la durée de vie est élevée) et l'humidité (plus l'hygrométrie est élevée plus la durée de vie est élevée). Les femelles vivent en moyenne deux semaines à deux mois et prennent généralement plusieurs repas sanguins. Les mâles quant à eux ont une durée de vie plus brève (**Léger et Depaquit, 2001**).

Les habitats des adultes sont caractérisés par le calme et la tranquillité du gîte de repos, l'existence de gîtes de ponte propice à la vie des larves et la proximité d'hôtes vertébrés nécessaires au repas de sang de la femelle (**Léger et Depaquit, 2001**).

La durée du repas de sang est assez longue de l'ordre de dix à trente minutes. Ce repas sanguin se fait par pool-feeding (**Dolmatova et al.,1971**), habituellement pratiqué par les arthropodes telmophages. La trompe courte, destinée à lacérer et dissocier les tissus et les parois vasculaires, absorbe le sang accumulé dans le micro- hématome ainsi formé. Un tel processus permet le prélèvement d'agents infectieux comme les leishmanies se trouvant hors du sang circulant, au niveau du derme intra ou extracellulaire.

L'intervalle de temps séparant le repas de la ponte varie de trois à dix jours. Deux processus déterminent le cycle gonotrophique et ont lieu parallèlement. Il s'agit de la digestion du sang et de la maturation des œufs (**Dolmatova et al.,1971**).

Chez les phlébotomes, la répétition des cycles gonotrophiques crée un rythme gonotrophique qui dure toute la vie de la femelle adulte et auquel sont subordonnées toutes les fonctions vitales. Il y a concordance gonotrophique lorsqu'un seul repas de sang est suffisant pour amener la maturation des œufs jusqu'à la ponte (**Dolmatova et al.,1971**).

Le phénomène d'autogenèse est observé chez quelques espèces. Le nombre d'œufs composant une ponte serait d'une cinquantaine. Etant donné que le développement pré imaginal dure assez longtemps, le nombre de générations par an dépend de la durée de la saison chaude. En climat tempéré, la première génération d'adultes éclore au printemps est issue des larves du quatrième stade ayant passé l'hiver à l'état de diapause (**Dolmatova et al.,1971**). Dans les zones modérément chaudes, il se produit chez les phlébotomes, comme chez la plupart des insectes, un abaissement temporaire de l'activité qui est une manière d'adaptation à la période hivernale. Cette adaptation à l'hivernation se manifeste chez les phlébotomes par l'arrêt du développement au quatrième stade. La larve devient peu mobile, le métabolisme baisse notablement, la digestion se ralentit quelque peu chez les larves hibernantes mais ne s'arrête pas. En diapause, ces insectes possèdent des provisions de graisse assurant la réserve énergétique nécessaire pour la durée du jeune et contribue à renforcer la résistance au froid (**Boulkenafet,2006**). Ainsi donc, la date d'éclosion dépend de la température. Lorsque le printemps est tiède, l'envol des phlébotomes est retardé et s'échelonne sur un laps de temps plus prolongé. Deux autres générations peuvent s'envoler dans de conditions extrêmement favorables (**Boulkenafet, 2006**). Les œufs pondus en fin de saison, donnent naissance à des larves d'apaisantes. La diapause étant déterminée par la température mais surtout par la photopériode (**Dolmatova et al.,1971**).

La longévité varie avec l'espèce mais aussi avec la température et l'humidité. Le seuil thermique inférieur varie suivant les espèces. L'élévation de température accélère le développement mais diminue la vitalité par contre son abaissement ralentie le développement

et affaiblit également la vitalité. La cause de mortalité des phlébotomes peut aussi être engendrée par l'épuisement des femelles lors de la ponte des œufs, par les conditions défavorables du microclimat des refuges diurnes, la faim, les attaques d'ennemis et parasites ...etc (Boulkenafet, 2006).

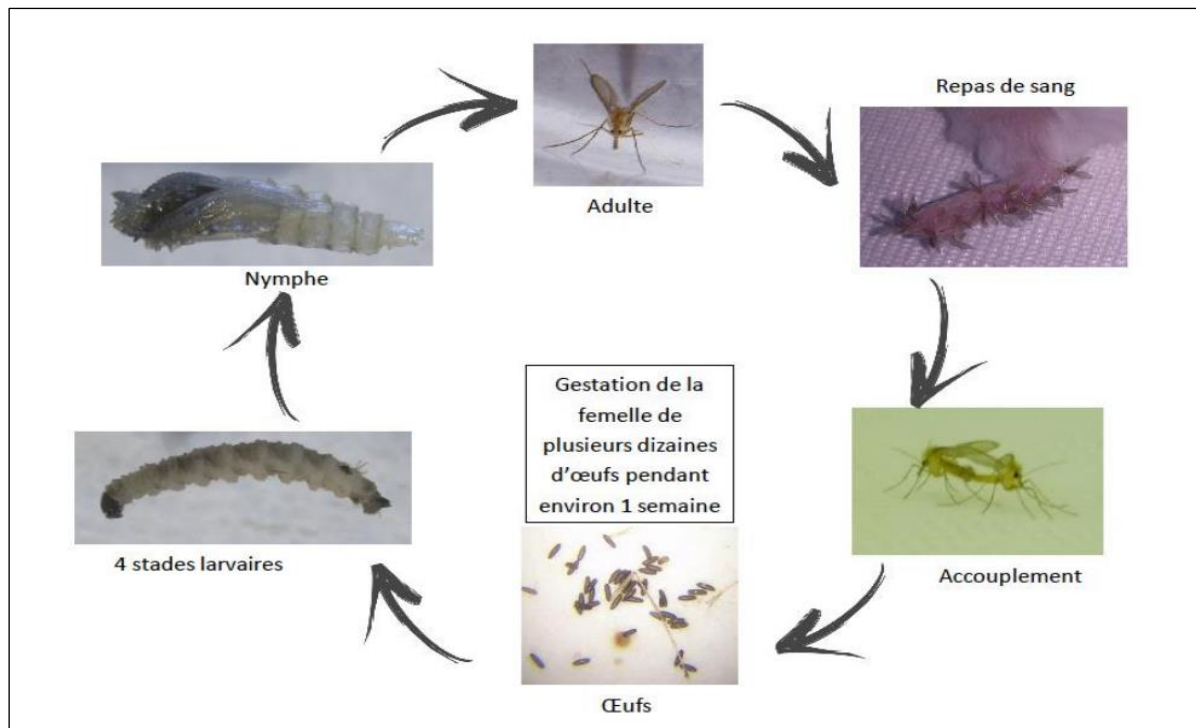


Figure 11 : Cycle de vie du phlébotome (Prudhomme, 2018)

I.4.2. Habitat des phlébotomes

Les phlébotomes (ou mouches des sables) occupent une variété d'habitats en fonction de l'espèce, des conditions environnementales et de la proximité avec les réservoirs d'hôtes. Les études récentes révèlent les points suivants sur leurs habitats principaux :

I.4.2.1. Zones urbaines

Certaines espèces comme *Phlebotomus pedifer* montrent une forte présence dans les maisons humaines, surtout celles proches des gîtes d'hyrax, leur hôte réservoir naturel. Leur abondance est significativement plus élevée dans les habitations par rapport aux champs ou zones agricoles (Alemayehu et al., 2024).

I.4.2.2. Zones semi-urbaines et agricoles

Phlebotomus orientalis, vecteur de la leishmaniose viscérale, est plus abondant dans les zones périphériques de villages et les champs agricoles que dans les zones urbaines centrales. Sa

population augmente pendant la saison sèche et est fortement corrélée aux températures élevées et à une faible humidité (Yared et al., 2017).

I.4.2.3. Milieux forestiers et zones humides

Bien que peu de données directes concernent les phlébotomes dans les forêts humides, ces milieux abritent d'autres espèces proches et sont souvent des zones à risque pour diverses formes de leishmanioses en raison des interactions fréquentes entre humains, vecteurs et hôtes sauvages (Yared et al., 2017).

Les phlébotomes peuvent vivre dans une grande diversité d'habitats, mais ils sont particulièrement abondants dans les zones urbaines et semi-urbaines proches des réservoirs animaux, tandis que leur présence en zones forestières ou humides est plus variable et espèce-dépendante.

I.5. La répartition géographique des phlébotomes

I.5.1. Dans le monde

Les phlébotomes sont répartis sur tous les continents, mais ne dépassent pas certaines latitudes. Abondants dans les zones tropicales et équatoriales de l'Afrique, de l'Asie et de l'Amérique du sud mais très rare voire absent dans les pays nordiques, en Amérique du Nord, et en Australie (figure 12) (Léger et Depaquit, 2002). Les phlébotomes sont également fréquents dans le bassin méditerranéen et en Afrique du Nord (Dedet et al., 1984, Belazzoug, 1991).

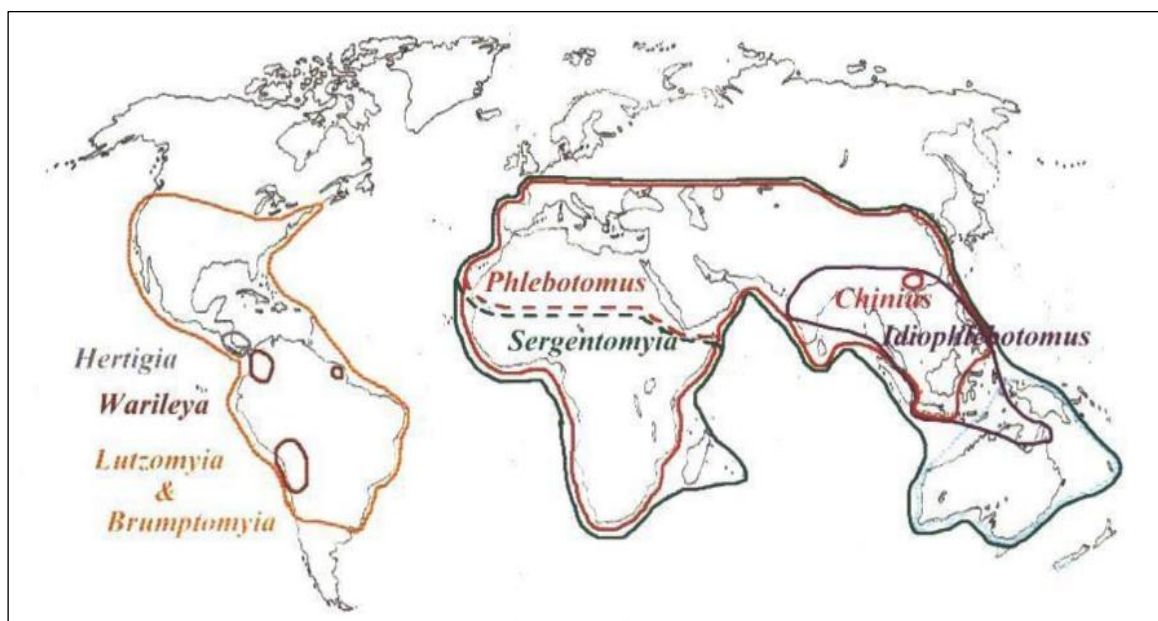


Figure 12 : Répartition des principaux genres de phlébotomes dans le monde (Léger et Depaquit., 2002).

Notons que des *Phlebotomus* ont été rapportés de Madagascar et des *Chinius* de Thaïlande.

I.5.2. En Algérie

La répartition géographique des phlébotomes en Algérie est vaste et variée, couvrant l'ensemble du territoire national, de l'étage humide jusqu'à l'étage saharien. Ces insectes, responsables de la transmission de maladies telles que la leishmaniose, sont présents dans divers écosystèmes, des régions côtières aux zones plus arides du Sahara (**Dedet et al., 1984**).

- **Etage humide**

Il y a été signalé une seule espèce du genre *Sergentomyia* : *S. minuta* parroti et sept espèces du genre *Phlebotomus* à savoir *P. perniciosus*, *P. ariasi*, *P. perfiliewi*, *P. sergenti*, *P. chadlii*, *P. longicuspis* et *P. papatasi*. L'espèce prédominante reste *S. minuta* parroti (**Dedet et al., 1984, Berchi, 1990, Belazzoug, 1991**).

- **Etage sub-humide**

On y trouve une espèce du genre *Sergentomyia*, *S. minuta* parroti prédominante et sept espèces du genre *Phlebotomus* qui sont les mêmes espèces que celles rencontrées à l'étage précédent à l'exception de *P. ariasi* qui est remplacée par *P. langeroni*, *P. perfiliewi* est à son maximum d'abondance (**Dedet et al., 1984, Belazzoug, 1991**).

- **Etage semi-aride**

On rencontre deux espèces du genre *Sergentomyia* : *S. minuta* parroti et *S. fallax* et huit espèces du genre *Phlebotomus* qui sont : *P. chabaudi*, et les sept espèces du genre *Phlebotomus* rencontrées à l'étage sub-humide. *P. perniciosus* est l'espèce prédominante de cet étage où elle trouve son optimum écologique (**Dedet et al., 1984, Belazzoug, 1991**).

- **Etage aride**

Seules quatre espèces du genre *Sergentomyia* sont trouvées soit, *S. fallax* (où elle trouve son optimum écologique), *S. minuta* parroti, *S. antennata* et *S. dreyfussi*. On rencontre également l'espèce du genre *Paraphlebotomus* : *P. alexandri* et les sept espèces du genre *Phlebotomus* rencontrées à l'étage précédent. L'espèce prédominante est *S. fallax* (**Dedet et al., 1984, Belazzoug, 1991**).

- **Etage saharien**

Il est peuplé de quatre espèces du genre *Sergentomyia* *S. minuta parroti*, *S. fallax*, *S. christophersi* et *S. dreyfussi* et cinq espèces du genre *Phlebotomus* de l'étage précédent où *P. papatasi* trouve son optimum écologique (Dedet et al., 1984, Belazzoug, 1991).

I.6. Facteurs environnementaux influençant leur distribution

La distribution des phlébotomes (*Phlebotominae*), vecteurs de la leishmaniose, est influencée par plusieurs facteurs environnementaux :

I.6.1. Température

Les phlébotomes sont plus abondants dans des environnements chauds. Une étude en Arabie Saoudite a révélé une corrélation directe entre la densité des phlébotomes et la température, avec une activité maximale au printemps (Kenawy et al., 2015).

I.6.2. Altitude

La densité varie selon l'altitude. Certaines espèces comme *Phlebotomus pedifer* sont plus abondantes à haute altitude, tandis que d'autres comme *P. alexandri* préfèrent les zones plus basses (Alemayehu et al., 2024).

I.6.3. Humidité relative et vent

Une humidité relative élevée et un vent fort sont associés à une plus faible densité de phlébotomes (Kenawy et al., 2015).

I.6.4. Type d'habitat

Les microhabitats tels que les terriers de rongeurs, les habitations humaines, et les zones rocheuses influencent leur présence. Par exemple, *P. pedifer* est très fréquent dans les habitats de damans (hyraxes), indiquant une préférence marquée pour ce type de site (Alemayehu et al., 2024).

I.6.5. Urbanisation et activités humaines

L'expansion des zones urbaines et agricoles modifie les habitats naturels et peut faciliter la propagation des phlébotomes dans des zones précédemment non colonisées (Kenawy et al., 2015).

I.6.6. Végétation

Le type de couverture végétale influence la présence d'espèces spécifiques. Certaines espèces sont associées à la savane, d'autres aux forêts denses ou aux zones semi-désertiques (**Asimeng, 1990**).

La distribution des phlébotomes est fortement influencée par des facteurs climatiques (température, humidité, vent), topographiques (altitude), écologiques (type d'habitat) et anthropiques (urbanisation). Ces éléments doivent être pris en compte pour la surveillance et le contrôle de la leishmaniose.

I.7. Comportement alimentaire et reproduction

I.7.1. Préférences alimentaires

Les recherches scientifiques récentes montrent que les phlébotomes adoptent un régime alimentaire double, combinant le sang, essentiel à la reproduction des femelles, et le nectar, source d'énergie pour les deux sexes. Ces préférences alimentaires varient en fonction du sexe, de l'espèce et de l'environnement dans lequel évolue l'insecte.

I.7.1.1. Le sang : une nécessité pour les femelles

Chez les phlébotomes, seules les femelles se nourrissent de sang, ce qui est essentiel au développement de leurs œufs. Ce comportement hématophage est observé dans les espèces vectrices de maladies comme la leishmaniose, notamment dans les genres *Phlebotomus* (Ancien Monde) et *Lutzomyia* (Nouveau Monde). Des études morphologiques ont montré que leur appareil buccal et digestif est spécialisé pour ce type d'alimentation (**Davis, 1967**). Par exemple, *Phlebotomus papatasi* et *Ph. orientalis* présentent des structures digestives différentes, adaptées à leur rôle spécifique dans la transmission de la leishmaniose cutanée ou viscérale.

En Afrique de l'Ouest, des enquêtes entomologiques ont confirmé la présence de plusieurs espèces du genre *Phlebotomus*, comme *Ph. duboscqi*, *Ph. bergeroti* et *Ph. sergenti*, connues pour piquer préférentiellement les mammifères, y compris l'être humain (**Nadège et al., 2020**).

Une autre étude réalisée au Mali a révélé la présence de *Ph. duboscqi* à l'intérieur des habitations humaines, suggérant une nette préférence pour les hôtes humains ou péridomestiques (**Demba-Kodindo et al., 2015**). Ce comportement favorise le risque de transmission de *Leishmania major*.

I.7.1.2. Le nectar : une source d'énergie essentielle pour les deux sexes

Contrairement au sang, le nectar est consommé par les deux sexes. Chez les mâles, qui ne piquent pas, il constitue la seule source d'énergie. Chez les femelles, il complète le régime alimentaire et fournit les glucides nécessaires aux activités quotidiennes, comme le vol, la recherche d'hôtes, et la digestion (Schlein & Jacobson, 1999).

Cette consommation de nectar ou d'autres sucres végétaux est commune chez de nombreux diptères et a été observée chez les phlébotomes via la détection de fructose dans l'intestin moyen. Le nectar est absorbé au niveau de la trompe, qui est morphologiquement capable d'ingérer à la fois des liquides sucrés et du sang. Le rôle énergétique du nectar est crucial surtout avant et après les repas sanguins, périodes pendant lesquelles les femelles n'ont pas accès à du sang mais ont besoin d'énergie pour se déplacer ou pondre (Schlein & Jacobson, 1999).

I.7.1.3. Variabilité selon les genres et les habitats

La diversité des comportements alimentaires varie grandement entre les genres *Phlebotomus* et *Sergentomyia* :

- **Genre *Phlebotomus*** : ce genre contient les principales espèces vectrices de leishmanioses humaines. Les femelles préfèrent généralement les mammifères, notamment les humains, les chiens ou les rongeurs.
- **Genre *Sergentomyia*** : ces espèces sont plus souvent associées aux reptiles et sont moins impliquées dans la transmission des leishmanioses humaines, bien que quelques cas d'isolements de *Leishmania* aient été rapportés. Elles dominent numériquement dans certaines zones (jusqu'à 91 % des captures dans des études en Côte d'Ivoire) (Nadège et al., 2020), (Ba et al., 1998).

L'environnement influence aussi les préférences : certaines espèces se retrouvent dans les maisons, les termitières, les terriers ou les troncs d'arbres creux, ce qui modifie la probabilité de contact avec différents types d'hôtes.

I.7.1.4. Comportement alimentaire lié au cycle de vie

Des travaux en conditions naturelles ont démontré que les femelles ne prennent généralement qu'un seul repas de sang par cycle ovarien. Par exemple, chez *Ph. ariasi*, après un repas infectieux sur un chien porteur de *Leishmania infantum*, les femelles ne prennent pas de second

repas jusqu'à la ponte, ce qui montre un lien étroit entre comportement alimentaire et reproduction (**Killick-Kendrick & Rioux, 2002**).

Les phlébotomes ont un régime alimentaire double : le nectar est consommé par les deux sexes pour répondre aux besoins énergétiques, tandis que le sang est essentiel pour la reproduction des femelles. Le type d'hôte piqué (mammifères, reptiles) dépend de l'espèce, de son habitat, et de ses préférences écologiques. Cette dualité alimentaire est au cœur de leur rôle épidémiologique et de leurs adaptations biologiques (**Killick-Kendrick & Rioux, 2002**).

I.7.2. Facteurs d'attraction

I.7.2.1. Dioxyde de carbone (CO₂)

Le CO₂ est un puissant attractif pour les phlébotomes, en particulier les femelles. Il simule la respiration des hôtes vertébrés, ce qui aide les insectes à localiser leur proie à distance.

Des expériences sur le terrain montrent que *Lutzomyia intermedia* et *Lu. whitmani* réagissent fortement au CO₂, bien que l'odeur humaine ait une attractivité supérieure lorsque les deux sources sont éloignées, ce qui suggère une synergie entre CO₂ et kairomones humaines (**Pinto et al., 2001**).

I.7.2.2. Chaleur

La chaleur corporelle est un indice à courte distance. Des femelles de *Lutzomyia longipalpis* sont attirées par des sources thermiques, en particulier lorsqu'elles sont combinées avec des phéromones mâles ou d'autres attractifs (**Nigam et Ward, 1991**).

I.7.2.3. Odeurs corporelles humaines (kairomones)

Certaines substances volatiles présentes dans les odeurs humaines (par exemple : phénylacétaldéhyde, sulcatone, icosane) déclenchent des réponses comportementales chez les femelles phlébotomes :

Des tests en tunnel de vent ont montré que *Lutzomyia intermedia* est activée et attirée par plusieurs composés présents dans les odeurs de la peau humaine (**Tavares et al., 2018**).

I.7.2.4. Phéromones sexuelles

Chez certaines espèces comme *Lutzomyia longipalpis*, les mâles émettent une phéromone sexuelle qui attire les femelles. Cette phéromone est plus efficace lorsqu'elle est combinée à des signaux de chaleur ou de CO₂ (Nigam et Ward, 1991).

I.7.2.5. Synergie des stimuli

Des études montrent que l'efficacité des pièges augmente significativement lorsque le CO₂ est combiné avec la lumière ou des composés odorants (Beavers et al., 2004), bien que certaines espèces montrent des préférences spécifiques pour un type d'attractif.

Les phlébotomes sont attirés par une combinaison synergique de CO₂, chaleur, odeurs corporelles et phéromones, avec des variations selon les espèces. Ces connaissances sont essentielles pour développer des outils de surveillance et de contrôle efficaces.

I.7.3. Facteurs environnementaux influençant la reproduction

Les phlébotomes, vecteurs majeurs de maladies comme la leishmaniose, voient leur reproduction fortement influencée par les conditions environnementales. Des paramètres tels que la température, l'humidité, les précipitations et la nature du sol jouent un rôle clé dans leur cycle de vie et leur dynamique de population. Comprendre ces facteurs permet de mieux anticiper les périodes de prolifération et de cibler les stratégies de lutte vectorielle.

I.7.3.1. Température

- Une température modérée à chaude (environ 27–28°C) favorise la reproduction maximale et la fécondité des phlébotomes, notamment chez *Phlebotomus papatasi* (Kasap et Alten, 2006).
- Des températures trop basses (<18°C) ou trop élevées (>32°C) réduisent considérablement la ponte ou la survie (Kasap et Alten, 2006).

I.7.3.2. Humidité relative

- L'humidité modérée à élevée (45–60%) est liée à des pics de densité des phlébotomes en été (Tarallo et al., 2010).
- Une faible humidité peut ralentir leur développement larvaire et augmenter la mortalité (Estallo et al., 2021).

I.7.3.3. Précipitations

- Les pluies stimulent l'émergence des adultes en créant des microhabitats humides propices à la ponte (**Souza et al., 2004**).
- Cependant, l'excès d'eau peut aussi détruire les larves ou noyer les œufs, perturbant le cycle.

I.7.3.4. Environnement urbain et substrat

- Les phlébotomes s'adaptent bien à des milieux urbains ou périurbains s'ils trouvent des substrats riches en matière organique (fientes, débris végétaux) pour pondre (**Tarallo et al., 2010**).
- La modification du sol (graviers, assainissement) réduit nettement leur densité en limitant les lieux de ponte (**Tarallo et al., 2010**).

I.7.3.5. Changements génétiques liés au climat

- Des gènes impliqués dans le système nerveux et la salive des phlébotomes changent d'expression selon la température et l'humidité ambiantes, ce qui peut influencer leur reproduction et capacité vectorielle (**Oguz et al., 2022**).

Les conditions optimales de reproduction des phlébotomes se situent autour de 27–28°C avec une humidité modérée à élever, et des substrats organiques favorables. Températures extrêmes, sécheresse ou aménagements urbains défavorables peuvent freiner leur cycle.

I.8. Importance médicale et vétérinaire des phlébotomes

I.8.1. Les maladies transmises par les phlébotomes

Les phlébotomes, ou moucheron des sables, sont de petits insectes hématophages vecteurs de plusieurs maladies humaines et animales à travers le monde, particulièrement dans les zones tropicales, subtropicales et méditerranéennes (**Bounamous, 2010**). L'infection la plus répandue qu'ils transmettent est la leishmaniose, une maladie parasitaire causée par divers protozoaires du genre *Leishmania*. Cette maladie sévit dans plus de 98 pays, avec une estimation annuelle de 700 000 à 1 million de nouveaux cas, selon l'**Organisation mondiale de la santé (OMS)**. Elle se manifeste sous trois formes principales (**Maroli et al., 2013**) :

- La leishmaniose cutanée (LC) : la plus fréquente, provoque des lésions cutanées ulcéreuses chroniques.
- La leishmaniose viscérale (LV) : forme plus grave, touche les organes internes comme le foie et la rate, et peut être mortelle sans traitement.
- La leishmaniose cutanéomuqueuse : plus rare, affecte les muqueuses après une première infection cutanée.

Ces infections sont endémiques dans des régions d'Asie, d'Afrique de l'Est, d'Amérique latine et du bassin méditerranéen (Maroli et al., 2013).

Outre la leishmaniose, les phlébotomes transmettent également des virus de la famille des *Phleboviridae*, responsables de diverses fièvres hémorragiques ou neurologiques (La fièvre de la vallée du Rift, La fièvre de Toscana, La fièvre de Naples). Le *Toscana virus* (TOSV), par exemple, est un agent neurotrope reconnu dans le sud de l'Europe, où il provoque des méningites et des méningo-encéphalites virales en été. Le *Sandfly fever Naples virus* et le *Sandfly fever Sicilian virus*, eux, provoquent des fièvres aiguës de type grippal dans plusieurs pays du bassin méditerranéen et du Moyen-Orient (Maroli et al., 2013).

Certaines études suggèrent également que les phlébotomes pourraient être impliqués dans la transmission de bactéries, bien que cela soit moins bien documenté. Un exemple est *Bartonella bacilliformis*, agent responsable de la fièvre Oroya, qui est principalement transmise par des espèces de mouches des sables en Amérique du Sud. Néanmoins, la preuve expérimentale de la capacité vectorielle des phlébotomes pour d'autres agents bactériens reste encore limitée à ce jour (Macfarlane et al., 1969).

I.8.2. Mécanismes de transmission des pathogènes par les phlébotomes

La transmission des agents pathogènes par les phlébotomes repose sur un processus biologique complexe impliquant des interactions étroites entre le vecteur, le pathogène et l'hôte. Ce sont exclusivement les femelles phlébotomes qui piquent, car elles ont besoin de sang pour le développement de leurs œufs. Lors de cette piqure, elles injectent de la salive contenant divers composants bioactifs, notamment des anticoagulants, vasodilatateurs, et immunomodulateurs, qui facilitent le prélèvement de sang tout en créant un environnement favorable à l'implantation des agents pathogènes (Oliveira et al., 2008).

Dans le cas de *Leishmania*, le parasite est inoculé sous forme promastigote, qui est ensuite phagocyté par les macrophages du système immunitaire de l'hôte, où il se transforme en forme amastigote intracellulaire, capable de se multiplier et de disséminer l'infection (**Oliveira et al., 2008**).

Chez le phlébotome, le parasite ou le virus subit un développement obligatoire. Dans le cas de *Leishmania*, les promastigotes prolifèrent dans l'intestin du vecteur avant de migrer vers la trompe buccale. Ce déplacement est facilité par la production d'un gel parasite-vectoriel, qui contribue à l'obstruction partielle de la trompe, rendant les piqûres répétées plus fréquentes et donc la transmission plus efficace (**Rogers et al., 2002**). Pour les virus comme le Toscana virus, il a été démontré que la transmission pouvait également se faire verticalement (de la femelle à ses descendants) et par voie sexuelle, ce qui permet au virus de se maintenir même en dehors des périodes de forte activité vectorielle (**Ciufolini et al., 1989**). Toutefois, des expériences en laboratoire montrent que la transmission verticale seule ne permet pas un maintien indéfini du virus dans la population sans recontamination horizontale via des hôtes infectés (**Tesh & Modi, 1987**).

I.8.3. Types d'agents pathogènes transmis

Les phlébotomes sont des vecteurs majeurs de trois grandes classes d'agents pathogènes : les protozoaires, les virus, et potentiellement certaines bactéries. Ces agents pathogènes sont à l'origine de maladies zoonotiques et humaines graves, surtout dans les régions tropicales et méditerranéennes.

I.8.3.1. Protozoaires

Les protozoaires transmis par les phlébotomes appartiennent principalement au genre *Leishmania*. Ces parasites sont responsables de plusieurs formes de leishmanioses : cutanée, mucocutanée et viscérale. Parmi les espèces les plus connues figurent *L. donovani*, *L. infantum*, *L. major*, et *L. tropica*, chacune ayant une distribution géographique et une pathogénicité propre. La transmission repose sur l'interaction spécifique entre l'espèce de parasite et l'espèce de phlébotome vecteur, un phénomène influencé par des facteurs écologiques et climatiques. L'urbanisation, les changements d'usage des sols et le réchauffement climatique contribuent à l'élargissement de la distribution de ces parasites (**Izri et al., 2006**).

I.8.3.2. Virus

Les virus transmis par les phlébotomes appartiennent principalement au genre *Phlebovirus* (famille *Phenuiviridae*). Le Toscana virus, isolé pour la première fois en Italie, est l'un des plus étudiés. Il est responsable de cas de méningites virales non bactériennes, particulièrement durant l'été dans le bassin méditerranéen. D'autres virus comme le *Sandfly Fever Naples virus* et le *Sicilian virus* sont aussi transmis par des espèces de *Phlebotomus* et provoquent des fièvres virales bénignes mais parfois invalidantes. Dans certaines régions d'Amérique latine, des vesiculovirus tels que les virus de Carajas et Maraba ont également été isolés à partir de phlébotomes (Travassos da Rosa et al., 1984), (Tesh et al., 1974).

I.8.3.3. Bactéries

Bien que cela soit moins fréquent, certaines données suggèrent que les phlébotomes pourraient également transmettre des bactéries pathogènes. *Bartonella bacilliformis*, l'agent responsable de la fièvre Oroya (ou maladie de Carrión), est transmis en Amérique du Sud par des phlébotomes. Cependant, la capacité de transmission vectorielle de cette bactérie par les phlébotomes reste controversée et peu documentée en comparaison avec d'autres vecteurs comme les poux ou les puces (Izri et al., 2006).

I.8.4. Impact sur la santé humaine et animale

I.8.4.1. Taux d'infection élevés

Les taux d'infection par les agents pathogènes transmis par les phlébotomes varient selon les régions, mais sont particulièrement élevés dans les zones rurales et tropicales où les conditions sanitaires sont faibles. La leishmaniose, en particulier, est endémique dans plus de 98 pays. La forme cutanée affecte chaque année plus de 600 000 à 1 million de personnes, tandis que la leishmaniose viscérale (forme mortelle) touche environ 50 000 à 90 000 personnes par an (Sharma et Singh, 2020). Ces taux peuvent augmenter rapidement lors de conflits, de déplacements de population ou d'effondrements des systèmes de santé, comme observé en Syrie ou au Soudan.

I.8.4.2. Morbidité humaine importante

La morbidité associée aux maladies transmises par les phlébotomes est importante. La leishmaniose cutanée provoque des ulcères profonds et défigurants qui entraînent un rejet social, une détresse psychologique et une incapacité à travailler, surtout chez les femmes et les

enfants (**Sharma et Singh, 2020**). La leishmaniose viscérale affecte les organes internes, provoque une anémie sévère, une splénomégalie, et peut être confondue avec d'autres infections, ce qui retarde le traitement et augmente les complications (**Courtenay et al., 2017**).

I.8.4.3. Mortalité

La mortalité est particulièrement élevée dans les cas de leishmaniose viscérale non traitée, pouvant dépasser 90 %. Même sous traitement, le taux de létalité reste important chez les jeunes enfants, les personnes âgées ou immunodéprimées, notamment les patients atteints du VIH/SIDA (**Amorim et al., 2023**). En Afrique de l'Est et en Inde, les campagnes de santé publique peinent encore à maîtriser la propagation de cette maladie malgré les traitements disponibles.

I.8.4.4. Infections animales fréquentes

Chez les animaux, les phlébotomes transmettent principalement la leishmaniose canine. Les chiens infectés développent des symptômes chroniques (perte de poils, amaigrissement, lésions cutanées) qui nuisent à leur qualité de vie. De plus, ils agissent comme des réservoirs de parasites, contribuant à la persistance et à l'expansion de l'infection dans les populations humaines (**Courtenay et al., 2017**).

I.8.5. Impact économique

I.8.5.1. Baisse de productivité animale

La leishmaniose et d'autres maladies à vecteurs affectent les performances zootechniques des animaux d'élevage : baisse de poids, diminution de la production de lait et de la fertilité. Cela compromet la rentabilité des exploitations rurales, surtout dans les régions dépendantes de l'agriculture familiale (**Amorim et al., 2023**).

I.8.5.2. Coûts vétérinaires et médicaux élevés

La prise en charge des animaux de compagnie (notamment les chiens) infectés par la leishmaniose est longue et coûteuse. En parallèle, les coûts médicaux pour les humains (consultations, traitements, hospitalisations) représentent un lourd fardeau pour les familles pauvres. Cela freine l'accès aux soins et contribue à la pauvreté (**Sharma et Singh, 2020**).

I.8.5.3. Perturbation du commerce et de l'agriculture

Les épidémies de maladies vectorielles entraînent souvent des interdictions de commerce d'animaux vivants, de viande ou de produits laitiers. Cela perturbe les marchés locaux et internationaux, provoque des pertes financières, et peut décourager l'investissement dans les zones rurales (Courtenay et al., 2017).

I.9. La lutte contre les phlébotomes

La lutte efficace contre les phlébotomes repose sur une combinaison d'insecticides, de barrières physiques comme les moustiquaires, d'améliorations environnementales et parfois de mesures ciblées sur les animaux réservoirs. Une approche intégrée est la plus prometteuse pour un contrôle durable.

I.9.1. Pulvérisation d'insecticides résiduels dans les habitations

L'application d'insecticides à l'intérieur et autour des habitations est l'une des stratégies les plus couramment utilisées. Elle a montré une efficacité significative pour réduire les populations de phlébotomes dans plusieurs études (Abbate et al., 2022).

I.9.2. Utilisation de moustiquaires imprégnées d'insecticides

Les moustiquaires traitées réduisent considérablement le contact entre les humains et les phlébotomes, ce qui diminue le risque de transmission de la leishmaniose (Gidwani et al., 2011).

I.9.3. Contrôle environnemental (gestion des habitats)

L'élimination ou la réduction des gîtes larvaires (tas de fumier, fissures, végétation dense) et l'assainissement autour des maisons peuvent réduire la reproduction des phlébotomes (Chowdhury et al., 2016).

I.9.4. Colliers insecticides pour les chiens (réservoirs de *L. infantum*)

Les colliers à la deltaméthrine sur les chiens ont démontré une bonne efficacité pour limiter la transmission de la leishmaniose zoonotique en tuant les phlébotomes vecteurs (Killick-Kendrick et al., 1997).

I.9.5. Utilisation de répulsifs et produits topiques

Les répulsifs cutanés à base de DEET ou d'autres substances naturelles sont efficaces pour repousser temporairement les phlébotomes, mais nécessitent des applications régulières (Mascari et al., 2013).

I.9.6. Approches intégrées

L'association de plusieurs méthodes (insecticides, moustiquaires, gestion de l'environnement) dans une approche intégrée est recommandée pour maximiser l'efficacité à long terme (Abbate et al., 2022).

Chapitre II

Matériels et méthodes

II.1. Présentation de la région d'étude

II.1.1. Cadre géographique

Notre étude a été menée dans la wilaya de Mila et Jijel.

II.1.1.1. La wilaya de Mila

Située dans le nord-est de l'Algérie. Elle se trouve entre les latitudes 36°37'30" et 35°52'15" Nord, et les longitudes 5°44'13" et 6°32'55" Est. La wilaya a été instituée lors du découpage administratif national de 1984, avec la ville de Mila comme chef-lieu (wilaya n°43) (Athmania et al., 2011). Elle s'étend sur une superficie de 3 470,60 km², à une altitude moyenne de 464 mètres, et à environ 73 km de la mer Méditerranée. Sur le plan géographique, elle est délimitée par les wilayas de Jijel (au nord), Skikda (nord-est), Constantine (est), Oum El Bouaghi (sud-est), Batna (sud) et Sétif (ouest). Cette situation confère à Mila une grande variété géomorphologique, ce qui influence à la fois son climat et l'occupation du sol (Ahmed et al., 2025).

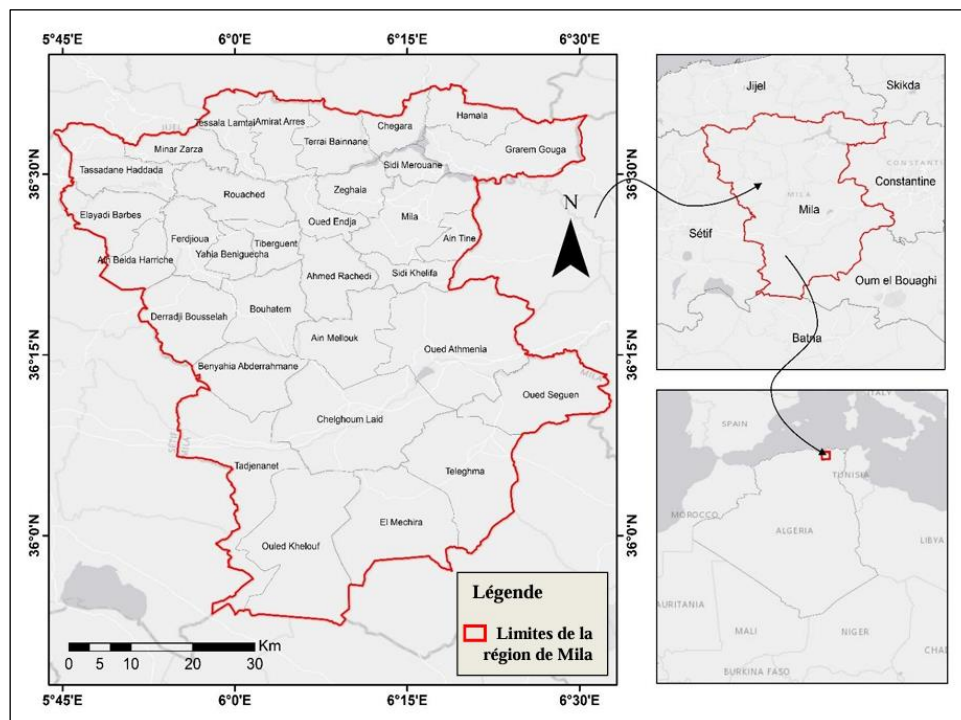


Figure.13 : Situation géographique de la wilaya de Mila (Kadjoudj, 2022).

II.1.1.2. La wilaya de Jijel

Située dans le nord-est de l'Algérie. Elle s'étend approximativement entre 36°20' et 36°55' de latitude nord et 5°30' et 6°15' de longitude est. Cette wilaya a été instituée en tant qu'entité

administrative lors du découpage territorial de 1984, avec la ville de Jijel comme chef-lieu de la wilaya n°18. Elle couvre une superficie de 2 577 km² et bénéficie d'une façade maritime de plus de 120 km donnant sur la mer Méditerranée. Jijel est positionnée à environ 150 mètres d'altitude, dans une région montagneuse caractérisée par une forte déclivité du terrain et un climat méditerranéen humide.

Sur le plan géographique, la wilaya est bordée au nord par la mer Méditerranée, à l'est par la wilaya de Skikda, au sud-est par Constantine, au sud par Mila, et à l'ouest par la wilaya de Béjaïa. Ce cadre géographique confère à Jijel une grande diversité écologique, mais expose aussi la région à des risques naturels tels que les glissements de terrain et l'érosion côtière (Abdelhafid, 2024) ; (Nehaï et Guettouche, 2020).

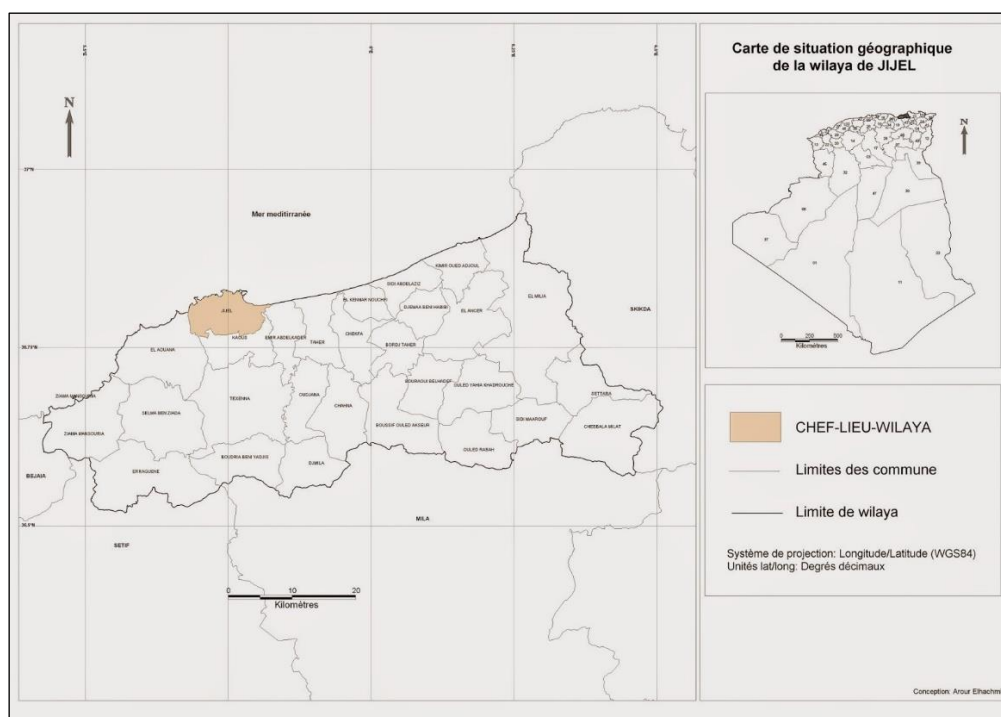


Figure.14 : Situation géographique de la wilaya de Jijel (Découpage Administratif Algérie, 2014).

II.1.2. Cadre administratif

II.1.2.1. La Wilaya de Mila

La wilaya de Mila compte 13 daïras regroupant 32 communes.

Tableau 03 : Le découpage administratif de la région de Mila (Kadjoudj, 2022).

Daïras	Communes
Mila	Mila- Ain Tine- Sidi Kkhlifa

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

II.1.2.2. La Wilaya de Jijel

La wilaya de Jijel est administrativement divisée en 28 communes, rattachées à 11 daïras.

Tableau 04 : Le découpage administratif de la région de Jijel (Chambre de Commerce et d'Industrie de Jijel, n.d.).

Daïras	Communes
Jijel	Jijel
Texenna	Texenna –Kaous
Taher	Taher –Emir Abdelkader –Chahna –Ouled Askeur –Oudjana
El-Milia	El-Milia –Ouled Yahia
El-Aouana	El-Aouana –Selma Benziada
El-Ancer	El-Ancer –Bouraoui Belhadeb - Kheiri oued Adjoul – Djemaa Béni H'bib
Chekfa	Chekfa –Sidi Abdelaziz –El-Kennar –Bordj T'har
Ziama mansouriah	Ziama mansouriah –Erraguene
Sidi Maarouf	Sidi Maarouf –Ouled Rabah
Djimla	Djimla –Boudria Béni yadjis
Sattara	Settara –Ghebala

II.1.3. Cadre climatique

II.1.3.1. La Wilaya de Mila

Est l'une des wilayas algériennes les plus productives. Elle bénéficie d'un climat méditerranéen, caractérisé par des étés très chauds et secs, et des hivers frais et relativement humides, ce qui lui confère un climat dit xérothermique (**Bouaroudj et al., 2019**). Ce régime climatique présente deux saisons bien distinctes : une saison humide et pluvieuse s'étendant de novembre à avril, suivie d'une saison chaude et sèche allant de mai à octobre (**Zouaidia, 2006**).

Sur le plan climatique, la région de Mila se distingue par la présence de trois microclimats : un climat subhumide prédominant dans la majeure partie du territoire, un climat semi-aride localisé dans les zones méridionales, et un climat humide observé en altitude (**Bouaroudj et al., 2019**). Cette diversité climatique s'aligne avec la configuration des trois grands ensembles morphologiques de la wilaya : un climat humide associé aux reliefs montagneux du Nord et du centre, s'étendant de Bouhatem à Aïn Tine ; un climat allant de semi-aride à subhumide dans la zone médiane ; et enfin, un climat semi-aride caractéristique des « hautes plaines » du Sud (**ANDI, 2013**).

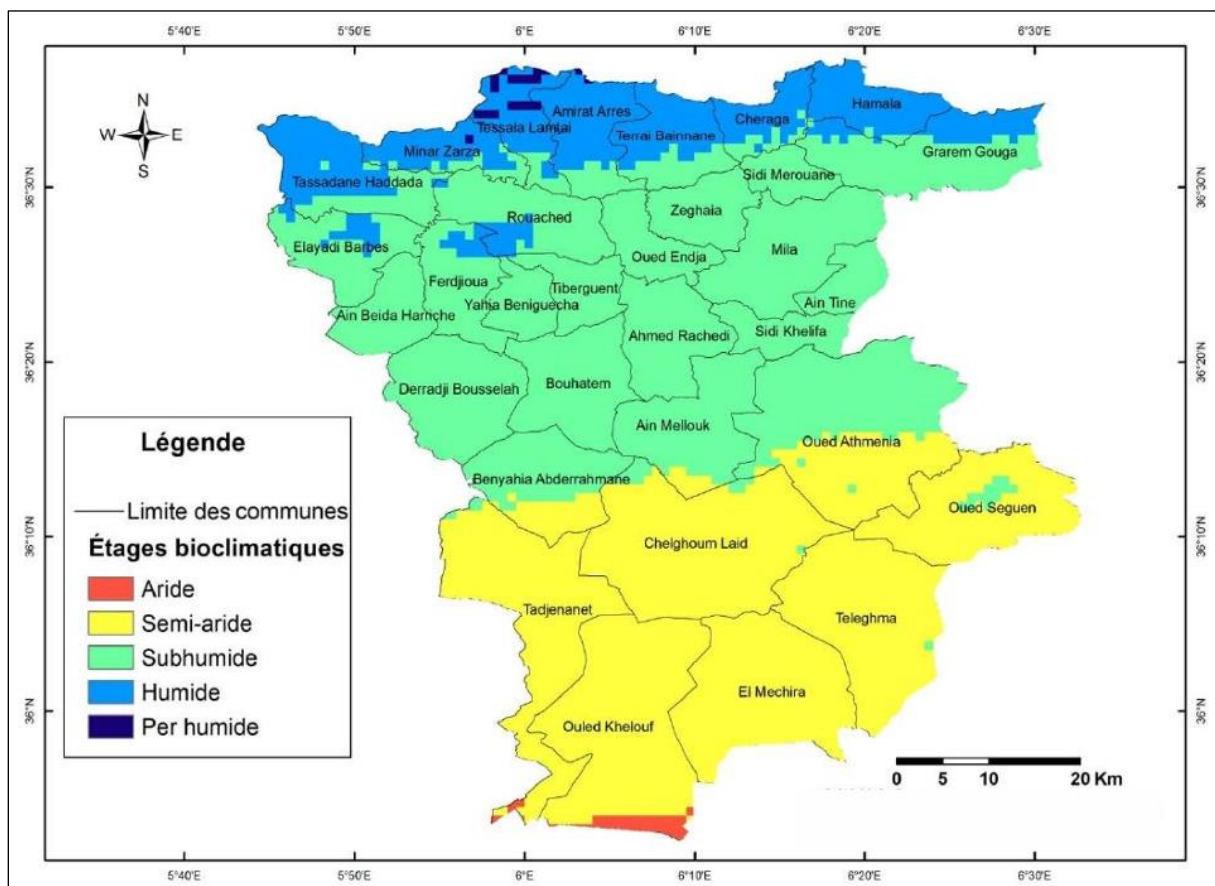


Figure.15 : Etages bioclimatiques de la wilaya de Mila (Laala et al., 2019).

II.1.3.1.1. 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 (**Soukehal, 2009**).

Les données climatiques de 2024 dans la wilaya de Mila indiquent un climat méditerranéen à tendance continentale, avec des étés chauds et secs (jusqu'à 38°C en août) et des hivers doux à frais (7°C en décembre). Les températures augmentent progressivement au printemps et diminuent en automne, marquant une nette variation saisonnière.

Cette dynamique thermique influence directement l'activité des insectes vecteurs comme les phlébotomes, dont la prolifération est favorisée par des températures modérées, généralement observées au printemps et au début de l'automne (20–27°C), périodes considérées comme optimales pour leur développement.

Tableau 5 : Températures mensuelles moyennes, maxima et minima de la wilaya de Mila durant la période d'étude (jan-Dec 2024).

Les paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Moy,Temp,Ordi(c°)	12	12	14	15	21	27	30	30	24	22	18	10
Moy,Temp,Max(c°)	16	16	20	21	27	35	38	36	29	27	22	13
Moy,Temp,Mini(c°)	8	8	9	9	15	20	23	23	19	18	13	7

II.1.3.1.2. Précipitation

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 (**Soukehal, 2010**).

Les données de l'année 2024 (tableau 07) montrent que la wilaya de Mila connaît un régime pluviométrique faible et irrégulier, avec un total annuel de 228 mm, ce qui reflète un climat semi-aride. Le mois le plus pluvieux est février (52 mm), tandis que les mois d'été (juin à août) enregistrent des précipitations quasi nulles, soulignant une saison estivale très sèche.

Les précipitations sont également faibles au printemps et en automne, avec des valeurs modestes en mars (14 mm) et octobre (21 mm). Ce déficit hydrique prolongé impacte négativement les ressources naturelles et favorise les conditions propices à la prolifération d'insectes vecteurs comme les phlébotomes, notamment en été et à l'automne.

Tableau 6 : Pluviométries mensuelles de la wilaya de Mila durant la période d'étude (jan- Dec 2024).

Les paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Pluviométries (mm)	22	52	14	12	8	5	0	3	10	21	27	24

II.1.3.1.3. L'humidité relative

Dans la wilaya de Mila, l'humidité relative est modérée à faible, surtout en été en raison des températures élevées. Elle augmente légèrement en hiver et au printemps, reflétant un climat semi-aride à méditerranéen continental (Kecies et al., 2022).

En 2024, l'humidité relative dans la wilaya de Mila est élevée en hiver et au printemps (jusqu'à 78 %) et basse en été, atteignant un minimum de 27 % en septembre. Cette variation reflète un climat semi-aride à tendance continentale, avec un impact notable sur les conditions écologiques.

Tableau 7 : Pourcentages de l'humidité relative de la wilaya de Mila durant la période (Jan- Dec 2024).

Les paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Humidité (%)	71	77	75	77	71	61	49	53	27	69	72	78

II.1.3.1.4. Le vent

Dans la wilaya de Mila, les vents sont généralement modérés à faibles, avec des vitesses moyennes de 2 à 3,5 m/s, et une légère intensification au printemps, influençant l'évaporation et l'humidité du sol (Merzouk, 2000).

Les données de l'année 2024 indiquent que la vitesse du vent dans la wilaya de Mila varie entre 11 et 20 km/h, avec des valeurs maximales enregistrées au printemps et en été, notamment 20

km/h en juin et juillet, ce qui favorise l'évaporation et influence l'humidité du sol. En revanche, les vitesses diminuent en automne et en hiver, atteignant un minimum de 11 km/h en novembre. Cette répartition reflète un régime éolien modéré, en cohérence avec la position intérieure et le relief semi-montagneux de la région.

Tableau 8 : Valeurs mensuelles de la vitesse du vent de la wilaya de Mila durant la période (jan-Dec 2024).

Les paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Vent(kl/h)	12	19	19	15	17	20	20	19	15	13	11	14

II.1.3.2. La Wilaya de Jijel

II.1.3.2.1. Température

La wilaya de Jijel bénéficie d'un climat méditerranéen humide, avec des hivers doux et pluvieux, des étés chauds et secs, et une forte humidité atmosphérique due à sa proximité avec la mer Méditerranée. Durant l'automne, l'hiver et le printemps, la température reste modérée et supportable, créant des conditions relativement confortables pour l'activité humaine et biologique. En revanche, pendant l'été, et surtout dans l'intérieur de la wilaya, la température augmente sensiblement, avec des pics pouvant dépasser 37 à 40 °C, ce qui engendre des situations de stress thermique élevé (**Abed et Matzarakis, 2017**). Cette hausse estivale des températures, bien que moins extrême que dans les zones continentales, peut influencer la santé humaine et l'équilibre écologique, notamment en période de canicule.

Les données climatiques de 2024 montrent que la wilaya de Jijel bénéficie d'un climat méditerranéen humide avec une variation saisonnière marquée. Les températures hivernales sont modérées (14–15°C), tandis que le printemps présente une hausse progressive, atteignant 20°C en mai. En été, les températures moyennes varient entre 25°C et 29°C, avec des pics de chaleur allant jusqu'à 32°C, surtout en juillet et août, indiquant un été chaud mais modéré par l'influence maritime.

L'automne est une période de transition, avec des températures qui diminuent progressivement, maintenant un climat encore doux jusqu'en novembre. Cette répartition thermique rend les périodes de printemps et d'automne favorables à l'activité des phlébotomes, car les températures oscillent alors entre 20°C et 28°C, ce qui constitue une plage optimale pour leur développement.

Tableau 9 : Températures mensuelles moyennes, maxima et minima de la wilaya de Jijel durant la période d'étude (jan-Dec 2024).

Les paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Moy,Temp,Ordi(c°)	15	14	16	17	20	25	28	29	25	23	20	14
Moy,Temp,Max(c°)	17	17	19	19	23	28	32	32	28	26	22	16
Moy,Temp,Mini(c°)	13	12	13	14	17	22	25	26	23	21	18	12

II.1.3.2.2. Précipitation

La wilaya de Jijel bénéficie d'un climat méditerranéen humide, avec des précipitations abondantes et principalement concentrées entre novembre et mars. La répartition pluviométrique est irrégulière, marquée par une forte variabilité mensuelle et une tendance à la réduction du nombre de jours de pluie au fil des années (Merniz et al., 2019).

La wilaya de Jijel a enregistré en 2024 un total annuel de précipitations de 566 mm, avec une répartition saisonnière irrégulière. Les pluies se sont concentrées en hiver (228 mm), notamment en janvier, tandis que le printemps a reçu 130 mm. L'été a été marqué par une sécheresse quasi totale avec seulement 35 mm, alors que l'automne a enregistré 173 mm, surtout en octobre. Cette répartition reflète un climat méditerranéen humide, créant un environnement favorable à l'activité des insectes vecteurs de maladies, notamment au printemps et en automne.

Tableau 10 : Pluviométries mensuelles de la wilaya de Jijel durant la période d'étude (jan- Dec 2024).

Les paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Pluviométries (mm)	25	46	19	14	13	5	1	2	10	28	39	38

II.1.3.2.3. L'humidité relative

En revanche, la wilaya de Jijel présente une humidité relative élevée tout au long de l'année, notamment en hiver et au printemps, en raison de son emplacement côtier. Cela correspond à un climat méditerranéen humide (Boudjelal et al., 2023).

Les données de l'année 2024 montrent que l'humidité relative dans la wilaya de Jijel est globalement élevée tout au long de l'année, reflétant l'influence de sa position côtière. Les

valeurs varient entre 68 % et 76 % en hiver et au printemps, avec un minimum de 59 % en juillet. Les taux les plus élevés sont enregistrés en février (76 %) et en avril (75 %), tandis que l'automne reste stable autour de 70 %. Ce profil indique un climat méditerranéen humide, où l'humidité joue un rôle clé dans l'équilibre écologique et la dynamique de certaines espèces.

Tableau 11 : Pourcentages de l'humidité relative de la wilaya de Jijel durant la période (Jan-Dec 2024).

Les paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Humidité (%)	68	76	71	75	71	69	59	61	73	70	70	72

II.1.3.2.4. Le vent

En revanche, la wilaya de Jijel, en raison de sa position côtière, est exposée à des vents marins plus actifs, atteignant 3 à 5 m/s, surtout en hiver et au printemps, avec un impact notable sur l'humidité, le climat local et les dynamiques écologiques (Boudjelal et al., 2023).

La vitesse du vent dans la wilaya de Jijel en 2024 a varié entre 13 et 20 km/h, avec un maximum en juillet (20 km/h) et un minimum en octobre et novembre (13 km/h), reflétant un régime éolien modéré à actif, influencé par la nature côtière de la région.

Tableau 12 : Valeurs mensuelles de la vitesse du vent de la wilaya de Jijel durant la période (jan-Dec 2024).

Les paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Vent(kl/h)	17	19	19	16	14	17	20	17	16	13	13	17

II.1.3.3. Analyse climatique

Il existe plusieurs indices et diagrammes climatiques permettant de caractériser le régime climatique d'une région donnée. Dans le cadre de notre étude, ces outils sont utilisés afin de mettre en évidence les modifications observées dans le climat de la région de Mila. Nous avons retenu les méthodes suivantes :

- Le diagramme pluviothermique, qui permet de visualiser l'évolution mensuelle des précipitations et des températures, et ainsi de distinguer les saisons climatiques.
- Le diagramme ombrothermique de L. Emberger, utilisé pour déterminer le type bioclimatique d'une région (aride, semi-aride, subhumide, etc.) à partir des données de précipitations et de températures.

II.1.3.3.1. 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).

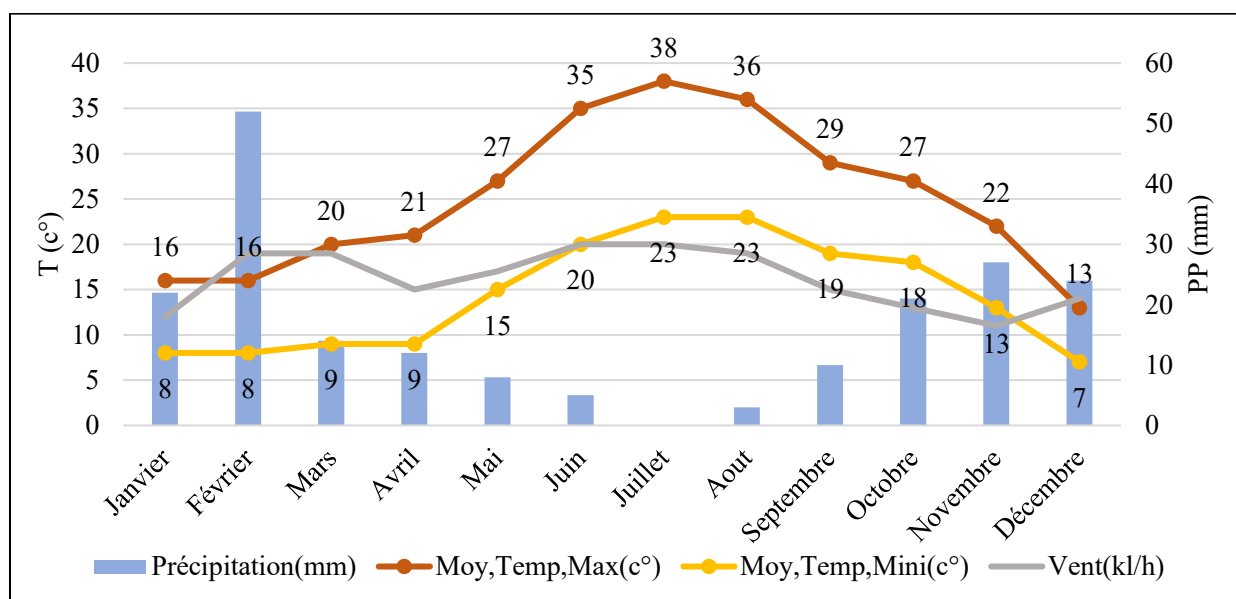


Figure 16 : Diagramme de précipitations sur un an dans la région de Mila (Jan-Déc 2024)

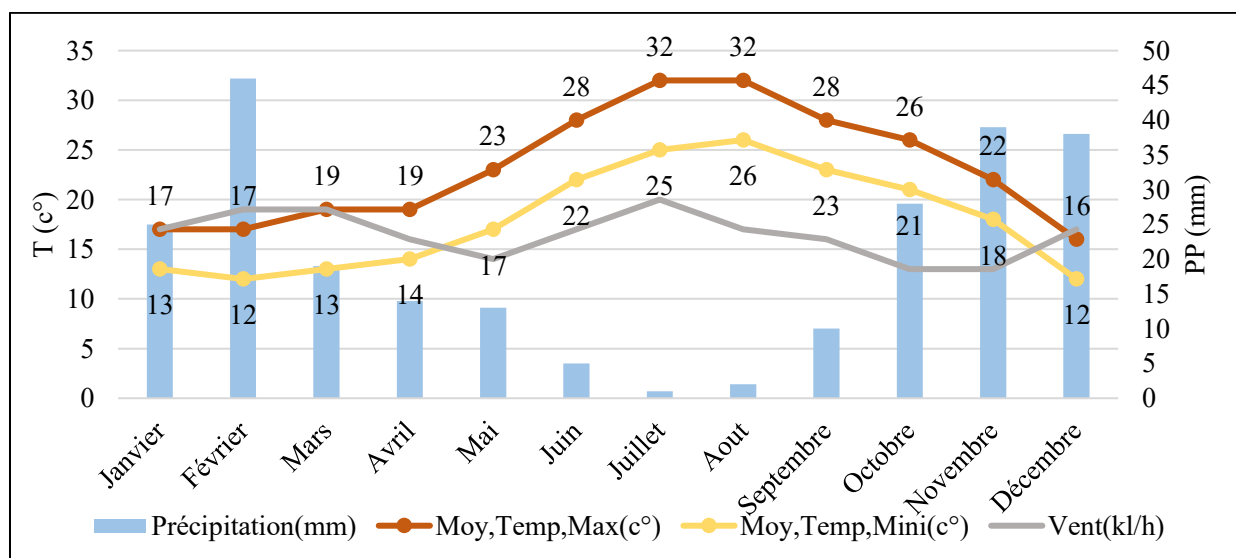


Figure 17 : Diagramme de précipitations sur un an dans la région de Jijel (Jan-Déc 2024)

II.1.3.3.2. 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 :

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

Q^2 : quotient pluviométrique **d'Emberger**.

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

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

m : est la moyenne des températures minima du mois le plus froid exprimées en °C. (Nadia, 2022)

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

Tableau 13 : Les valeurs des moyennes des T° max, T° m (°C), P (mm) et Q2 (période 2014-2024) dans la région de Mila.

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

Tableau 14 : Les valeurs des moyennes des T° max, T° m (°C), P (mm) et Q2 (période 2014-2024) dans la région de Jijel.

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

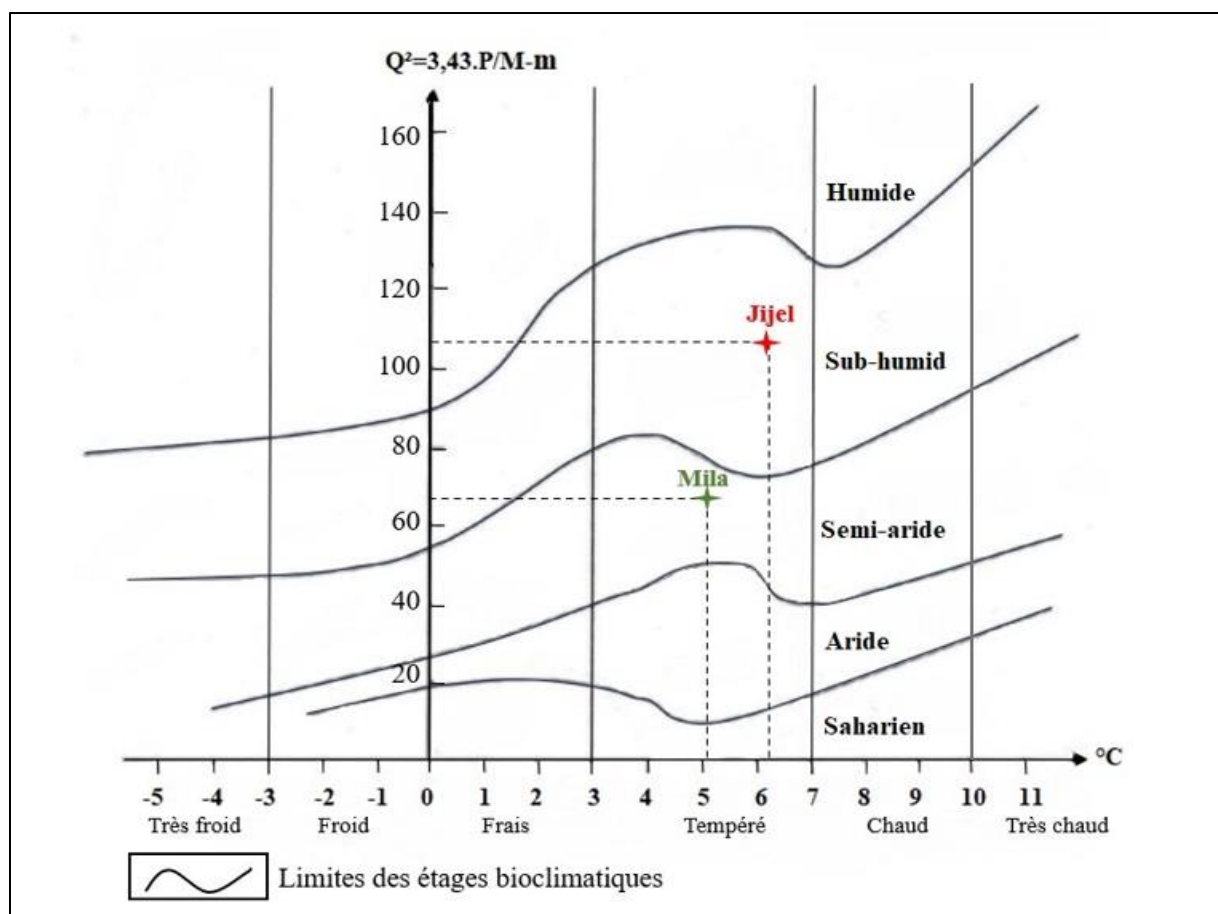


Figure 28 : Position de la région de Mila et de Jijel dans le Climagramme d'Emberger (2014-2024).

II.1.4. Cadre géologique

II.1.4.1. Reliefs

II.1.4.1.1. La Wilaya de Mila

La wilaya de Mila présente un relief varié en trois zones : au nord, de hautes montagnes aux pentes abruptes et fortes précipitations ; au centre, à l'est et à l'ouest, des piémonts et collines avec des plaines intra montagneuses à environ 400 m d'altitude ; au sud, des pentes douces et des massifs isolés entre 800 et 900 m (**Seddiki et al., 2013**) (**ANDI, 2013**).

II.1.4.1.2. La Wilaya de Jijel

La wilaya de Jijel se caractérise par un relief montagneux marqué par les massifs de l'Atlas Tellien, avec des sommets élevés et des pentes abruptes au nord. Le centre et le sud présentent des collines et des plaines côtières, souvent encaissées, avec des altitudes moyennes variant entre 200 et 600 mètres. La région est également connue pour ses vallées profondes et ses zones humides, favorisées par un climat méditerranéen humide (**Benyahia et Bensalah, 2017**) (**ONM, 2015**).

II.1.4.2. Pédologie

II.1.4.2.1. La Wilaya de Mila

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**).

II.1.4.2.2. La Wilaya de Jijel

Le bassin de Jijel appartient au domaine externe de la chaîne tellienne, caractérisé par des formations sédimentaires d'âge Mio-Plio-Quaternaire, comprenant principalement des sols à dominance argileuse, des dépôts marno-calcaires, ainsi que des alluvions récentes en fond de vallée (**Benyahia, 2016**).

II.1.4.3. Cadre végétatif

II.1.4.3.1. La Wilaya de Mila

Le couvert végétal de la wilaya de Mila, bien que réduit (environ 8 860 ha), joue un rôle écologique essentiel, notamment en zone montagneuse où l'érosion est accentuée par le relief et les pluies torrentielles (**ANDI, 2013**). La région, appartenant à la nappe végétale de l'Est

algérien, est dominée par une forêt méditerranéenne claire, avec une prédominance de chêne liège et de chêne vert (**Abid, 2014**). Toutefois, cette végétation est marquée par la sécheresse et une forte dégradation. Les espèces xérophiles occupent les hauteurs nord, et les incendies fréquents, notamment à Arras et Tassala, aggravent l'état du couvert forestier (**Soukehal, 2009**).

II.1.4.3.2. La Wilaya de Jijel

La wilaya de Jijel possède un important couvert forestier méditerranéen dominé par le chêne-liège et le chêne vert. Ce couvert joue un rôle écologique majeur, notamment en zones montagneuses sensibles à l'érosion (**ANDI, 2013**) (**Boukhatem, 2015**). Malgré une superficie forestière estimée à 140 000 ha, la région subit une forte dégradation due à la sécheresse estivale et aux incendies fréquents, particulièrement dans les zones d'El Milia et Erraguene (**Messaoudi, 2011**).

II.1.4.4. Cadre hydrologique

II.1.4.4.1. La Wilaya de Mila

La wilaya de Mila dispose d'un réseau hydrographique dense, dominé par le barrage de Béni Haroun, le plus grand d'Algérie et le deuxième d'Afrique, avec une capacité de plus de 960 millions de m³ (**Seddiki et al., 2013**). Ce barrage, situé sur l'oued El Kebir et alimenté par les oueds Rhumel et Endja, fournit de l'eau potable et d'irrigation à l'est algérien. Mila compte aussi les barrages d'Oued Athmania et de Seguene, contribuant à la gestion des ressources hydriques régionales (**Abid, 2014**) (**Seddiki, 2012**).

II.1.4.4.2. La Wilaya de Jijel

La wilaya de Jijel dispose d'un réseau hydrologique riche, constitué de plusieurs oueds comme El Kebir et El Marsa, ainsi que de barrages importants tels que Kissir et Boussiaba. Ces infrastructures permettent l'approvisionnement en eau potable et l'irrigation agricole (**Boukhatem, 2014**). Grâce à l'abondance des pluies, de nombreuses sources naturelles, notamment en zones montagneuses comme Texenna et El Milia, assurent l'alimentation continue des nappes phréatiques (**Khelifa et al., 2012**).

II.2. Choix de la région d'étude

Le choix des stations d'étude s'est basé sur plusieurs critères écologiques, épidémiologiques et logistiques afin d'assurer une représentativité optimale des habitats favorables aux phlébotomes dans les wilayas de Jijel et Mila.

- **Critère épidémiologique** : Les zones choisies sont connues pour enregistrer des cas sporadiques ou endémiques de leishmaniose cutanée, signalés par les services de santé publique, ce qui indique la présence probable de vecteurs actifs.
- **Diversité écologique** : Les stations ont été sélectionnées pour refléter une diversité d'écosystèmes : milieux forestiers humides (Jijel), zones agricoles, steppiques ou semi-arides (Mila), habitats humains et périurbains.
- **Accessibilité et sécurité** : La facilité d'accès aux sites et la possibilité de réaliser un suivi régulier ont également été prises en compte.
- **Disponibilité d'habitats propices** : La présence de gîtes potentiels pour les larves (sols humides, matière organique), ainsi que d'abris pour les adultes (étables, fissures murales, végétation dense), a guidé le choix des sites de pose des pièges.

II.2.1. Description des sites de captures

Les campagnes de capture des phlébotomes ont été réalisées durant la période propice à leur activité saisonnière, s'étendant du mois de mai jusqu'au mois d'octobre 2024. Cette période correspond généralement à la saison chaude et humide, favorable à la prolifération de ces insectes. Les captures ont été effectuées dans deux wilayas du nord-est algérien, à savoir Mila (sites de Ferdjioua, Terrai Bainen et Zeghayia) et Jijel (sites de Ouled Askeur et El-Ancer), régions présentant des conditions écologiques variées propices au développement des phlébotomes.

II.2.1.1. La wilaya de Mila

→ Ferdjioua

Ferdjioua est une commune située dans la wilaya de Mila, caractérisée par un climat méditerranéen semi-aride avec des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. Le paysage y est marqué par des zones agricoles, des espaces boisés et quelques habitats ruraux. La diversité végétale et la présence d'humidité relative favorisent le développement des phlébotomes, particulièrement dans les zones proches des maisons et des réserves naturelles. La présence de matières organiques en décomposition, comme les feuilles et les débris, constitue un environnement propice à la ponte et au développement larvaire des phlébotomes.

→ Terrai-Beinen

Terrai Beinen, localité située également dans la wilaya de Mila, est connue pour ses terrains variés allant des zones rocheuses aux zones cultivées. Le climat y est tempéré avec une humidité modérée, ce qui crée un microhabitat favorable aux phlébotomes. Ce site présente des crevasses, des cavités naturelles, ainsi que des abris sous rochers où les phlébotomes peuvent se cacher pendant la journée. Ces conditions écologiques spécifiques permettent une bonne conservation des populations de phlébotomes.

→ Zeghaya

Zeghaya est une autre commune de la wilaya de Mila, caractérisée par un habitat rural avec des maisons traditionnelles en pierre et des vergers. Le climat y est méditerranéen, avec des variations saisonnières qui influencent la dynamique des populations de phlébotomes. La proximité des animaux domestiques et la présence de matières organiques décomposées dans les environs favorisent la présence des phlébotomes qui se nourrissent du sang des mammifères. Les cavités et les fissures dans les murs ainsi que les tas de bois constituent des sites de refuge privilégiés.

II.2.1.2. La wilaya de Jijel**→ Ouled-Askeur**

Ouled Askeur, situé dans la wilaya de Jijel, bénéficie d'un climat méditerranéen humide avec une forte pluviométrie annuelle. La région est riche en forêts, particulièrement de chênes-lièges et de pins, offrant un habitat naturel diversifié. Le sol est souvent couvert de feuilles mortes et de débris végétaux, ce qui crée un environnement humide idéal pour le développement larvaire des phlébotomes. La présence de ruisseaux et de zones ombragées contribue à maintenir l'humidité nécessaire à la survie des différentes phases du cycle de vie des phlébotomes.

→ El-Ancer

El-Ancer, également dans la wilaya de Jijel, est une zone côtière avec un climat méditerranéen marqué par une humidité élevée et des températures modérées. Cette région présente un environnement mixte entre zones forestières, zones agricoles, et zones urbaines semi-rurales. Les phlébotomes y trouvent des conditions favorables dans les zones à végétation dense, les cavités naturelles et artificielles (par exemple sous les pierres ou dans les murs en ruine). La proximité des élevages et des animaux domestiques dans cette région facilite le maintien des populations de phlébotomes par la disponibilité régulière de sang.

Tableau 15 : Description des sites de piégeages de phlébotomes dans la wilaya de Mila et Jijel (mai - octobre 2024).

Sites de piégeage	Type de site	Coordonnées géographiques	Altitude (m)	Type de spécimens collectés	Localisation du piège	Animaux à proximité
Ferdjioua	Rurale	36°24'03" N 5°55'36" E	506	Phlébotomes	À l'intérieur de l'abri des animaux	Bovins, ovins
Terraï Bainen	Rurale	36°31'52" N 6°07'56" E	606	Phlébotomes	Près des murs de maisons rurales	Bovins
Zeghaya	Rurale	36°27'46" N 6°10'02" E	337	Phlébotomes	Sous les pierres, zones ombragées	Ovins
Ouled Askeur	Suburbaine	36°38'37" N 6°01'22" E	749	Phlébotomes	À l'orée des forêts, près des habitations	Bovins, ovins
El-Ancer	Suburbaine	36°47'55" N 6°09'44" E	95	Phlébotomes	Zones végétalisées, murs fissurés	Ovins

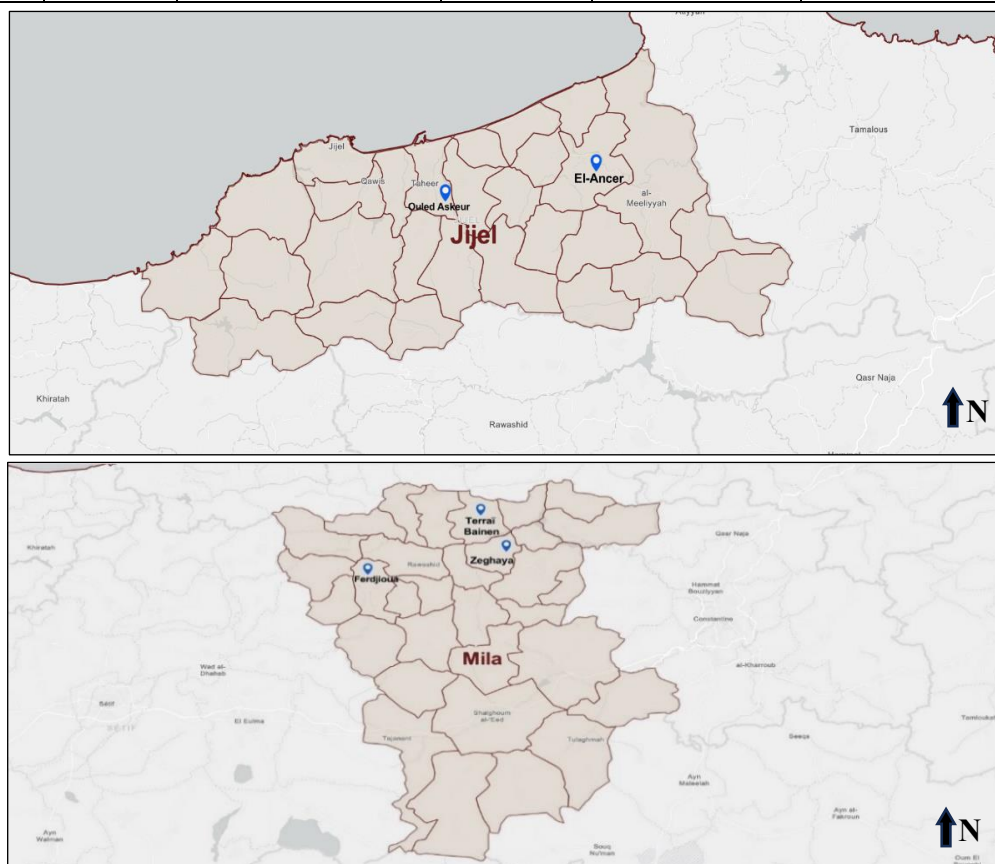


Figure 29 : Localisation géographique des sites d'étude dans la région de Mila et Jijel (carte préparée par l'ArcGIS 2025)



Figure 30 : Paysages de quelques sites d'échantillonnage (photos originales).

II.2.2. Type de piégeage utilisé

→ Technique de pièges lumineux

Cette technique convient pour capturer des espèces photophiles. Contrairement à d'autres insectes, la lumière vive attire rarement les phlébotomes et semble également échapper à une

certaine intensité de lumière. Certaines espèces, par contre, sont attirées par les lumières de faible intensité, compatibles avec leur comportement au crépuscule et la nuit, ainsi que par les UV (Bounamous, 2010). Nous avons utilisé des pièges lumineux CDC (Centre for Diseases Control) modifiés pour capturer les phlébotomes à l'état vivant. L'appareil est composé de deux parties :

- Une partie supérieure, constituée d'un cylindre en matière plastique avec un grillage métallique à larges mailles sur le dessus, entoure un moteur qui contrôle un petit ventilateur qui assure une aspiration continue des insectes et une unité d'éclairage (lumière blanche). Le tout est alimenté par l'électricité.

- Une partie inférieure, constituée d'un pot en plastique fixé à un tissu de type moustiquaire à mailles extrêmement serrées dont sa partie supérieure s'ajuste à la partie supérieure du piège grâce à un élastique.

Les pièges sont installés à une hauteur d'environ 1.5 m du sol et restent opérationnels toute la nuit puis récupérés tôt le matin. Après la récupération, la partie inférieure du piège est fermée pour éviter la fuite des insectes et placée au réfrigérateur pour immobiliser les phlébotomes. Après l'avoir sorti du réfrigérateur, le pot est ouvert et est déchargé sur du papier blanc, puis les phlébotomes sont collectés à l'aide d'un pinceau imbibé dans l'alcool et conservés directement dans des tubes contenant de l'alcool 70%.

Le choix de l'alcool à 70 % n'est pas arbitraire. En effet, ce degré de concentration est idéal pour conserver les caractéristiques morphologiques des insectes sans provoquer un dessèchement excessif, ce qui facilite leur examen et leur étude ultérieure. De plus, il possède un pouvoir antiseptique suffisant pour empêcher la prolifération de micro-organismes tels que les bactéries et les champignons, susceptibles d'altérer les échantillons, tout en maintenant la souplesse des tissus. À l'inverse, un alcool de concentration plus élevée risquerait de rendre les insectes cassants et fragiles. Ainsi, cette méthode est considérée comme l'une des meilleures pour préserver les échantillons en vue d'analyses taxonomiques ou moléculaires futures.



Figure 31 : Piège lumineux de type CDC (photos originales)

II.2.3. Traitement des échantillons au laboratoire

II.2.3.1. Technique de tri et de conservation des phlébotomes

- Cette étape permet la séparation des phlébotomes des autres insectes en se basant sur les caractères morphologiques généraux.
- Les phlébotomes triés sont scindés par sexe grâce à leur génitalia (développée chez les mâles et simple chez les femelles. L'opération se fait sous la loupe binoculaire.
- Les phlébotomes sont ensuite conservés dans des tubes contenant l'éthanol 70%.

Les phlébotomes adultes triés sont éclaircis et montés entre lame et lamelle en passant par les étapes développées dans les points qui suivent.

II.2.3.2. Eclaircissement

-Les phlébotomes sont retirés de l'alcool et versés dans des boîtes de pétris contenant un mélange d'alcool-éther pendant 3 minutes (cette étape s'applique uniquement aux captures des pièges adhésifs). Après ils sont éclaircis pendant trois heures dans une solution de potasse à 10%. Ensuite les phlébotomes sont lavés en subissant six bains successifs de 15 minutes chacun dans l'eau distillée. Après les avoir rincés, les phlébotomes sont passés au liquide de Marc-André (30 ml d'eau distillée, 30 ml d'Acide acétique cristallisable, et 40g d'Hydrate de Chloral

(Abonnenc, 1972) pendant une heure. Il n'y a pas d'inconvénient à la conservation prolongée des échantillons dans le liquide de Marc-André.

II.2.3.3. Montage rapide dans la gomme au chloral

L'étape qui suit l'éclaircissement, est le montage rapide des spécimens. Les phlébotomes sont montés entre lame et lamelle dans une goutte de gomme au chloral (eau distillée 10 ml, acide acétique cristallisable 3 ml, hydrate de chloral 74 g, gomme arabique pulvérisée 8 g, et sirop de glucose à 98% 5 g (Madulo et Leblond, 1983) qui favorise la visualisation des spermathèques qui apparaissent très réfringentes et permet une bonne observation microscopique en contraste de phases. Toutefois, ce milieu (la gomme au chloral) présente l'inconvénient de se rétracter après un certain temps ce qui conduit à la suppression des structures internes et toute la préparation devient inobservable avec le temps. Ainsi, pour une conservation à long terme, ce type de montage n'est pas recommandé.

La technique de montage est comme suite : La dissection des phlébotomes a été faite sous la loupe binoculaire à l'aide de fines aiguilles. Alors, les adultes de phlébotomes sont placés en position latérale dans le milieu de montage sur une lame. Pour faciliter l'observation des structures cibariales et pharyngiennes, la tête est séparée du reste du corps et orientée ventrale en position supérieure pour le genre *Sergentomyia* ou en position inférieure pour le genre *Phlebotomus*. Les ailes sont étendues avec précaution sur la face dorsale.

Concernant le génitalia, l'armature génitale des mâles est déposée suivant son orientation chez l'insecte afin d'illustrer les différents éléments nécessaires à l'identification (l'édéage, la touffe de soie, le coxite, le style ...).

En ce qui concerne le génitalia femelle, la dissection de celle-ci est nécessaire (fig. 32 A) afin d'isoler la furca avec les spermathèques (critères d'identification). On découpe alors l'abdomen au niveau de l'avant dernier segment. On fixe un côté des téguments qui entourent l'abdomen par une aiguille et on retraits l'autre côté par une autre aiguille.

Les phlébotomes disséqués sont montés entre lame et lamelle dans une goutte de gomme au chloral, une légère pression est exercée sur la préparation recouverte d'une lamelle dans le but d'aplatir les tissus, pour acquérir une meilleure observation microscopique.

Les lames sont ensuite marquées d'une étiquette portant le code de la station et sur laquelle nous écrirons le nom de l'espèce après l'identification.

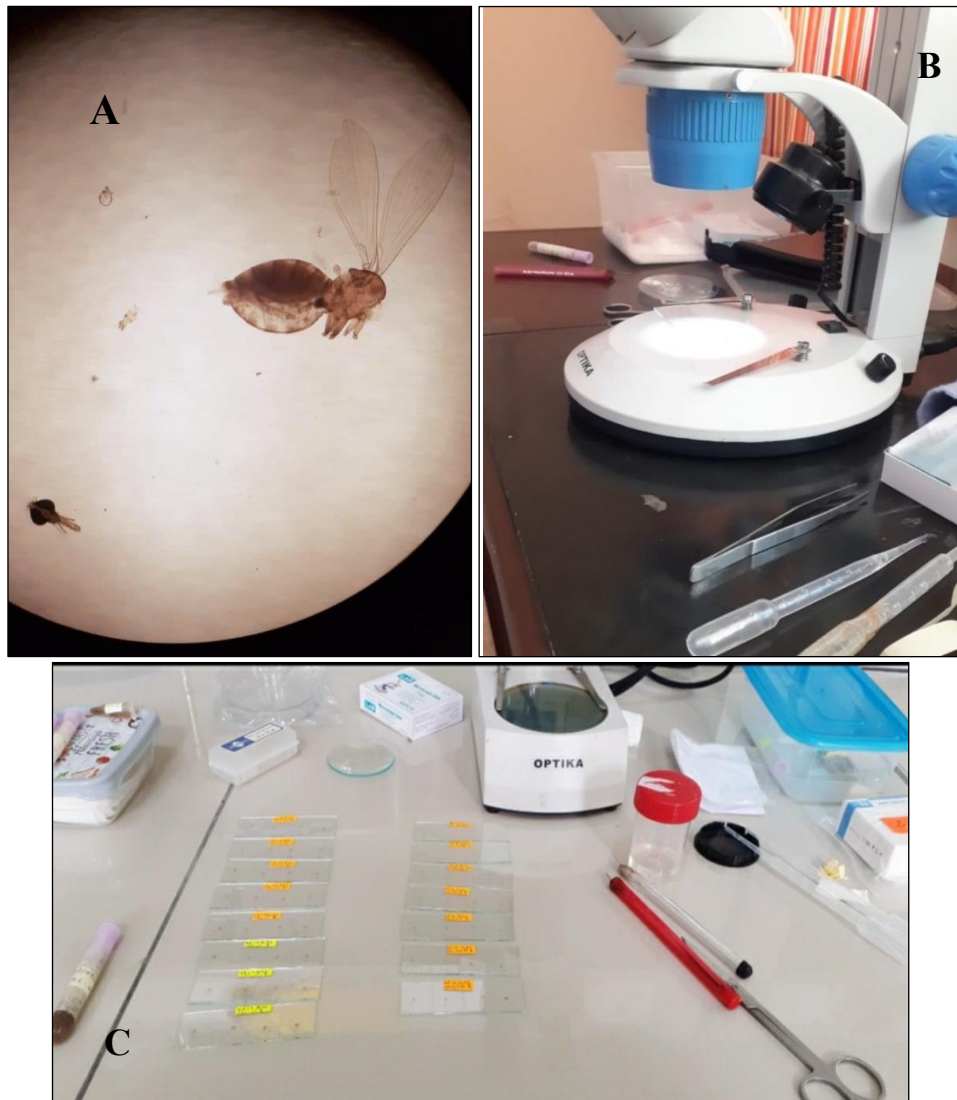


Figure 32 : La technique de montage, A : dissection d'un phlébotome femelle, B : dissection sous la loupe binoculaire, C : lames étiquetées après l'identification (photos originales).

II.2.3.4. Identification des spécimens

Après le montage, les lames sont laissées à sécher pendant quelques jours. Par la suite, les spécimens ont été observés et identifiés avec un microscope optique Optika Via Rigla, 30. Chaque spécimen est identifié suivant les clés d'identification des phlébotomes d'Algérie selon (Dedet et al. 1984). L'identification se base sur la morphologie de l'appareil génital pour les phlébotomes males, et l'anatomie des spermathèques, la morphologie du cibarium et du pharynx pour les phlébotomes femelles. Le traitement des échantillons a été effectué au laboratoire des sciences naturelles et des matériaux Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf – Mila.

II.2.3.5. Etude morphométrique

Après l'identification, les spécimens sont soumis à une analyse morphométrique au niveau du laboratoire des sciences naturelles et des matériaux Centre Universitaire A. Boussouf - Mila. Les mensurations ont été effectuées à l'aide d'un logiciel PROVIEW préalablement calibré par un millimètre grâce à une caméra vidéo montée sur le microscope (fig. 33). Les mesures morphométriques ont été réalisées sur les phlébotomes et les organes mesurés sont :

La tête : les mesures ont été faites pour les deux sexes, sur : les antennes (longueur d'A 3, longueur d'A 4 et d'A 5), les palpes (longueur de P1, P2, P3, P4, et P5), la distance interoculaire (DIO), le pharynx, le cibarium, le clypeus, et l'épipharynx (E) (fig. 34).

Les ailes : la longueur (L), la largeur (l), α , β , δ , γ et π (fig. 35).

Le génitalia : chez le male plusieurs appendices ont été mesurés : la longueur du coxite, la longueur du style, la longueur du paramère, la longueur de surstyle, la longueur de la valve pénienne, la longueur du piston, la longueur de la pompe génitale, la longueur des filaments génitaux, la longueur du lobe basale du coxite, la longueur du pavillon génitale (fig. 36).

Chez la femelle les mesures concernant le génitalia sont celles du corps des spermathèques et la longueur du conduit.

Concernant les organes au nombre pair seul le côté gauche a été traité. En effet, pour éviter le risque de phénomènes d'asymétrie entre les organes pairs, un seul des deux côtés droit ou gauche est utilisé (Rohfl et Slice, 1990).



Figure 33 : Photos représentant le logiciel utilisé pour l'étude morphométrique (photos originales).

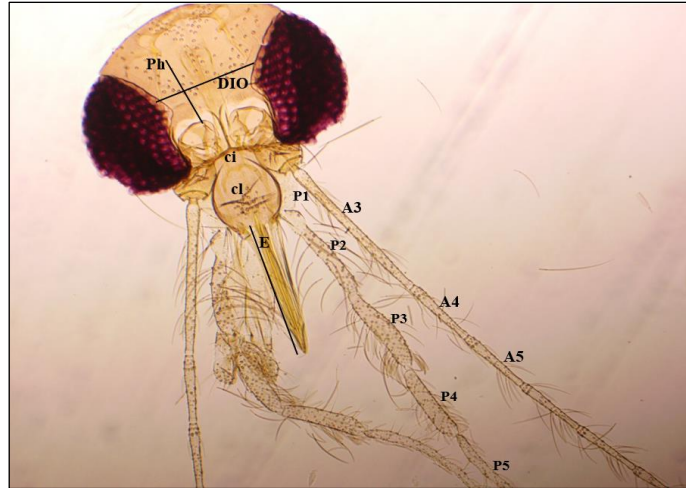


Figure 34 : Tête d'un phlébotome, les différents caractères mesurés ; Ph : pharynx, DIO : distance interoculaire, ci : cibarium, cl : clypeus, E : epipharynx, P1-P5 : palpes 1-5 (photo originale).

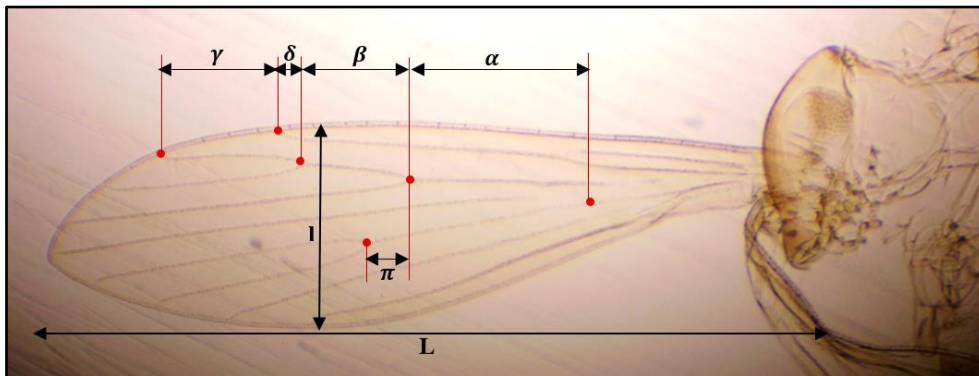


Figure 35 : Aile d'un phlébotome, les différents caractères mesurés. L : longueur de l'aile, l : largeur de l'aile (photo originale).

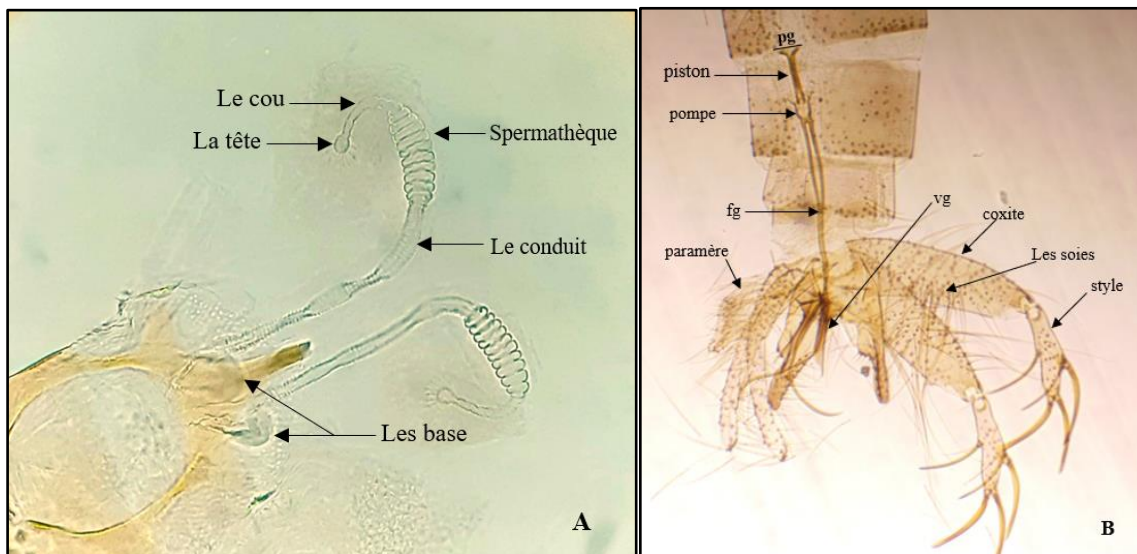


Figure 36 : Génitalia d'un phlébotome (A : femelle, B : male), les différents caractères mesurés. pg : pavillon génitale, fg : filaments génitaux, vp : valve pénienne (photos originals).

II.4. Traitement des données

II.4.1. Analyse écologique

Les différents indices écologiques (la richesse spécifique, l'abondance relative, la fréquence d'occurrence, l'indice de Simpson, l'indice d'équitabilité et l'indice de Jaccard) ont été utilisés pour l'analyse de la population phlébotomienne dans la présente étude.

II.4.1.1. Richesse spécifique (RS)

La richesse spécifique est le nombre total d'espèces qui composent une population donnée (Tchapgnouo et al., 2012).

II.4.1.2. Abondance relative (AR)

C'est le pourcentage des individus d'une espèce données (n_i) par rapport au total des individus (N) dénombrés d'une population (Dajoz, 1985).

$$AR (\%) = n_i / N \times 100$$

n_i : nombre d'individus d'une espèce i .

N : nombre total d'individus relevés.

II.4.1.3. Indice d'occurrence (C)

L'indice d'occurrence est le rapport entre le nombre de sites renfermant l'espèce i (p_i) et le nombre total de sites (p) $\times 100$:

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

p_i : nombre de relevés contenant l'espèce i .

p : nombre total des relevés.

On distingue cinq groupes d'espèces selon la valeur d'occurrence :

- Les espèces sporadiques : ont une occurrence entre 0 et 20%
- Les espèces peu fréquentes : ont une occurrence entre 20.1 – 40%
- Les espèces modérées : ont une occurrence entre 40.1 – 60%
- Les espèces fréquentes : ont une occurrence entre 60.1 – 80%
- Les espèces constantes : ont une occurrence entre 80.1 – 100% (Rydzanicz et Lonc 2003).

II.4.1.4. Indice de Simpson (IS)

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

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

$$Pi = AR / 100$$

Cet indice a une gamme de valeurs allant de 1 au nombre total d'espèces trouvées à un site donné (RS), les valeurs les plus élevées indiquant une plus grande diversité d'espèces (**Zeroual, 2017**).

II.4.1.5. Indice d'équitabilité (E)

L'équitabilité permet d'estimer l'équilibre des peuplements. Elle est calculée selon la formule suivante :

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

L'indice d'équitabilité varie entre 0 et 1. Si elle tend vers 0, elle indique la dominance d'une espèce (la population n'est pas équilibrée), si elle tend vers 1, elle indique que toutes les espèces sont équitablement distribuées (**Spellerberg et Fedor, 2003**).

II.4.1.6. Indice de Jaccard (CJ)

Cet indice compare les sites étudiés deux par deux. L'indice de similarité de Jaccard est exprimé par la formule suivante :

$$CJ = c / (a + b - c)$$

a et b : le nombre total d'espèces existant respectivement dans les sites A et B donnés.

c : le nombre d'espèces présentes dans les deux sites A et B.

Chapitre III

Résultats et Discussion

III.1. Présentation générale des captures

La collecte des phlébotomes a été effectuée dans certaines régions des wilayas de Mila et de Jijel, en utilisant des pièges lumineux de type CDC, et ce, sur une période de six mois en 2024 (de mai à octobre), période correspondant à l'activité saisonnière des phlébotomes.

Au total, 459 phlébotomes ont été collectés durant cette période et ont été identifiés morphologiquement (selon leur apparence externe).

Nous avons pu identifier cinq espèces réparties sur deux genres : *Phlébotomus* et *Sergentomyia*, ainsi que sur trois sous-genres : *Phlébotomus*, *Larroussious* et *Sergentomyia*, comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau 16 : Liste des espèces de phlébotomes recensés dans la région de Mila et de Jijel.

Genre	Sous-genre	Espèce	Rôle épidémiologique
<i>Phlebotomus</i>	<i>Phlebotomus</i>	<i>P. papatasi</i> (Scopoli, 1786)	Vecteur de <i>Leishmania infantum</i>
	<i>Larroussious</i>	<i>P. perniciosus</i> (Newstead, 1911)	Vecteur secondaire potentiel
		<i>P. longicuspis</i> (Nitzulescu, 1911)	Vecteur probable
		<i>P. perfiliewi</i> (Parrot, 1930)	Vecteur de <i>Leishmania major</i>
<i>Sergentomyia</i>	<i>Sergentomyia</i>	<i>S. minuta</i> (Adler et Theodor, 1927)	Non vecteur confirmé

Un total de 134 phlébotomes a été collecté dans la wilaya de Jijel et 325 dans la wilaya de Mila, soit un total de 459 spécimens, répartis en 244 mâles et 215 femelles.

Grâce à l'analyse morphologique (basée sur l'aspect extérieur) des spécimens collectés, cinq espèces ont pu être identifiées, avec des effectifs variables répartis entre les deux wilayas. (*P. perniciosus* = 356, *P. longicuspis* = 22, *P. perfiliewi* = 29, *P. papatasi* = 35, *S. minuta* = 17).

La prédominance d'une espèce particulière de phlébotome par rapport aux autres dans une même région s'explique par sa supériorité écologique et adaptative. Certaines espèces possèdent une meilleure capacité à s'adapter aux conditions climatiques locales, comme la sécheresse ou les températures élevées, ce qui leur confère un avantage compétitif. La

disponibilité d'habitats favorables à leur reproduction – tels que les fissures rocheuses ou les abris d'animaux – joue également un rôle essentiel, en plus de leurs préférences pour certains hôtes animaux. Par exemple, une espèce qui préfère vivre à proximité des habitations humaines ou des élevages peut être plus abondante grâce à l'accessibilité de sa source de nourriture. Ces facteurs, à la fois environnementaux, climatiques et comportementaux, expliquent pourquoi une espèce donnée de phlébotome peut dominer les autres dans une même zone (Afonso et al., 2005), (Alemayehu et al., 2024), (Risueño et al., 2017).

Dans une étude réalisée au Portugal dans un foyer de leishmaniose animale, 665 échantillons ont été collectés pendant deux saisons estivales, avec une variation observée dans l'abondance des espèces en fonction des conditions climatiques (Afonso et al., 2005). Dans une autre étude éthiopienne menée le long d'un gradient altitudinal, 7 994 phlébotomes ont été capturés à l'aide de pièges lumineux et collants, dont environ 26 % appartenaient au genre *Phlebotomus*, soit près de 2 078 individus (Alemayehu et al., 2024). Par ailleurs, une revue menée en France sur la distribution des phlébotomes a révélé que le nombre de spécimens capturés varie fortement selon la localisation géographique et la durée des campagnes de collecte, allant de quelques dizaines à plusieurs milliers dans certaines zones (Prudhomme et al., 2024).

Ainsi, le nombre total d'échantillons collectés dans cette étude (459 individus) représente une quantité significative par rapport aux études précédentes utilisant des périodes et des méthodes de piégeage similaires, en particulier dans des zones géographiques restreintes comme les wilayas de Jijel et Mila.

III.2. Identification des espèces

III.2.1. Sous-genre *Larroussious*

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

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

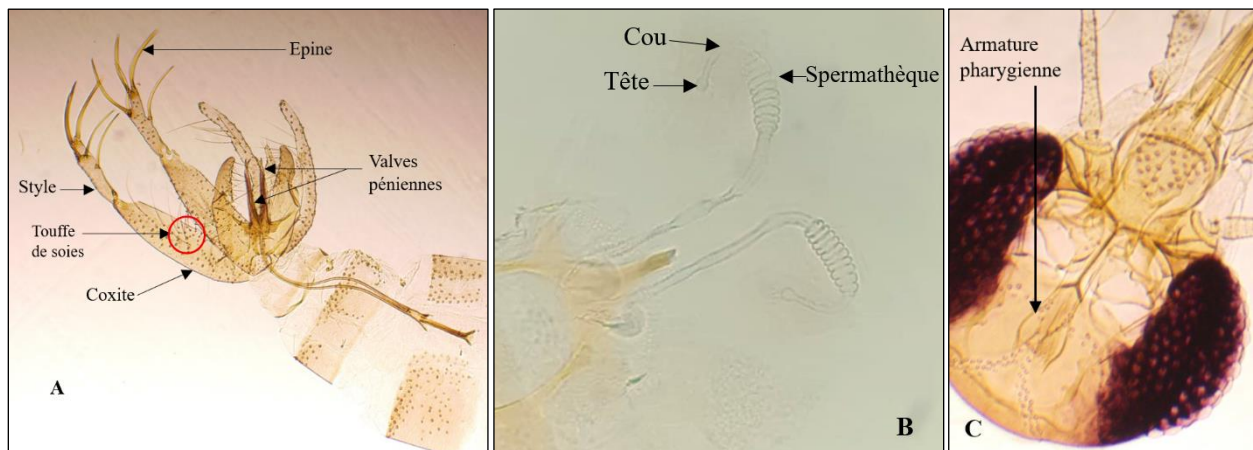


Figure 37 : Critères d'identification du sous-genre Larrousius ; (A) Génitalia mâle (x10), (B) spermathèque femelle (x40), (C) pharynx (x10) (photos originales).

III.2.1.1. *Phlebotomus (Larrousius) perniciosus*

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

III.2.1.1.1. Description morphologique

Sur le plan morphologique, *Phlebotomus perniciosus* présente un dimorphisme sexuel notable. Chez le mâle, les valves péniennes se distinguent par une forme typique à extrémité bifurquée (Fig. 38 A).

Le coxite porte une touffe médiane de soies, dont le nombre varie de 10 à 17, ce qui constitue un caractère distinctif important dans l'identification de l'espèce.

Chez la femelle, la spermathèque est annelée, composée de 9 à 11 anneaux, et munie d'un long col grêle dont le diamètre diminue progressivement de la base vers l'extrémité distale, se terminant par une tête arrondie. Le conduit spermathecal, quant à lui, est strié transversalement et conserve un calibre uniforme sur toute sa longueur. La base d'insertion des conduits latéraux adopte une forme auriculaire, facilement reconnaissable à l'observation microscopique (Fig. 38 B).

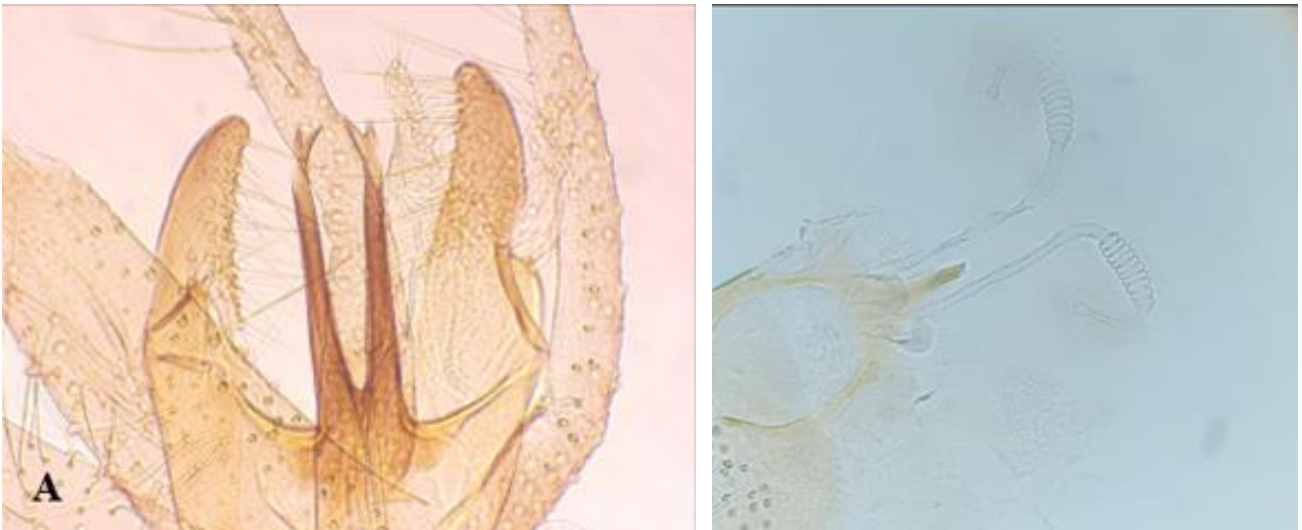


Figure 38 : Critères d'identification de *Phlebotomus perniciosus* ; (A) valves péniennes forme typique, (B) spermathèque femelle (x40) (photos originales).

III.2.1.1.2. Etude morphométrique

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

Tableau 17 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des mâles *Phlebotomus perniciosus*.

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,165	0,026
Largeur pharynx (l PH)	0,132	0,010
Distance inter-oculaire (DIO)	0,218	0,015
Longueur cibarium (L ci)	0,100	0,035
Largeur cibarium (l ci)	0,087	0,031
Longueur clypeus (L cl)	0,08	0,029
Largeur clypeus (l cl)	0,073	0,010
Epipharynx E	0,22	0,009
A3	0,276	0,005
A4	0,13	0,007
A5	0,117	0,011
A3/ A4 + A5	2,249	0,147
A3/E	1,258	0,069
Palpe 1	0,107	0,016
Palpe 2	0,136	0,010
Palpe 3	0,146	0,009
Palpe 4	0,14	0,007
Palpe 5	0,356	0,043
Aile		
Longueur aile (L)	1,713	0,051
Largeur aile (l)	0,502	0,027
L/l	3,423	0,271
Alpha (α)	0,305	0,017
Sigma (δ)	0,058	0,024
Beta (β)	0,203	0,029
Gamma (γ)	0,345	0,019
Pi (π)	0,073	0,022
α / β	1,517	0,175
δ / α	0,196	0,089
l / gamma	1,461	0,121
Génitalia		
Longueur coxite (L cox)	0,277	0,008
Nombre de soi (NS)	13,25	1,908
Longueur style (L st)	0,125	0,011
L coxite / L style (L cox/L st)	5,048	1,036
Longueur surstyle (L sur)	0,297	0,016
L coxite / L surstyle (L cox/L sur)	0,876	0,104
Longueur paramère (L pa)	0,175	0,010
Valve penienne (vp)	0,126	0,005
Pavillon génital (pg)	0,025	0,005
Piston (pis)	0,073	0,005
Pompe (po)	0,027	0,004
Filament génital (fg)	0,281	0,067

Tableau 18 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles *Phlebotomus perniciosus*.

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,158	0,015
Largeur pharynx (l PH)	0,076	0,014
Distance inter-oculaire (DIO)	0,2	0,044
Longueur cibarium (L ci)	0,123	0,011
Largeur cibarium (l ci)	0,116	0,015
Longueur clypeus (L cl)	0,088	0,009
Largeur clypeus (l cl)	0,078	0,021
Epipharynx E	0,275	0,026
A3	0,238	0,021
A4	0,107	0,004
A5	0,106	0,007
A3/ A4 + A5	2,328	0,195
A3/E	0,872	0,087
Palpe 1	0,096	0,016
Palpe 2	0,201	0,013
Palpe 3	0,168	0,008
Palpe 4	0,145	0,013
Palpe 5	0,388	0,034
Aile		
Longueur aile (L)	2,096	0,154
Largeur aile (l)	0,621	0,052
L/l	3,384	0,238
Alpha (α)	0,402	0,054
Sigma (δ)	0,11	0,037
Beta (β)	0,272	0,036
Gamma (γ)	0,407	0,031
Pi (π)	0,072	0,036
α / β	1,497	0,251
δ / α	0,269	0,070
l / gamma	1,532	0,168

III.2.1.2. *Phlebotomus (Larroussius) longicuspis*

Phlebotomus (Larroussius) longicuspis est une espèce de phlébotome largement répartie en Afrique du Nord et en Méditerranée occidentale. Elle est souvent sympatrique avec *Ph. perniciosus*, ce qui rend leur distinction difficile, notamment en raison de leur proximité génétique et de formes morphologiquement intermédiaires (Gijón-Robles et al., 2023). L'espèce est reconnue comme un vecteur potentiel de *Leishmania infantum*, en particulier dans les zones endémiques de la leishmaniose viscérale comme au Maroc, en Algérie et en Tunisie

(Zarrouk et al., 2015), (Berdjane-Brouk et al., 2012). En Algérie, *Ph. longicuspis* a été isolé dans plusieurs foyers de leishmaniose viscérale, notamment en Kabylie, où sa capacité vectorielle a été confirmée par la détection de l'ADN de *L. infantum* chez des spécimens femelles (Berdjane-Brouk et al., 2012). L'espèce présente une grande diversité génétique, comprenant au moins deux formes (LCss et LCx), souvent rencontrées en sympatrie avec des populations de *Ph. perniciosus*, ce qui complexifie leur rôle respectif dans la transmission (Pesson et al., 2004). Sur le plan écologique, *Ph. longicuspis* montre une forte plasticité, colonisant des habitats variés, depuis les zones côtières humides jusqu'aux régions arides de l'intérieur (Zarrouk et al., 2022).

III.2.1.2.1. Description morphologique

Le mâle de *P. longicuspis* a une valve pénienne avec une pointe longue, légèrement incurvée et une touffe de 21 à 31 soies médianes sur le coxite (fig. 39 A).

Phlebotomus longicuspis femelle est morphologiquement semblable à *P. perniciosus* femelle, elle a une spermathèque annelée de 9 à 10 anneaux, terminée par un long cou et une petite tête ovale. Les conduits semblent être réfractifs à leurs extrémités distales avec une grande lumière cordiforme (fig. 39 B).



Figure 39 : Critères d'identification de *Phlebotomus longicuspis* ; (A) valves pénienues, (B) spermathèque femelle (x40) (photos originales).

III.2.1.2.2. Etude morphométrique

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

Tableau 19 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des mâles *Phlebotomus longicuspis*.

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,155	0,023
Largeur pharynx (l PH)	0,063	0,015
Distance inter-oculaire (DIO)	0,132	0,046
Longueur cibarium (L ci)	0,122	0,014
Largeur cibarium (l ci)	0,092	0,014
Longueur clypeus (L cl)	0,085	0,013
Largeur clypeus (l cl)	0,068	0,011
Epipharynx E	0,227	0,023
A3	0,28	0,019
A4	0,131	0,014
A5	0,127	0,017
A 3/ A 4 + A 5	2,275	0,183
A 3/E	1,238	0,114
Palpe 1	0,083	0,014
Palpe 2	0,162	0,012
Palpe 3	0,155	0,016
Palpe 4	0,142	0,011
Palpe 5	0,366	0,013
Aile		
Longueur aile (L)	1,813	0,103
Largeur aile (l)	0,531	0,034
L/l	3,419	0,170
Alpha (α)	0,36	0,033
Sigma (δ)	0,09	0,023
Beta (β)	0,232	0,031
Gamma (γ)	0,53	0,072
Pi (π)	0,078	0,039
α / β	1,579	0,305
δ / α	0,248	0,053
l / gamma	1,015	0,122
Génitalia		
Longueur coxite (L cox)	0,331	0,108
Nombre de soi (NS)	14,25	4,200
Longueur style (L st)	0,171	0,100
L coxite / L style (L cox/L st)	4,549	1,824
Longueur surstyle (L sur)	0,308	0,033
L coxite / L surstyle (L cox/L sur)	1,172	0,600
Longueur paramère (L pa)	0,208	0,037
Valve penienne (vp)	0,152	0,027
Pavillon génétal (pg)	0,033	0,005
Piston (pis)	0,09	0,016
Pompe (po)	0,027	0,008
Filament génital (fg)	0,22	0,061

Tableau 20 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles *Phlebotomus longicuspis*.

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

III.2.1.3. *Phlebotomus* (Larroussious) *perfiliewi*

Phlebotomus perfiliewi est une espèce de phlébotome largement distribuée dans le bassin méditerranéen, connue comme l'un des principaux vecteurs de *Leishmania infantum*, l'agent de la leishmaniose viscérale zoonotique (González et al., 2023). Longtemps limitée aux zones humides et subhumides du nord de la Tunisie, son extension récente vers des zones arides a été favorisée par le développement de l'irrigation, qui crée de nouvelles niches écologiques propices à sa prolifération (Barhoumi et al., 2012), (Barhoumi et al., 2015). Des infections

naturelles par *L. infantum* ont été observées chez cette espèce, confirmant son rôle épidémiologique dans plusieurs foyers de leishmaniose, notamment en Italie et en Tunisie (Maroli et al., 1987), (Remadi et al., 2020). En Algérie, bien que moins abondante que *P. perniciosus*, sa présence est régulièrement rapportée dans certaines régions du Nord-Est comme le Constantinois (Ramdane & Berchi, 2018). Par ailleurs, cette espèce montre une variabilité génétique importante selon les régions, ce qui pourrait influencer sa compétence vectorielle (Chelbi et al., 2022).

III.2.1.3.1. Description morphologique

Le génitalia mâle de *P. perfiliewi* se caractérise par valve pénienne à pavillon large, et à extrémité distale spatulée, et la présence d'une série de denticulations sur le bord externe. Le coxite porte 14 à 20 soies sur sa face interne (fig. 40 A).

La spermathèque de *P. perfiliewi* femelle est de 14 à 17 anneaux, munie d'un cou grêle rétréci prolonge par une petite tête ovale. Les conduits émanent dans des poches de taille importante (fig. 40 B).

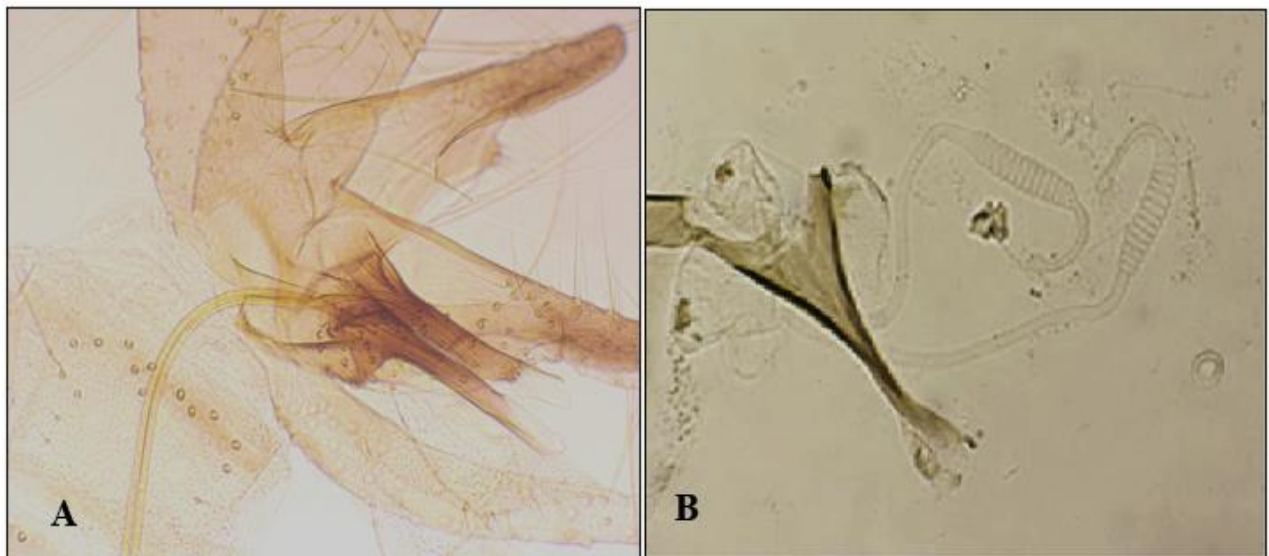


Figure 40 : Critères d'identification de *Phlebotomus perfiliewi* ; (A) valves péniennes, (B) spermathèque femelle (x40) (photos originales).

III.2.1.3.2. Etude morphométrique

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

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

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,16	0,039
Largeur pharynx (l PH)	0,116	0,015
Distance inter-oculaire (DIO)	0,222	0,031
Longueur cibarium (L ci)	0,13	0,013
Largeur cibarium (l ci)	0,111	0,014
Longueur clypeus (L cl)	0,103	0,010
Largeur clypeus (l cl)	0,082	0,010
Epipharynx E	0,235	0,032
A3	0,265	0,031
A4	0,12	0,010
A5	0,118	0,011
A 3/ A 4 + A 5	2,323	0,113
A 3/E	1,133	0,083
Palpe 1	0,085	0,016
Palpe 2	0,148	0,018
Palpe 3	0,152	0,017
Palpe 4	0,132	0,016
Palpe 5	0,353	0,058
Aile		
Longueur aile (L)	1,783	0,090
Largeur aile (l)	0,563	0,041
L/l	3,174	0,212
Alpha (α)	0,348	0,048
Sigma (δ)	0,077	0,024
Beta (β)	0,211	0,022
Gamma (γ)	0,373	0,020
Pi (π)	0,046	0,015
α / β	1,649	0,134
δ / α	0,218	0,051
l / gamma	1,512	0,136
Génitalia		
Longueur coxite (L cox)	0,273	0,015
Nombre de soi (NS)	20,875	1,552
Longueur style (L st)	0,138	0,012
L coxite / L style (L cox/L st)	3,933	0,478
Longueur surstyle (L sur)	0,297	0,028
L coxite / L surstyle (L cox/L sur)	0,859	0,123
Longueur paramètre (L pa)	0,176	0,021
Valve penienne (vp)	0,122	0,010
Pavillon génétal (pg)	0,031	0,003
Piston (pis)	0,077	0,007
Pompe (po)	0,028	0,003
Filament génital (fg)	0,32	0,071

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

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,17	0,016
Largeur pharynx (l PH)	0,065	0,015
Distance inter-oculaire (DIO)	0,152	0,022
Longueur cibarium (L ci)	0,125	0,011
Largeur cibarium (l ci)	0,12	0,013
Longueur clypeus (L cl)	0,078	0,011
Largeur clypeus (l cl)	0,068	0,012
Epipharynx E	0,332	0,015
A3	0,278	0,024
A4	0,117	0,013
A5	0,118	0,014
A 3/ A 4 + A 5	2,521	0,355
A 3/E	0,839	0,072
Palpe 1	0,138	0,017
Palpe 2	0,243	0,018
Palpe 3	0,191	0,016
Palpe 4	0,168	0,011
Palpe 5	0,425	0,026
Aile		
Longueur aile (L)	2,27	0,160
Largeur aile (l)	0,691	0,084
L/l	3,307	0,260
Alpha (α)	0,516	0,037
Sigma (δ)	0,153	0,013
Beta (β)	0,33	0,022
Gamma (γ)	0,358	0,041
Pi (π)	0,078	0,024
α / β	1,572	0,177
δ / α	0,298	0,021
l / gamma	1,967	0,439

III.2.2. Sous-genre *Phlebotomus*

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

- Des pièces génitales de grande taille.
- Un style allongé et fin, muni de cinq épines : trois situées à l'extrémité, de forme spatulée, et deux implantées vers le milieu du segment.
- Des valves péniennes courtes, de forme conique.

- Un pharynx présentant un aspect réticulé en forme de réseau linéaire.
- Des spermathèques annelées, se terminant par un bouton terminal caractéristique.

III.2.2.1. *Phlebotomus (Phlebotomus) papatasi*

Phlebotomus papatasi est une espèce de phlébotome très répandue dans les zones arides et semi-arides d'Afrique du Nord, du Moyen-Orient et d'Asie centrale, où elle constitue le principal vecteur de *Leishmania major*, agent de la leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) (Killick-Kendrick et al., 1985). Cette espèce est fortement anthropophile et se retrouve aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des habitations, avec une préférence pour les abris d'animaux domestiques et les terriers de rongeurs, notamment *Rhombomys opimus*, réservoir majeur du parasite (Sofizadeh et al., 2016). En Iran, en Arabie Saoudite et en Algérie, la compétence vectorielle de *P. papatasi* vis-à-vis de *L. major* a été confirmée par la détection du parasite chez des spécimens femelles naturellement infectés (Izri et al., 1992), (Zahra et al., 2015). Sur le plan écologique, sa distribution est influencée par des facteurs comme l'altitude, la température et la couverture végétale, avec une activité saisonnière maximale observée durant les périodes sèches, notamment en été (Karmaoui, 2020). Par ailleurs, des études génétiques ont montré une faible différenciation entre les populations régionales, ce qui suggère une homogénéité de leur compétence vectorielle dans les différents foyers (Depaquit et al., 2008).

III.2.2.1.1. Description morphologique

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

Le paramère est trilobé :

- Un lobe ventral court se termine par une petite épine distale.
- Un lobe médian de forme digitiforme porte deux épines longues, aplaties et bien différenciées.
- Et un lobe dorsal nettement arqué, couvert de soies sur sa face concave (Fig. 41 A, B).

Chez la femelle, la spermathèque est dépourvue de col, formée de 7 à 10 anneaux bien visibles (Fig. 41 C). Le pharynx postérieur est armé d'une zone de dents irrégulières, écailleuses, variant par leur forme et leur disposition.

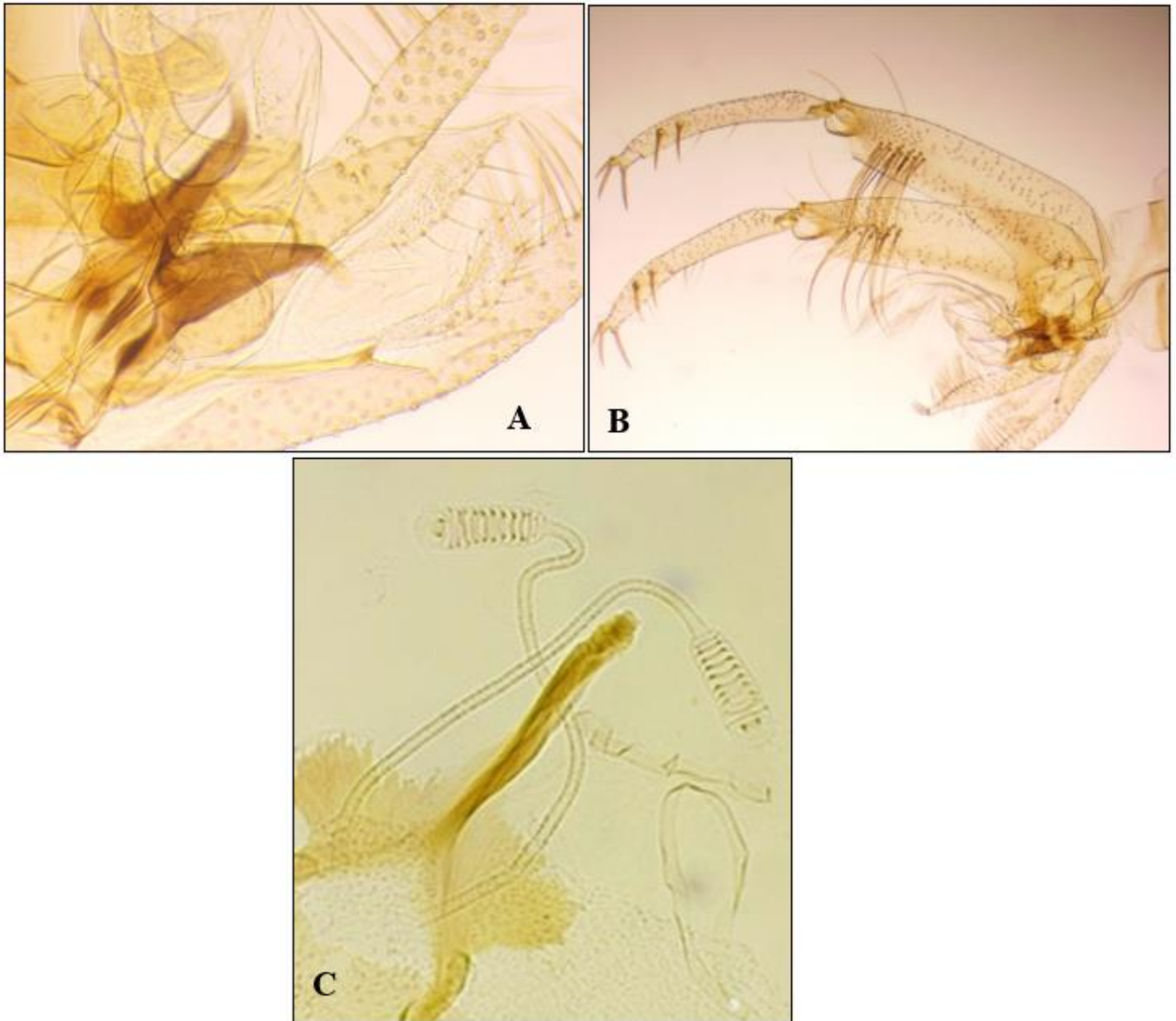


Figure 41 : Critères d'identification de *Phlebotomus papatasi* ; (A) valves péniennes (x40), (B) génitalia mâle (x10), (C) spermathèque femelle (x40) (photos originales).

III.2.2.1.2. Etude morphométrique

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

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

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,166	0,023
Largeur pharynx (l PH)	0,087	0,010
Distance inter-oculaire (DIO)	0,17	0,029
Longueur cibarium (L ci)	0,133	0,014
Largeur cibarium (l ci)	0,11	0,010
Longueur clypeus (L cl)	0,085	0,009
Largeur clypeus (l cl)	0,072	0,007
Epipharynx E	0,267	0,024
A3	0,296	0,036
A4	0,162	0,016
A5	0,16	0,015
A 3/ A 4 + A 5	1,980	0,092
A 3/E	1,106	0,089
Palpe 1	0,116	0,018
Palpe 2	0,18	0,018
Palpe 3	0,195	0,014
Palpe 4	0,15	0,014
Palpe 5	0,328	0,049
Aile		
Longueur aile (L)	2,082	0,350
Largeur aile (l)	0,565	0,053
L/l	3,705	0,615
Alpha (α)	0,39	0,047
Sigma (δ)	0,072	0,045
Beta (β)	0,297	0,040
Gamma (γ)	0,48	0,088
Pi (π)	0,131	0,026
α / β	1,320	0,156
δ / α	0,182	0,102
l / gamma	1,200	0,184
Génitalia		
Longueur coxite (L cox)	0,585	0,025
Nombre de soi (NS)	13,125	2,799
Longueur style (L st)	0,42	0,028
L coxite / L style (L cox/L st)	1,951	0,172
Longueur surstyle (L sur)	0,26	0,030
L coxite / L surstyle (L cox/L sur)	5,269	1,286
Longueur paramètre (L pa)	0,153	0,017
Valve pennienne (vp)	0,126	0,014
Paviillon génétal (pg)	0,048	0,006
Piston (pis)	0,125	0,016
Pompe (po)	0,036	0,007
Filament génital (fg)	0,251	0,029

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

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,17	0,015
Largeur pharynx (l PH)	0,072	0,012
Distance inter-oculaire (DIO)	0,24	0,038
Longueur cibarium (L ci)	0,141	0,012
Largeur cibarium (l ci)	0,096	0,016
Longueur clypeus (L cl)	0,08	0,009
Largeur clypeus (l cl)	0,083	0,013
Epipharynx E	0,353	0,026
A3	0,235	0,007
A4	0,118	0,008
A5	0,123	0,010
A 3/ A 4 + A 5	2,109	0,123
A 3/E	0,668	0,067
Palpe 1	0,155	0,014
Palpe 2	0,186	0,014
Palpe 3	0,213	0,015
Palpe 4	0,131	0,013
Palpe 5	0,311	0,048
Aile		
Longueur aile (L)	2,317	0,077
Largeur aile (l)	0,62	0,093
L/l	3,819	0,632
Alpha (α)	0,371	0,026
Sigma (δ)	0,077	0,014
Beta (β)	0,321	0,031
Gamma (γ)	0,446	0,042
Pi (π)	0,101	0,025
α / β	1,161	0,100
δ / α	0,208	0,037
l / gamma	1,405	0,278

III.2.3. Sous-genre *Sergentomyia*

Le sous-genre *Sergentomyia* se distingue des autres phlébotomes par un ensemble de caractéristiques morphologiques spécifiques. Chez les mâles, les pièces génitales sont relativement simples, avec un style fin muni de 3 à 4 soies terminales, et un surstyle généralement droit ou légèrement incurvé. Le coxite présente une touffe de soies médianes peu dense ou parfois absente. Chez les femelles, la spermathèque est typiquement formée d'anneaux bien distincts, souvent de forme annelée ou striée, avec un canal de jonction court et un col

mince. Les palpes sont bien développés, et la formule palpaire typique est souvent du type 1,4,2,3,5 ou variations proches. L'antenne présente un anneau ascoïde double sur les articles flagellaires, ce qui constitue un critère important dans le diagnostic du genre. Une autre caractéristique importante est la présence d'un cibarium armé de dents ou de denticules chez la plupart des espèces, souvent associé à une armature pharyngienne développée.

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

III.2.3.1. *Sergentomyia* (*Sergentomyia*) *minuta*

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

III.2.3.1.1. Description morphologique

Sergentomyia minuta est une espèce de petite taille, typique des régions méditerranéennes, et l'une des plus abondantes du sous-genre *Sergentomyia*. Chez la femelle, l'identification repose principalement sur la morphologie de la spermathèque (fig. 42 B), qui est annelée, composée d'anneaux serrés, avec un canal spermathecal mince et faiblement différencié. Le cibarium présente une armature distincte, généralement formée de plusieurs dents bien visibles, accompagnées d'une zone pigmentée. Les palpes sont bien développés avec une formule palpaire usuelle de type 1, 4, 2, 3, 5. Les ailes sont étroites, avec des nervures claires et bien définies. (Fig. 42 D).

Chez le mâle, le style est fin et droit, pourvu de quatre soies terminales, et le surstyle est allongé, lisse, sans expansions ni crochets. Le coxite contient une touffe médiane de soies peu dense.

L'examen des pièces génitales internes est également crucial pour différencier *S. minuta* des espèces proches. (Fig. 42 A).

L'espèce se distingue aussi par sa petite taille (souvent <2 mm), sa couleur brun clair à grisâtre, et sa préférence pour les habitats chauds et secs, souvent en milieu rural ou semi-urbain.

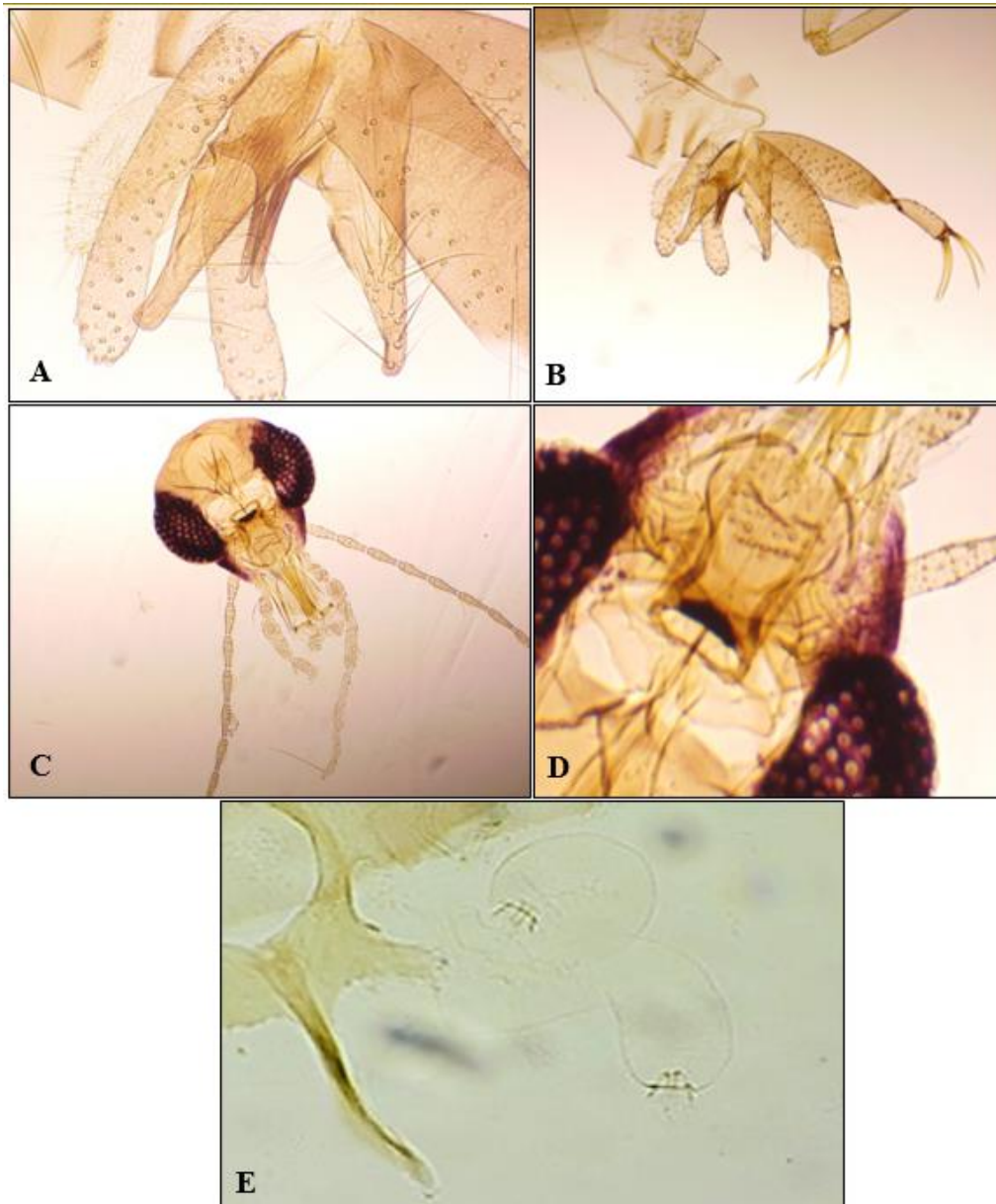


Figure 42 : Critères d'identification de *Sergentomyia minuta* ; (A) valves péniennes (x40) (B) génitalia male (x10), (C) tête femelle (x10), (D) cibarium (x10), (E) spermathèque femelle (x40) (photos originales).

III.2.3.1.2. Etude morphométrique

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

Tableau 25 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des mâles *Sergentomyia minuta*.

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,143	0,018
Largeur pharynx (l PH)	0,075	0,016
Distance inter-oculaire (DIO)	0,158	0,021
Longueur cibarium (L ci)	0,098	0,007
Largeur cibarium (l ci)	0,093	0,010
Longueur clypeus (L cl)	0,076	0,013
Largeur clypeus (l cl)	0,066	0,005
Epipharynx E	0,151	0,014
A3	0,145	0,013
A4	0,086	0,008
A5	0,088	0,004
A 3/ A 4 + A 5	1,775	0,244
A 3/E	0,961	0,102
Palpe 1	0,101	0,007
Palpe 2	0,095	0,010
Palpe 3	0,125	0,005
Palpe 4	0,121	0,009
Palpe 5	0,276	0,015
Aile		
Longueur aile (L)	1,483	0,166
Largeur aile (l)	0,348	0,035
L/l	4,258	0,209
Alpha (α)	0,22	0,044
Sigma (δ)	0,073	0,045
Beta (β)	0,298	0,028
Gamma (γ)	0,338	0,064
Pi (π)	0,063	0,021
α / β	0,753	0,216
δ / α	0,311	0,146
l / gamma	1,071	0,292
Génitalia		
Longueur coxite (L cox)	0,233	0,021
Nombre de soi (NS)	9	1,264
Longueur style (L st)	0,098	0,009
L coxite / L style (L cox/L st)	5,705	0,920
Longueur surstyle (L sur)	0,206	0,019
L coxite / L surstyle (L cox/L sur)	1,298	0,268
Longueur paramètre (L pa)	0,121	0,007
Valve pennière (vp)	0,091	0,017
Paviillon génétal (pg)	0,018	0,004
Piston (pis)	0,063	0,010
Pompe (po)	0,02	0,006
Filament génital (fg)	0,226	0,057

Tableau 26 : Valeurs des mensurations morphométriques (en mm) des femelles *Sergentomyia minuta*.

Caractère mesuré	Moyenne	Ecarte-Type
Tête		
Longueur pharynx (L PH)	0,125	0,022
Largeur pharynx (l PH)	0,066	0,014
Distance inter-oculaire (DIO)	0,183	0,015
Longueur cibarium (L ci)	0,083	0,009
Largeur cibarium (l ci)	0,122	0,013
Longueur clypeus (L cl)	0,077	0,007
Largeur clypeus (l cl)	0,08	0,011
Epipharynx E	0,171	0,011
A3	0,116	0,015
A4	0,077	0,008
A5	0,077	0,012
A 3/ A 4 + A 5	1,590	0,236
A 3/E	0,682	0,110
Palpe 1	0,075	0,009
Palpe 2	0,1	0,009
Palpe 3	0,123	0,010
Palpe 4	0,117	0,010
Palpe 5	0,267	0,027
Aile		
Longueur aile (L)	1,748	0,099
Largeur aile (l)	0,397	0,034
L/l	4,428	0,452
Alpha (α)	0,276	0,075
Sigma (δ)	0,036	0,015
Beta (β)	0,261	0,016
Gamma (γ)	0,358	0,035
Pi (π)	0,09	0,040
α / β	1,059	0,302
δ / α	0,145	0,086
l / gamma	1,119	0,166

→ Importance des analyses morphométriques des phlébotomes

Les mesures morphométriques jouent un rôle fondamental dans l'étude des phlébotomes, notamment en raison de la grande ressemblance morphologique entre certaines espèces. Ces analyses permettent une distinction précise entre des espèces cryptiques ou morphologiquement proches, ce qui est essentiel pour une identification fiable. Elles contribuent également à la compréhension de la variabilité intraspécifique liée aux facteurs géographiques et environnementaux.

Par ailleurs, l'analyse morphométrique est un outil complémentaire à la taxonomie classique, facilitant la classification des espèces et l'éventuelle détection de nouvelles formes. Sur le plan épidémiologique, elle revêt une importance capitale, car seule une identification rigoureuse des vecteurs potentiels permet d'évaluer les risques de transmission de maladies telles que les leishmanioses. Ainsi, l'approche morphométrique constitue un moyen incontournable dans les études entomologiques à visée médicale et vétérinaire.

III.3. Analyse écologique

L'étude a porté sur cinq espèces de phlébotomes identifiées dans les zones d'échantillonnage : *Phlebotomus perniciosus* (Pn), *Phlebotomus longicuspis* (Lc), *Phlebotomus perfiliewi* (Pf), *Phlebotomus papatasi* (Pa) et *Sergentomyia minuta* (Sm). Ces espèces ont été sélectionnées en raison de leur importance médico-vétérinaire potentielle et de leur présence documentée dans les régions étudiées.

Tableau 27 : L'indices écologiques

Indice	Formule utilisée	Valeur obtenue	Interprétation
Richesse spécifique (RS)	Nombre total d'espèces identifiées	5	Diversité spécifique relativement faible
Abondance relative (AR %)	$(n_i / N) \times 100$	Pn = 77,56 %	<i>P. perniciosus</i> est l'espèce dominante
		Lc = 4,79 %	Faible représentation des autres espèces
		Pf = 6,32 %	Faible abondance ; espèce localisée écologiquement spécifique (station unique)
		Pa = 7,63 %	Répartition modérée ; potentiellement active en zones semi-arides
		Sm = 3,70 %	Très faible abondance ; espèce secondaire sans rôle épidémiologique majeur

Indice d'occurrence (C %)	$(p_i / p) \times 100$	Pn = 100 %	<i>P. perniciosus</i> : espèce constante (présente dans toutes les stations)
		Lc = 100 %	Espèce constante
		Pf = 80 %	Espèce fréquent
		Pa = 100%	Espèce constante
		Sm = 60 %	Espèce modérée
Indice de Simpson (IS)	$1 / \sum (P_i^2)$	1,626	Faible diversité, forte dominance d'une espèce
Indice d'équitabilité (E)	$(IS - 1) / (RS - 1)$	0,156	Répartition déséquilibrée des individus entre les espèces
Indice de Jaccard (CJ)	$c / (a + b - c)$	1,0 (ou 100%)	Similarité maximale entre les sites de Mila (a = 5) et Jijel (b = 5)

L'analyse des indices écologiques obtenus révèle une structure faunistique nettement dominée par *Phlebotomus perniciosus*, représentant à lui seul plus de 77 % des individus capturés. Cette dominance se reflète dans la faible valeur de l'indice de Simpson (IS = 1,626), indiquant une biodiversité spécifique réduite. L'indice d'équitabilité (E = 0,156) confirme cette inégalité de répartition des individus entre les espèces. En termes de fréquence d'apparition, trois espèces – *P. perniciosus*, *P. longicuspis* et *P. papatasi* – sont classées comme constantes (C = 100 %), car elles ont été détectées dans toutes les stations, ce qui témoigne de leur large répartition et de leur bonne adaptation aux conditions écologiques locales. *P. perfiliewi* est considérée comme espèce fréquente (C = 80 %), tandis que *Sergentomyia minuta* est une espèce modérée (C = 60 %). Ces résultats traduisent une communauté spécifique dominée mais relativement homogène en termes de répartition géographique. Enfin, l'indice de similarité de Jaccard (CJ = 1,0) calculé entre les sites de Mila et de Jijel montre une composition spécifique identique entre les deux régions, suggérant une convergence écologique dans les habitats favorables à ces espèces.

IV.3. Composition spécifique des phlébotomes

La connaissance de la composition spécifique des phlébotomes dans une région donnée est essentielle pour comprendre les dynamiques écologiques des vecteurs et évaluer le risque de transmission des leishmanioses. Les phlébotomes présentent une diversité variable selon les

conditions climatiques, géographiques et anthropiques. L'identification des espèces présentes permet non seulement d'établir une cartographie entomologique régionale, mais aussi de cibler les espèces à intérêt médico-vétérinaire, notamment celles du genre *Phlebotomus*, reconnues comme vecteurs de parasites du genre *Leishmania*.

Dans le cadre de cette étude, les phlébotomes collectés dans les régions de Jijel et Mila ont été identifiés morphologiquement afin de déterminer leur composition spécifique. Cette analyse permet de comparer la richesse et la diversité entre les deux zones et d'identifier les espèces potentiellement impliquées dans la transmission des leishmanioses.

IV.3.1. Répartition des phlébotomes en fonction du genre

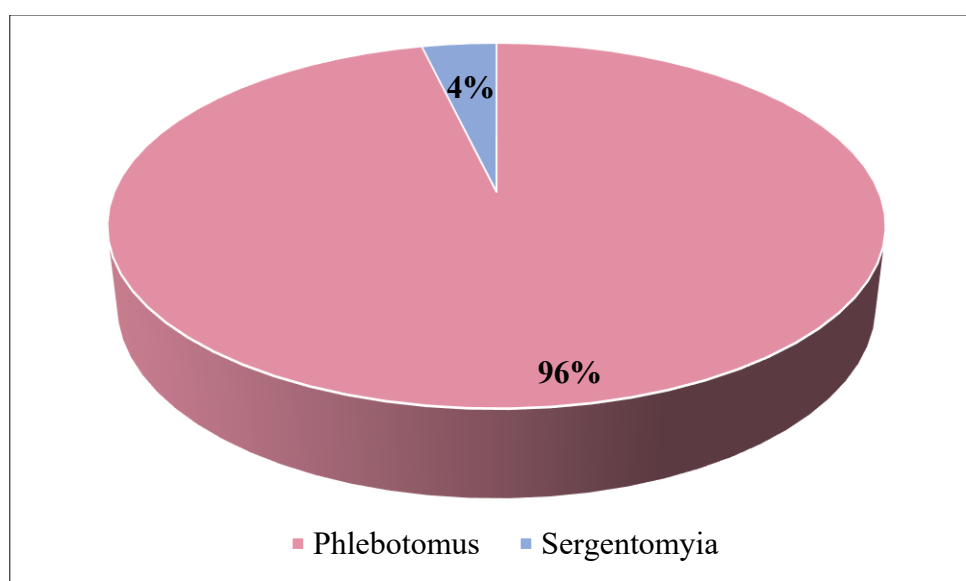


Figure 43 : Répartition de phlébotomes récoltés en fonction du genre

L'analyse globale des captures montre une nette dominance du genre *Phlebotomus*, représentant 96 % de l'ensemble des individus collectés (soit 442 individus), contre seulement 4 % pour le genre *Sergentomyia* (17 individus) dans la région de Mila et la région de Jijel. Ce déséquilibre marqué entre les deux genres est particulièrement significatif sur le plan épidémiologique, car les espèces du genre *Phlebotomus* sont les vecteurs principaux de la leishmaniose en région méditerranéenne et en Afrique du Nord.

La dominance écrasante de *Phlebotomus* s'explique par sa meilleure adaptation aux milieux urbains et péri-urbains, où il trouve des gîtes larvaires favorables (terriers d'animaux domestiques, caves humides) et des hôtes vertébrés disponibles.

Comparativement, les études régionales montrent des variations notables : **(Boudrissa et al. 2022)** rapportent 92 % de *Phlebotomus* dans le Nord algérien, tandis que **(Benallal et al. 2020)**

observent 89 % en zone semi-aride, la proportion plus élevée de *Sergentomyia* (8-11 %) dans ces études pouvant s'expliquer par la présence d'habitats rocheux favorables à ce genre. En contexte européen, **(Ready. 2018)** note une dominance encore plus marquée de *Phlebotomus* (98-99 %), reflétant une moindre adaptabilité de *Sergentomyia* aux climats tempérés. Ces écarts soulignent l'influence déterminante des conditions écologiques locales sur la composition des populations de phlébotomes. La prépondérance écrasante de *Phlebotomus* dans notre étude (96 %) confirme son rôle épidémiologique majeur et justifie la priorisation des mesures de contrôle sur ce genre dans la région.

IV.3.2. La présence selon les mois d'étude

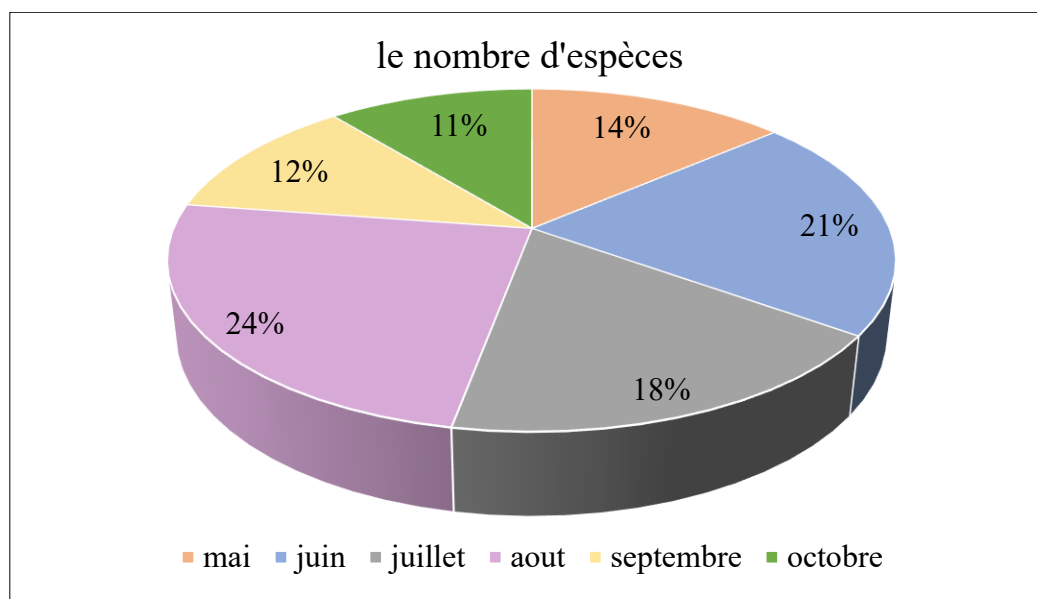


Figure 44 : la présence des phlébotomes selon les mois de l'échantillonnage

Le diagramme circulaire ci-dessus illustre la variation mensuelle du nombre d'individus capturés durant la période d'échantillonnage, s'étalant de mai à octobre. On observe une activité marquée des phlébotomes pendant la saison chaude, avec des pics notables durant les mois de juin (97 individus), juillet (83 individus) et août (112 individus). Cette période correspond aux conditions climatiques les plus favorables au développement de ces insectes (températures élevées et humidité modérée à faible).

Le mois de mai présente également une activité significative (63 individus), ce qui suggère un début précoce de la saison d'activité. En revanche, une diminution progressive est constatée à partir de septembre (54 individus) jusqu'à octobre (50 individus), traduisant la fin du cycle d'activité annuelle des phlébotomes, probablement en lien avec la baisse progressive des températures.

Ce schéma confirme que les phlébotomes suivent une phénologie estivale, avec une activité maximale entre mai et août. Cette fenêtre temporelle représente la période de plus grand risque de transmission des leishmanioses, en particulier dans les régions endémiques.

Les résultats relatifs à l'activité saisonnière des phlébotomes, observée durant la période allant de mai à octobre, sont en accord avec plusieurs études antérieures. On constate une activité maximale durant les mois chauds, notamment entre juin et août, période correspondant aux conditions climatiques les plus favorables (températures élevées et humidité modérée à faible). L'étude de **(Benallal et al. 2015)** dans le nord de l'Algérie a mis en évidence un pic d'abondance en juillet et août, en soulignant que la température joue un rôle déterminant dans l'activité des espèces vectrices telles que *P. perniciosus* et *P. perfiliewi*. De même, **(Boussaa et al. 2005)** au Maroc ont montré un schéma phénologique similaire, avec une activité marquée en été, suivie d'un déclin à partir de septembre, probablement dû à la baisse progressive des températures et à l'augmentation de l'humidité. En Tunisie, **(Ghrab et al. 2006)** ont également observé une forte activité des phlébotomes entre juin et septembre, considérant cette période comme la plus critique pour la transmission de la leishmaniose. Ces données confirment que les phlébotomes adoptent un cycle d'activité estival, fortement influencé par les paramètres climatiques, ce qui corrobore les résultats de la présente étude montrant un pic entre mai et août, suivi d'un déclin progressif marquant la fin du cycle annuel d'activité.

IV.3.2. La diversité des espèces par stations

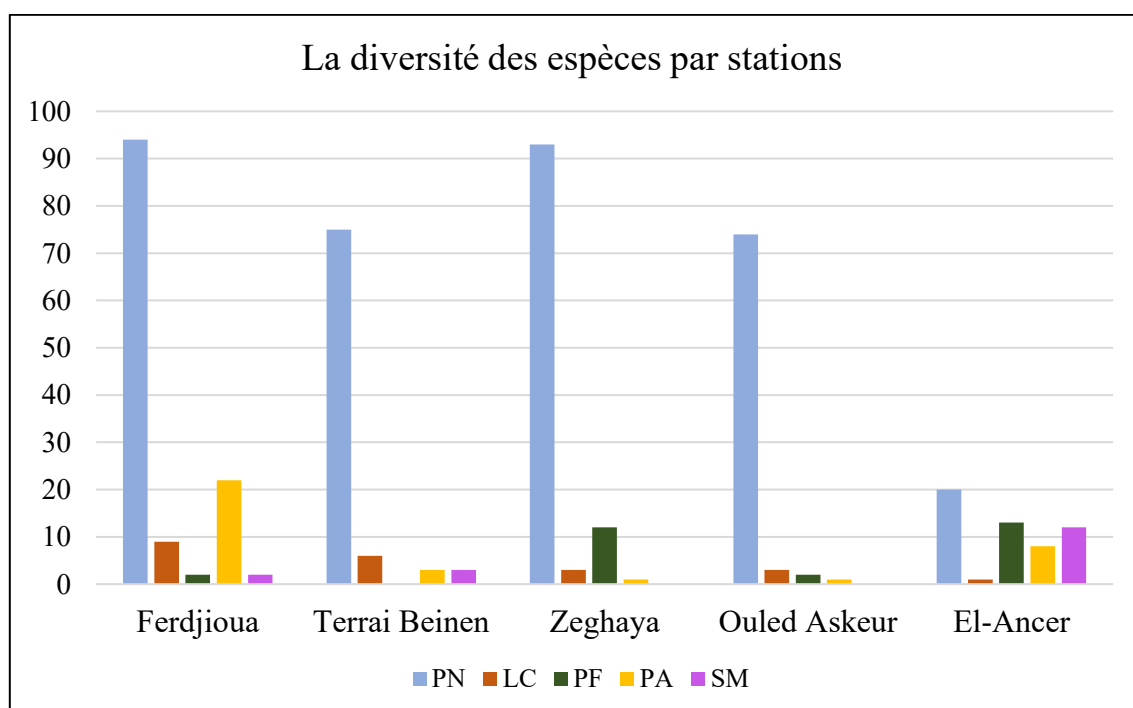


Figure 45 : La diversité des espèces par stations

Le graphique présente la répartition de différentes espèces de phlébotomes selon cinq stations: Ferdjiousa, Terrai Beinen, Zeghaya, Ouled Askeur et El-Ancer. Les espèces représentées sont : *Phlebotomus perniciosus* (PN), *Phlebotomus longicuspis* (LC), *Phlebotomus perfiliewi* (PF), *Phlebotomus papatasi* (PA), et *Sergentomyia minuta* (SM).

On observe que l'espèce dominante dans toutes les stations est *Phlebotomus perniciosus* (PN), particulièrement abondante à Ferdjiousa (≈ 95 individus), Zeghaya (≈ 93), et Terrai Beinen (≈ 75). Cette espèce montre une forte capacité d'adaptation aux différents environnements et pourrait être un indicateur clé dans l'épidémiologie locale de la leishmaniose.

D'autres espèces comme *Phlebotomus longicuspis* (LC) et *Phlebotomus papatasi* (PA) apparaissent en effectifs moindres, avec une présence modérée à Ferdjiousa et El-Ancer. *Phlebotomus perfiliewi* (PF) n'est significativement présent que dans la station de Zeghaya, ce qui peut indiquer des conditions écologiques favorables spécifiques à ce site.

La station El-Ancer présente une diversité plus équilibrée mais à faible abondance globale : aucune espèce ne domine largement, mais plusieurs espèces sont présentes à des effectifs similaires, ce qui pourrait refléter une zone de transition écologique ou une zone moins favorable à la prolifération massive d'une espèce donnée.

Enfin, la présence de *Sergentomyia minuta* (SM) est faible dans toutes les stations, avec une légère augmentation à El-Ancer, ce qui peut s'expliquer par des préférences écologiques différentes de celles des *Phlebotomus*.

Les résultats obtenus dans cette étude, montrant la nette dominance de *Phlebotomus perniciosus* dans toutes les stations, confirment les observations rapportées par **(Benallal et al. 2015)** en Algérie et **(Boussaa et al. 2007)** au Maroc, qui ont également identifié cette espèce comme la plus abondante et la mieux adaptée à différents milieux, urbains comme ruraux. Cette ubiquité témoigne de sa grande plasticité écologique et renforce son rôle potentiel en tant que vecteur principal de *Leishmania infantum*. La présence plus modeste de *P. longicuspis* et *P. papatasi* rejoint les travaux de **(Kassem et al. 2013)**, qui ont souligné leur répartition plus limitée et leur préférence pour des conditions écologiques précises, notamment en zones semi-arides. La localisation spécifique de *P. perfiliewi* à Zeghaya peut s'expliquer par des micro-conditions locales favorables, comme observé dans les travaux de **(Mihoubi et al. 2016)**, qui ont noté que cette espèce est sensible aux variations climatiques et à la couverture végétale. Par ailleurs, la diversité équilibrée observée à El-Ancer, malgré une faible abondance globale, pourrait refléter un milieu écologique de transition, phénomène également rapporté par **(Boudrissa et al. 2012)**

dans des zones forestières du nord-est algérien. Enfin, la faible présence de *Sergentomyia minuta* est en accord avec la littérature qui considère ce genre comme secondaire du point de vue épidémiologique, avec une préférence pour des milieux plus secs ou moins anthropisés.

IV.3.4. La répartition des phlébotomes selon le sexe de chaque espèce

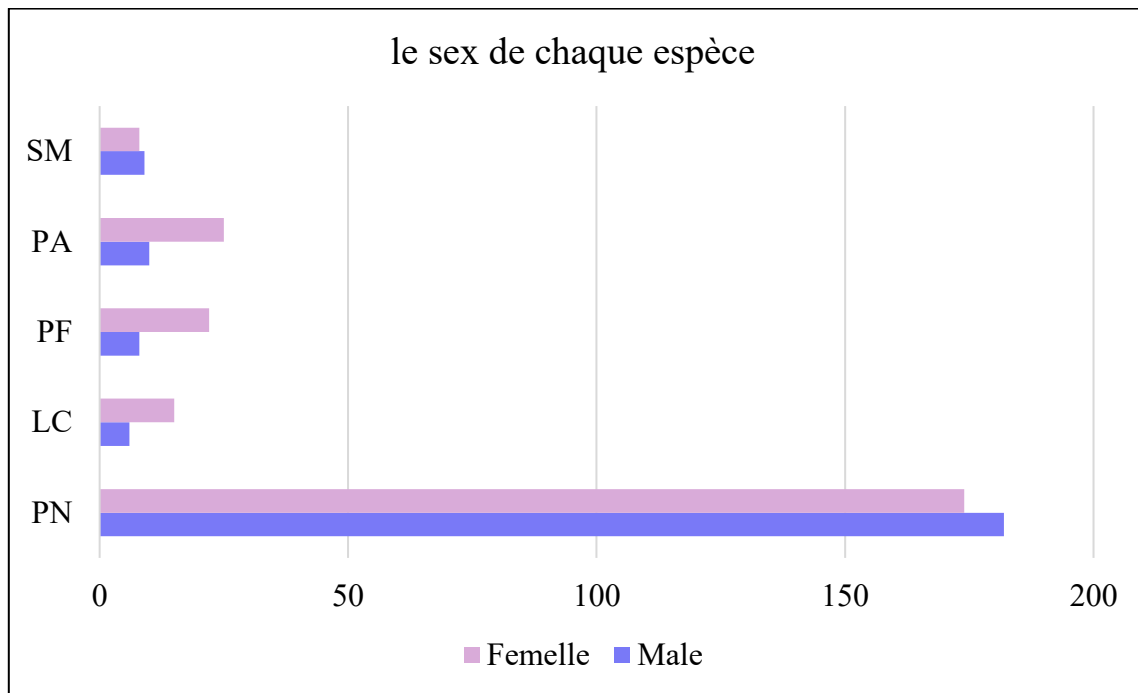


Figure 46 : La répartition des phlébotomes selon le sexe de chaque espèce

Le graphique présente la répartition des sexes (femelle et mâle) pour cinq espèces de phlébotomes : *Phlebotomus perniciosus* (PN), *Phlebotomus longicuspis* (LC), *Phlebotomus perfiliewi* (PF), *Phlebotomus papatasi* (Pa), *Sergentomyia minuta* (SM)

Il ressort clairement que l'espèce *Phlebotomus perniciosus* (PN) est la plus abondante, avec une légère prédominance des mâles (~182 individus) par rapport aux femelles (~174 individus). Cette forte représentation indique une reproduction active dans l'environnement étudié et une dynamique de population bien établie.

Pour les autres espèces :

- *Phlebotomus longicuspis* (LC), *perfiliewi* (PF), et *papatasi* (Pa) montrent tous un nombre plus élevé de femelles que de mâles, ce qui est intéressant du point de vue épidémiologique, car les femelles sont les seules à piquer et transmettre les leishmanies.
- *Sergentomyia minuta* (SM) présente une répartition presque équilibrée entre les deux sexes, mais en effectifs très faibles.

Cette variation entre sexes peut s'expliquer par plusieurs facteurs :

- La période et la méthode de capture (ex. : pièges lumineux attirant davantage les mâles),
- Les différences de comportement entre sexes (les femelles cherchant des hôtes sanguins, les mâles étant plus actifs au vol),
- Et les dynamiques de reproduction de chaque espèce.

Les résultats de cette étude montrent une prédominance de *Phlebotomus perniciosus* avec un léger excès de mâles. Cette tendance concorde partiellement avec les observations de **(Bounamous, 2010)**, qui avait également signalé la dominance de *Ph. perniciosus* dans les zones nord-algériennes, mais avec une prédominance féminine, ce qui est attendu compte tenu du comportement hémaphage exclusif des femelles. Et ce qui concorde avec les observations de **(Benallal et al. 2015)** et **(Boussaa et al. 2005)**, qui rapportent que les mâles sont souvent surreprésentés dans les captures par pièges lumineux. En revanche, la dominance des femelles chez *P. longicuspis*, *P. perfiliewi* et *P. papatasi* rejoint les conclusions de **(Kassem et al. 2013)**, qui soulignent que les femelles sont plus présentes près des habitats humains en raison de leur recherche de sang. Enfin, la faible abondance de *Sergentomyia minuta* avec une répartition équilibrée entre les sexes est également cohérente avec la littérature, qui classe cette espèce comme secondaire du point de vue vectoriel.

IV.3.5. L'abondance des espèces selon les données climatiques

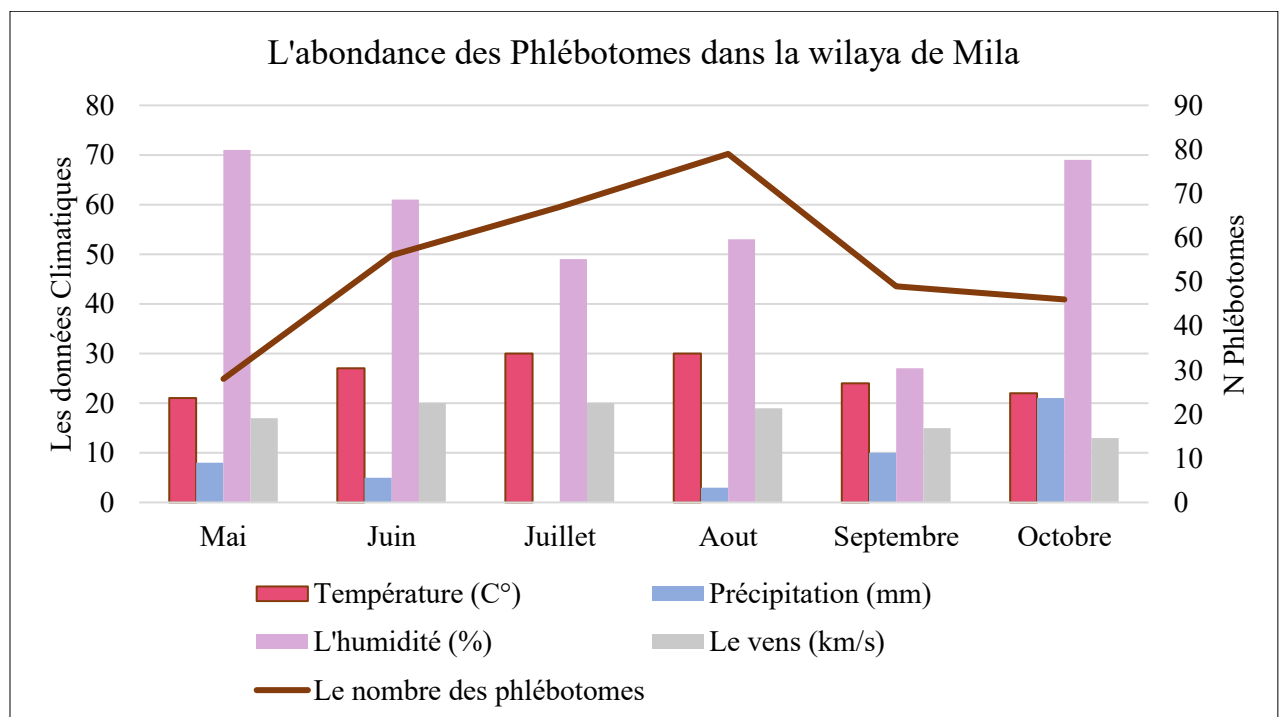


Figure 47 : L'abondances des espèces dans la wilaya de Mila

Le graphique illustre la relation entre l'abondance mensuelle des phlébotomes (courbe marron) et quatre variables climatiques : température (°C), humidité relative (%), précipitations (mm), et vitesse du vent (km/s) dans la wilaya de Mila, de mai à octobre.

- L'abondance des phlébotomes augmente de mai à août, atteignant un pic notable en août (~80 individus), avant de diminuer progressivement en septembre (~55 individus) puis en octobre (~50 individus).
- Le pic d'abondance est corrélé à des températures maximales en août (~30 °C) et une humidité modérée (~55 %), conditions climatiques optimales pour le développement des phlébotomes.
- En revanche, les mois de mai et octobre, malgré une humidité très élevée (~70 %), enregistrent une abondance modérée, ce qui suggère que l'humidité excessive pourrait limiter l'activité des phlébotomes, probablement en perturbant leur mobilité ou leur cycle de reproduction.
- Les précipitations sont très faibles tout au long de la période, avec une légère hausse en octobre. L'effet des pluies semble donc limité sur l'abondance.
- La vitesse du vent reste relativement constante mais modérée. Les vents faibles ou modérés sont généralement favorables au vol des phlébotomes, contrairement aux vents forts qui peuvent les disperser ou empêcher leur activité.

→ Interprétation

La température élevée associée à une humidité modérée constitue vraisemblablement le facteur principal favorisant la prolifération des phlébotomes dans la région de Mila. Le pic observé en août appuie cette corrélation. En revanche, l'humidité seule, lorsqu'elle est trop élevée (mai, octobre), ne favorise pas l'abondance, ce qui démontre que la combinaison de plusieurs facteurs climatiques est nécessaire pour expliquer les variations saisonnières de ces insectes vecteurs.

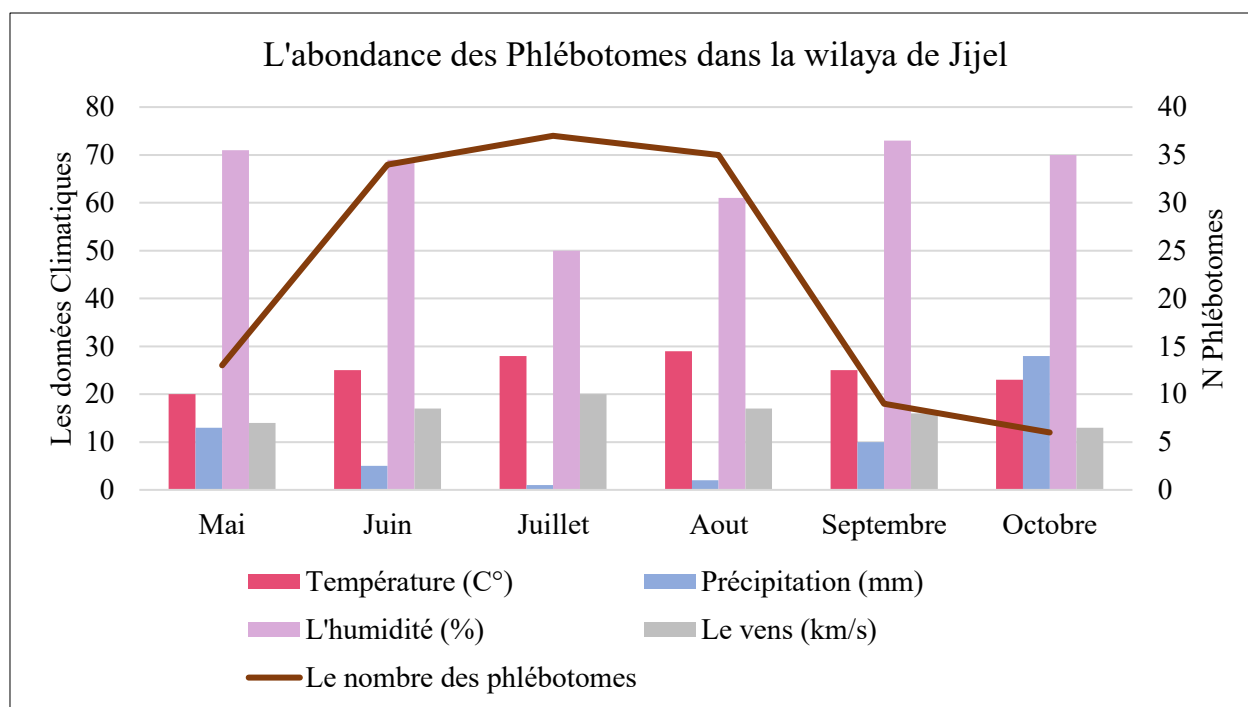


Figure 48 : L'abondances des espèces dans la wilaya de Jijel

Le graphique met en relation l'évolution mensuelle de l'abondance des phlébotomes (courbe brune) avec quatre paramètres climatiques : température (°C), humidité relative (%), précipitations (mm) et vitesse du vent (km/s), dans la wilaya de Jijel de mai à octobre.

- L'abondance des phlébotomes atteint un maximum en juillet (~38 individus), après une forte hausse en mai (~25) et juin (~35), puis diminue rapidement en septembre (~10) et atteint son minimum en octobre (~8).
- Ce pic estival coïncide avec des températures stables (entre 25–28 °C) et une humidité modérée (autour de 50–60%), ce qui semble représenter les conditions optimales pour l'activité des phlébotomes.
- Bien que la température reste stable en août, l'augmentation de l'humidité (>65%) et des précipitations pourrait expliquer la baisse de l'abondance, les conditions plus humides étant moins favorables à la prolifération des phlébotomes.
- La vitesse du vent varie peu au cours des mois, oscillant autour de 15 km/h, et n'apparaît pas comme un facteur limitant notable.
- Comparaison implicite avec Mila :

Contrairement à La région de Mila, où le pic d'abondance est observé en août, à Jijel, il apparaît plus tôt, en juillet. Cette différence saisonnière pourrait s'expliquer par :

- Un climat côtier plus humide à Jijel, qui limite l'activité des phlébotomes en fin d'été.
- Des précipitations plus marquées à Jijel en septembre-octobre, ce qui perturbe leur cycle de développement.
- Des différences écologiques locales influençant les microhabitats et la dynamique des populations.

→ L'influence des facteurs climatiques sur la présence ou l'abondance des phlébotomes

Les facteurs climatiques ont une influence importante sur la présence et l'abondance des phlébotomes (mouches des sables), vecteurs de maladies comme la leishmaniose.

- Température élevée : favorise fortement l'abondance des phlébotomes. Une étude en Iran a montré une corrélation directe entre les températures maximales annuelles et la densité de phlébotomes, avec un coefficient de corrélation allant jusqu'à 0,91 (**Cheghabalaki et al., 2019**).
- L'humidité relative et les précipitations : jouent également un rôle important. Une étude en Bosnie-Herzégovine a révélé que certaines espèces de phlébotomes apparaissent uniquement dans les zones à climat méditerranéen humide, soulignant l'importance de l'humidité et de la pluviométrie (**Hoxha et al., 2024**).
- La végétation et la radiation solaire : influencent également les populations. L'indice de végétation et le rayonnement solaire ont montré des corrélations significatives avec les populations de phlébotomes dans les régions chaudes (**Cheghabalaki et al., 2019**).
- Effets saisonniers : Les phlébotomes sont plus abondants pendant les saisons chaudes et humides, comme observé au Nigeria et au Sri Lanka, où l'activité des phlébotomes augmentait après des pluies modérées et des hausses d'humidité (**Usman et al., 2020**), (**Senanayake et al., 2023**).
- Différences selon l'altitude et les zones climatiques : Certaines espèces préfèrent les zones de basse altitude et chaudes (ex. *Ph. papatasi*), tandis que d'autres se retrouvent en zones tempérées ou continentales (**Hoxha et al., 2024**).

IV.3.6. Abondance des phlébotomes par Altitude

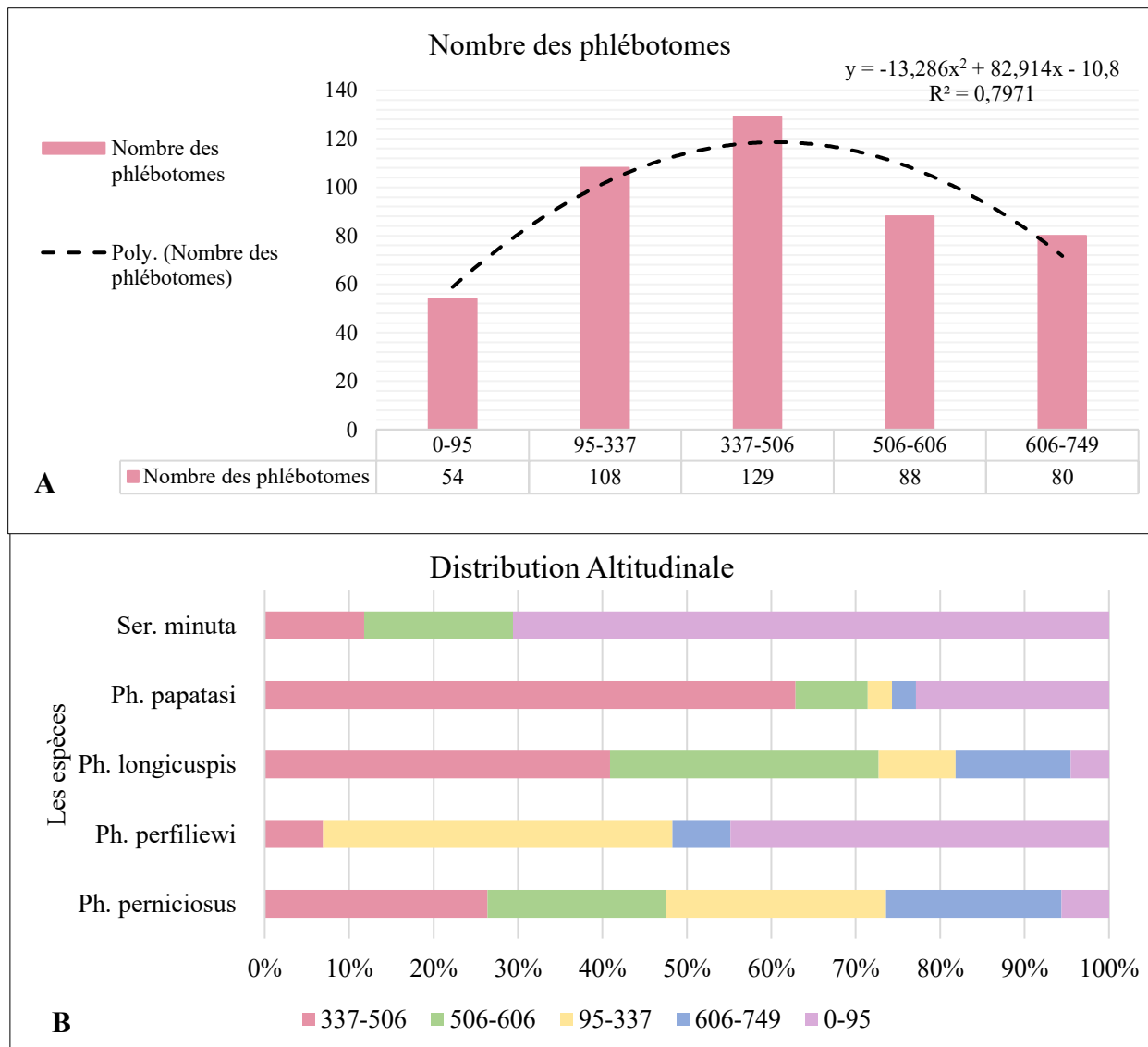


Figure 49 : Répartition altitudinale de l'abondance des espèces de phlébotomes (A) et répartition des espèces de phlébotomes à différentes plages d'altitude (B).

→ (A) Nombre total de phlébotomes selon l'altitude

- Le graphique montre une relation polynomiale entre l'altitude et l'abondance des phlébotomes ($R^2 = 0,7971$), suggérant une tendance en cloche.
- La plus forte abondance est enregistrée dans la plage altitudinale de 337–506 m (129 individus), suivie par 95–337 m (108 individus) et 506–606 m (88 individus).
- Les zones extrêmes – 0 - 95 m (54) et 606 - 749 m (80). Présentent une abondance plus faible.

- Cela suggère que les altitudes moyennes sont les plus favorables à la prolifération des phlébotomes, probablement en raison de conditions microclimatiques optimales (température, humidité, végétation, etc.).

→ (B) Répartition spécifique par altitude

Le graphique horizontal illustre la préférence altitudinale de chaque espèce :

- *Phlebotomus perniciosus* est largement réparti, avec une prédominance entre 95–337 m et 337–506 m, mais il est présent à toutes les altitudes, ce qui reflète sa grande capacité d'adaptation.
- *Phlebotomus perfiliewi* montre une préférence marquée pour les altitudes moyennes à élevées (337–606 m), ce qui peut indiquer une affinité écologique plus spécifique.
- *Phlebotomus longicuspis* est surtout présent dans les plages 337–506 m et 506–606 m, mais absent des altitudes extrêmes.
- *Phlebotomus papatasi* est plus fréquent aux altitudes basses (0–337 m).
- *Sergentomyia minuta* est l'espèce la plus largement répartie, notamment aux altitudes élevées (606–749 m), ce qui suggère une tolérance importante aux variations environnementales.

Les résultats de cette étude sont en accord avec plusieurs travaux antérieurs ayant démontré que l'altitude constitue un facteur écologique important influençant la répartition et l'abondance des phlébotomes. Dans notre cas, l'abondance maximale a été enregistrée à des altitudes moyennes (337–506 m), ce qui rejoint les observations de **Benallal et al. (2015)** dans le nord de l'Algérie, où les phlébotomes vecteurs de la leishmaniose sont plus fréquents dans les zones de moyenne altitude bénéficiant d'un équilibre entre température et humidité. De même, **(Kassem et al. 2013)** en Syrie ont montré que *Phlebotomus perniciosus* et *Phlebotomus perfiliewi* sont principalement concentrés entre 300 et 600 mètres d'altitude. En revanche, nos résultats divergent de certaines études, notamment celle de **(Boussaa et al. 2007)** au Maroc, qui ont signalé une activité élevée des phlébotomes dans les zones côtières de basse altitude, suggérant que l'impact de l'altitude peut varier en fonction des conditions climatiques locales et des spécificités environnementales. Ainsi, cette étude souligne l'importance de prendre en compte l'altitude et les caractéristiques écologiques dans les programmes de surveillance entomologique et de lutte antivectorielle, tout en recommandant la réalisation d'études complémentaires pour mieux comprendre les variations observées.

Conclusion

Conclusion

L'Algérie est l'un des pays qui se distinguent par une diversité écologique favorisant la large répartition des phlébotomes, notamment dans les régions à climat méditerranéen et semi-aride, comme c'est le cas des wilayas de Mila et Jijel. Plusieurs espèces de ces insectes ont été signalées dans différentes régions du pays, y compris dans l'Est algérien, où les données disponibles indiquent une richesse spécifique notable, probablement influencée par les facteurs environnementaux locaux. Malgré les efforts de recherche déployés, de nombreuses zones, en particulier celles de l'intérieur, manquent encore d'études détaillées sur la distribution des phlébotomes et la composition de leurs communautés, ce qui rend la poursuite des investigations dans ce domaine essentielle pour renforcer les programmes de surveillance et de prévention épidémiologique.

Cette étude a été réalisée sur une période de six mois durant l'année 2024, dans certaines localités des wilayas de Mila et Jijel, réparties comme suit : à Mila (Ferdjioua, Terrai Bainen, Zeghayia) et à Jijel (El Ancer, Ouled Askeur). Un total de 459 spécimens de phlébotomes a été collecté, et cinq espèces différentes ont été identifiées.

L'espèce la plus dominante était *Phlebotomus perniciosus* (PN), représentant 77,56 % de l'échantillon total dans toutes les zones étudiées. Elle est suivie par *Phlebotomus papatasi* (PA) avec 7,63 %, *Phlebotomus perfiliewi* (PF) avec 6,32 %, *Phlebotomus longicuspis* (LC) avec 4,79 %, et enfin *Sergentomyia minuta* (SM) avec 3,70 %.

Selon l'indice d'occurrence, les espèces *Ph. perniciosus*, *Ph. longicuspis* et *Ph. papatasi* étaient présentes à 100 % dans tous les sites étudiés, tandis que *Ph. perfiliewi* a été retrouvée dans 80 % des sites, et *S. minuta* a montré une présence plus limitée avec un taux d'occurrence de 60 %. Et L'indice de similarité de Jaccard ($CJ = 1$) a révélé une correspondance parfaite dans la composition spécifique des deux régions.

L'analyse de l'impact des facteurs environnementaux dans les wilayas de Mila et Jijel a montré que la distribution et la diversité des phlébotomes sont étroitement liées aux conditions climatiques locales, notamment la température, l'humidité et le type d'habitat. Des différences ont été observées dans l'abondance relative et la richesse spécifique entre les sites étudiés, reflétant des préférences écologiques variables selon les espèces. Ces résultats soulignent l'importance de l'environnement dans la structuration des communautés de phlébotomes, et confirment la nécessité d'intégrer les données écologiques dans toute stratégie de surveillance et de lutte contre ces vecteurs.

L'altitude apparaît également comme un paramètre déterminant, c'est un facteur environnemental important influençant la répartition des phlébotomes. En effet, les variations d'altitude entraînent des changements de température, d'humidité et de type de couverture végétale, ce qui impacte directement l'abondance de ces insectes.

En conclusion, cette étude met en évidence l'importance des phlébotomes en tant qu'insectes d'intérêt médical et écologique, notamment dans les wilayas de Mila et Jijel. Les résultats obtenus ont permis d'élargir la base de données sur la diversité et la distribution de ces insectes, tout en soulignant l'influence des facteurs environnementaux sur la structure de leurs communautés. Ces données constituent une première étape vers une compréhension plus approfondie de la dynamique de ces vecteurs et ouvrent la voie à des recherches futures plus ciblées, tant sur le plan écologique qu'épidémiologique.

Les références

Les références

“A”

Abbate, J. M., Arfuso, F., Napoli, E., Gaglio, G., Rizzo, M., Brianti, E., & Giannetto, S. (2022). Effective vector control for preventing leishmaniasis: Integrated use of residual insecticides and barrier methods. *Parasites & Vectors*.

Abdelhafid, B. (2024). For the control of environmental changes in the coastal global system: Case of the wilaya of Jijel (Algeria). Consulté sur https://doi.org/10.31435/rsglobal_ijitss/30092024/8257.

Abed, S. S., et Matzarakis, A. (2017). Seasonal regional differentiation of human thermal comfort conditions in Algeria. *Advances in Meteorology*, p : 1–14.

Abid, L. (2014). La couverture sanitaire dans la wilaya de Mila. Disponible sur le site : <http://www.santemaghreb.com/algerie/visio.asp?titre=La%20couverture%20sanitaire%20a>

Abonnenc, E. (1972) : Les phlébotomes de la région Ethiopienne (Diptera : Psychodidae). *Mém ; O.R.S. T. O. M, Sér. Ent. Méd. Prasitol.*, 289p.

Afonso, M., Campino, L., Cortes, S., et Alves-Pires, C. (2005). The phlebotomine sandflies of Portugal. XIII--Occurrence of *Phlebotomus sergenti* Parrot, 1917 in the Arrabida leishmaniasis focus. *Parasite*, 12 (1), p : 69-72.

Ahmed, S., Oukid, F., Saidi, Y., Mahdadi, F., Bouhadad, Y., et Guettouche, M. S. (2025). Statistical-based methods for landslides susceptibility mapping in the Wilaya of Mila (northeast Algeria). *Journal of Earth System Science*.

Alemayehu, B., Koroto, N., Tomas, T., Matusala, T., Megaze, A., et Leirs, H. (2024). The abundance and distribution of sandflies (with emphasis on *Phlebotomus pedifer*) (Diptera: Psychodidae) along the altitudinal gradient in Kindo Didaye district, Wolaita Zone, South Ethiopia. *Journal of Medical Entomology*.

Alemayehu, B., Tomas, T., Koroto, N., Matusala, T., Megaze, A., et Leirs, H. (2024). Abundance and distribution of *Phlebotomus pedifer* (Diptera: Psychodidae) across various habitat types in endemic foci of cutaneous leishmaniasis in the mid-highlands of Wolaita Zone, Southern Ethiopia. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 9.

Amorim, J. D., de Souza, D. L., de Araújo, F. R., et de Santana, R. A. (2023). Neglected tropical diseases: a mission to combat and ensure health equity. *Global Public Health*.

ANDI. (2013). Monographie de la wilaya de Jijel. Agence Nationale de Développement de l'Investissement.

ANDI. (2013). Monographie de la wilaya de Mila. Agence Nationale de Développement de l'Investissement.

Artemiev, M.M. (1991). Proposition de 24 genres dans les phlébotomes. *Russian Entomological Journal*, 62(3), p: 12–26.

Asimeng, E. (1990). The distribution of phlebotomine sandflies (Diptera: Psychodidae) in northern Nigeria. *Tropical Medicine and Parasitology*, 41(2), p: 193–197.

Assovié, K. R. N., Djohan, V., Amoikon, F. A., Arnaud, A. H., Armel, A. T., Patrice, A. K., Berté, D., Tra, D. B., et Grégoire, Y. Y. (2020). Diversité phlébotomienne dans trois villages de la commune de Bouaké (Côte d'Ivoire) durant la période de mars à juin 2019. *European Scientific Journal*, 16(12), 224p.

Athmania, D., (2010). Mineralogie des argiles phénomène de retrait- gonflement dans le bassin de Mila (Nord constantinois). Thèse de Doctorat. Univ. Constantine, 172p.

Athmania, D., Benaissa, A., Bouassida, M., (2011). Géologie et géotechnique de quelques formations superficielles du Nord-Ouest Constantinois, Algérie. *Afrique Science* 07(1), 105 - 115 ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.info>.

“B”

Ba, Y., Trouillet, J., Thonnon, J., et Fontenille, D. (1998). Phlébotomes du Sénégal (Diptera-Psychodidae) : Peuplement et dynamique des populations de la région de Mont-Rolland. *Parasite*, 5, p : 143–150.

Barhoumi, W., Chelbi, I., et Zhioua, E. (2012). Effet du développement des systèmes d'irrigation dans les zones arides sur l'établissement de *Phlebotomus* (Larrousius) perfiliewi Parrot, 1939. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 105, p : 403-405.

Barhoumi, W., Qualls, W., Archer, R., Fuller, D., Chelbi, I., Cherni, S., Derbali, M., Arheart, K., Zhioua, E., et Beier, J. (2015). Irrigation in the arid regions of Tunisia impacts

the abundance and apparent density of sand fly vectors of *Leishmania infantum*. *Acta tropica*, 141, p : 73-8.

Beavers, G., Hanafi, H., et Dykstra, E. (2004). Evaluation of 1-octen-3-ol and carbon dioxide as attractants for *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae) in southern Egypt. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 20 (2), p: 130-3.

Belazzoug, S. (1991). The sandflies of Algeria. *Parasitological* 33 (Suppl), p: 85- 87.

Benabid, M., Ghrab, J., Rhim, A., Ben-Romdhane, R., Aoun, K., et Bouratbine, A. (2017). Temporal dynamics and *Leishmania infantum* infection prevalence of *Phlebotomus perniciosus* (Diptera, Phlebotominae) in highly endemic areas of visceral leishmaniasis in Tunisia. *PLoS ONE* (Public Library of Science ONE), 12.

Benallal, K. E., Harrat, Z., et Bouiba, L. (2015). Inventory and ecology of sand flies (Diptera: Psychodidae) in northern Algeria: Implication for the transmission of leishmaniasis. *Annales de la Société entomologique de France*, 51(4), p : 321–330.

Benallal, K., Garni, R., Bouzid, W., Bouiba, L., et Harrat, Z. (2020). Distribution des phlébotomes (Diptera : Psychodidae) en Algérie : focus sur les zones semi-arides. *Acta Tropica*, 212p, 105712. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105712>

Benyahia, A. (2016). Étude géologique et pédologique de la région de Jijel : Implications sur l'aménagement du territoire. *Revue Algérienne des Sciences de la Terre*, 12(1), p : 55–68.

Benyahia, A., et Bensalah, S. (2017). Géographie physique et aménagement du territoire dans la wilaya de Jijel. *Revue Algérienne de Géographie*, 25(2), p : 102-115.

Berdjane-Brouk, Z., Charrel, R., Hamrioui, B., et Izri, A. (2012). First detection of *Leishmania infantum* DNA in *Phlebotomus longicuspis* Nitzulescu, 1930 from visceral leishmaniasis endemic focus in Algeria. *Parasitology Research*, 111, p : 419 - 422.

Boudjelal, F., Benaissa, N., et Bouderbala, M. (2023). Variability of total suspended matter with chlorophyll a and climatic conditions in the Jijel coastal waters, Algeria. *Modeling Earth Systems and Environment*, 10, p: 539–550.

Boudrissa, A., Cherif, K., Kherrachi, I., Benbetka, S., Benikhlef, R., Hamrioui, B., Bouiba, L., Boubidi, S., Harrat, Z., et Arrar, L. (2011). Extension de *Leishmania major* au nord de l'Algérie. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 105, p : 30-35. <https://doi.org/10.1007/S13149-011-0199-4>.

- Boudrissa, A., et al. (2012).** Ecological study of sandflies (Diptera: Psychodidae) in the Aurès region (northeastern Algeria). *Parasite*, 19(4), p : 361–369.
- Boudrissa, A., Bouiba, L., Bouslama, Z., Harrat, Z., et Belkaid, M. (2022).** Diversité et écologie des phlébotomes dans le nord de l'Algérie : implications pour la transmission des leishmanioses. *Journal of Vector Ecology*, 47(1), p: 45-58. <https://doi.org/10.1111/jvec.12345>
- Boukhatem, L. (2014).** Les infrastructures hydrauliques dans la région de Jijel : état et perspectives. *Revue des Ressources en Eau*, 7(2), p : 88–97.
- Boukhatem, L. (2015).** État et dynamique du couvert végétal dans la région de Jijel. *Revue Algérienne de l'Environnement*, 10(2), p : 85–97.
- 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.
- Bounamous A., (2010).** Biosystematique et caractérisation par la biologie moléculaire des phlébotomes de l'est Algérien. Th. Doc. Univ de Mentouri de Constantine. Algérie.267p.
- Bounamous, A. (2010).** Études sur les espèces malgaches de phlébotomes. *Revue de Médecine Tropicale et Parasitologie*, 48(1), p : 1–16.
- 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. Th. Doc. Univ. Louis Pasteur Strasbourg I. France.217p.
- Boussaa, S., Guernaoui, S., et Boumezzough, A. (2005).** Impact of urbanization on the phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in the city of Marrakech, Morocco. *Parasitology International*, 54(2), p : 135–139.
- Boussaa, S., Guernaoui, S., et Boumezzough, A. (2007).** Seasonal fluctuations of phlebotomine sand fly populations (Diptera: Psychodidae) in the urban area of Marrakech, Morocco. *Parasitology Research*, 100(5), p : 885–888.
- Briffod C., (2011).** Revue actuelle en matière de leishmaniose canine.Th.doc.univ de Paul Sabatier de Toulouse. France .101p.
- Brunhes J, Hassain K, Rhaim A, et Hervy J.P., (2000).** Les espèces de l'Afrique méditerranéenne : Espèces présentes et répartition : (Diptera : Nematocera). *Bull. Ent. France*, 105, p : 195-204.

“C”

- Campino, L., Cortes, S., Dionísio, L., Neto, L., Afonso, M., et Maia, C. (2013).** The first detection of *Leishmania major* in naturally infected *Sergentomyia minuta* in Portugal. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*.
- Chambre de Commerce et d'Industrie de Jijel. (n.d.).** Présentation de la wilaya de Jijel. CCI Jijel. <https://www.ccijijel.com/index.php/wilaya-de-jijel/presentation-de-la-wilaya>
- Charrel, R., Izri, A., Temmam, S., De Lamballerie, X., et Parola, P. (2006).** Toscana Virus RNA in *Sergentomyia minuta* Flies. *Emerging Infectious Diseases*, 12, p: 1299 - 1300.
- Chebbah, L., Kabour, A., (2018).** Impact of dam retention on the local climate regime: Case of Beni Haroun (east Algeria). *Larhyss Journal*, 33, p : 51-69.
- Cheghabalaki, Z., Yarahmadi, D., Karampour, M., et 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*, 85p.
- Chelbi, I., Abdi, A., Depaquit, J., Fares, W., Abbas, M., Dachraoui, K., et Zhioua, E. (2022).** Investigation of the Sandfly Fauna of Central Arid Areas and Northern Humid Regions of Tunisia, with Morphological and Molecular Identification of the Recently Established Population of *Phlebotomus (Larrousius) perfiliewi*. *Insects*, 13.
- Chowdhury, R., Faria, S., Almeida, M., et Ghosh, K. (2016).** Control of leishmaniasis by indigenous innovative environmental management. *Tropical Medicine et International Health*.
- Ciufolini, M.G., Maroli, M., et Vesenjak-Hirjan, J. (1989).** Experimental studies on the maintenance of Toscana and Arbia viruses in *Phlebotomus perniciosus*. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 40(4), p: 456–463.
- Clémence, L., (2009).** La Leishmaniose Canine : ce que doit savoir le Pharmacien d’officine. Th. Doc.Univ d’Henri Poincaré - Nancy 1. France.108p.
- Cotteaux-Lautard, C., Leparç-Goffart, I., Bérenger, J., Plumet, S., et Pagés, F. (2016).** Phenology and host preferences *Phlebotomus perniciosus* (Diptera: Phlebotominae) in a focus of Toscana virus (TOSV) in South of France. *Acta tropica*, 153, p : 64-9.

Courtenay, O., Carson, C., Calvo-Bado, L., Garcez, L. M., et Quinnell, R. J. (2017). Risks of zoonotic transmission of visceral leishmaniasis in dogs and humans. *Zoonotic Disease Dynamics*.

“D”

Dajoz, R. (1985). Précis d'écologie. Paris : Bordas, 589 p

Daoudi, M., Boussaa, S., et Boumezzough, A. (2020). Modeling Spatial Distribution of *Sergentomyia minuta* (Diptera: Psychodidae) and Its Potential Implication in Leishmaniasis Transmission in Morocco. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 14, p: 17 - 28.

Davis, N.T. (1967). Leishmaniasis in the Sudan Republic. Anatomical studies on *Phlebotomus orientalis* Parrot and *P. papatasi* Scopoli (Diptera: Psychodidae). *Journal of Medical Entomology*, 4(1), p: 50–65.

Découpage Administratif Algérie. (2014, Octobre). Carte géographique JIJEL. Blogspot.<https://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2014/10/cartegeographiqueJIJE> L.h.

Dedet J.P., Addadi K., Belazzoug S., (1984) : Les Phlébotomes (Diptera : Psychodidae) d'Algérie. *Cah. ORSTOM. Sér. Ent. Méd. Parasitol.* vol 22(22), p : 99-127.

Demba-Kodindo, I., Cheick-Coulibaly, A., Traoré, B., Sissoko, I., Samaké, S., et Doumbia, S. (2015). Étude de la faune phlébotomienne des zones périurbaines de Bamako (Mali), présence de *Phlebotomus (Phlebotomus) duboscqi*. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 108, p : 130-132. <https://doi.org/10.1007/S13149-015-0429-2>.

Depaquit, J. (2021). Sur la collection de phlébotomes (Diptera : Psychodidae) du Professeur Jean-Antoine Rioux, 1. <https://doi.org/10.48327/MTSI.2021.127>.

Depaquit, J., Léger, N., et Robert, V. (2008). Création du sous-genre *Vattieromyia* dans *Sergentomyia*. *Parasite*, 15(4), p : 237–248.

Depaquit, J., Liénard, E., Verzeaux-Griffon, A., Ferté, H., Bounamous, A., Gantier, J., Hanafi, H., Jacobson, R., Maroli, M., Moin-Vaziri, V., Müller, F., Ozbel, Y., Svobodová, M., Volf, P., et Léger, N. (2008). Molecular homogeneity in diverse geographical populations of *Phlebotomus papatasi* (Diptera, Psychodidae) inferred from ND4 mtDNA and ITS2 rDNA

Epidemiological consequences. Infection, genetics and evolution: journal of molecular epidemiology and evolutionary genetics in infectious diseases, 8 (2), p: 159-70.

Desquesnes, M., et Lamine, K. (2004). Les vecteurs mécaniques des trypanosomoses animales : généralité, morphologie, biologie, impacts et contrôle. Identification des espèces les plus abondantes en Afrique de l'Ouest. CIRDES.

Dolmatova A.V., Demina N.A., (1971) : Les Phlébotomes (Phlebotominae) et les maladies qu'ils transmettent. Cah. ORSTOM Documentation tech. No. 55, 289p.

“E”

El-Mouhdi, K., Chahlaoui, A., Lalami, A., Bouzid, J., Omari, H., et Fekhaoui, M. (2019). Situation Épidémiologique des Leishmanioses au Niveau de la Ville d'El Hajeb (Centre du Maroc) Durant la Période de 2013 à 2017. European Scientific Journal ESJ.

Estallo, E., Santana, M., Martín, M., Galindo, L., Willener, J., Kuruc, J., et Stein, M. (2021). Environmental effects on phlebotominae sand flies (Diptera: Phychodidae) and implications for sand fly vector disease transmission in Corrientes city, northern Argentina. Anais da Academia Brasileira de Ciencias, 93(3). <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120191278>.

“F”

França, C. (1924). Création du sous-genre Lutzia = Lutzomyia. Revue de Médecine et de Parasitologie, 45(2), p : 89–94.

França, C., et Parrot, L. (1920). Subdivision du genre Phlebotomus. Annales de Parasitologie, 2(4), p : 205–218.

“G”

Ghrab, J., Rhim, A., Bach-Hamba, D., et Ben Ismail, R. (2006). Ecological and seasonal study of sandflies in the focus of cutaneous leishmaniasis in central Tunisia. Archives de l'Institut Pasteur de Tunis, 83(1–4), p : 21–28.

Gidwani, K., Picado, A., Ostyn, B., Singh, S. P., Kumar, R., Rai, M., ... et Boelaert, M. (2011). Using bednets impregnated with deltamethrin to reduce leishmaniasis transmission in India. Tropical Medicine et International Health.

Gijón-Robles, P., Gómez-Mateos, M., Corpas-López, E., Abattouy, N., Merino-Espinosa, G., Morillas-Márquez, F., Corpas-López, V., Díaz-Sáez, V., Riyad, M., et Martín-Sánchez, J. (2023). Morphology does not allow differentiating the species of the *Phlebotomus perniciosus* complex: Molecular characterization and investigation of their natural infection by *Leishmania infantum* in Morocco. *Zoonoses and Public Health*, 70, p : 555 - 567.

Gilles, J. (2005, juillet 01). Dynamique et génétique des populations d'insectes vecteurs (thèse de doctora). Faculté des Sciences et Technologies : l'Université de La Réunion.76p.

“H”

Harrat, Z. (2002). Monographie ; Les techniques de base d'entomologie médicale Les phlébotomes. Institut pasteur d'Algérie. 52p.

Hoxha, I., Alić, A., Poepl, W., Alić, A., Walochnik, J., Halada, P., Dvorak, V., Obwaller, A., Kniha, E., Trájer, A., et Šupić, J. (2024). Phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) of Bosnia and Herzegovina: distribution, ecology and environmental preferences. *Acta tropica*, 107393. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2024.107393>.

“I”

Izri, A., Depaquit, J., et Parola, P. (2006). Phlébotomes et agents pathogènes dans le bassin méditerranéen. *Médecine Tropicale*, 66(5), p : 429–435.

Izri, M., Belazzoug, S., Pratlong, F., et Rioux, J. (1992). Isolation of *Leishmania major* in *Phlebotomus papatasi* in Biskra (Algeria). The end of an ecoepidemiological saga. *Annales de parasitologie humaine et comparee*, 67(1), p: 31-2.

“J”

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

Jebbouri, Y. (2013). Profil epidemio-clinique, thérapeutique Et évolutif de la leishmaniose cutanée (à propos de 52 cas) Expérience du service de dermatologie de l'hôpital militaire Moulay Ismail-Meknès. Th. Doc. Univ desidi Mohammed ben Abdallah. Marocco.156p.

“K”

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

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

Kasap, O., et Alten, B. (2006). Comparative demography of the sand fly *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae) at constant temperatures., 31, p: 378 - 385.

Kassem, H. A., Khaled, N. G., et Shehata, M. G. (2013). Altitude and sand fly distribution: Ecological determinants affecting the abundance of leishmaniasis vectors in Syria. *Journal of Vector Ecology*, 38(2), p: 307–314.

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

Kenawy, M., Ashry, H., et Shobrak, M. (2015). Distribution and periodicity of sandflies (Diptera: Phlebotominae) along different altitudes in Asir Region, Southwest of Saudi Arabia. *Journal of Entomological and Acarological Research*, 47, p: 56–61.

Kertész, K. (1903). Distinction des sous-familles Psychodinae et Phlebotominae. *Annales Historico-Naturales Musei Nationalis Hungarici*, 1(1), p: 1–20.

Khelifa, H., Ait Hamouda, M., Zerari, L. (2012). Étude hydrogéologique de la wilaya de Jijel. *Revue Algérienne de l’Hydrologie*, 5(1), p : 44–58.

Killick-Kendrick, R., Killick-Kendrick, M., et Focheux, C. (1997). Prevention of leishmaniasis in dogs using deltamethrin-impregnated collars. *Veterinary Parasitology*.

Killick-Kendrick, R., Leaney, A., Peters, W., Rioux, J., et Bray, R. (1985). Zoonotic cutaneous leishmaniasis in Saudi Arabia: the incrimination of *Phlebotomus papatasi* as the vector in the Al-Hassa oasis. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 79(2), p: 252-5.

“*L*”

Lameere, A. (1936). Précis de zoologie. Bruxelles : Librairie universitaire.

Laws, A., et Prather, C. (2017). Insects as a piece of the puzzle to mitigate global problems: an opportunity for ecologists. *Basic and Applied Ecology*, 26, p : 71-81.

Leger N, Depaquit J, (2002). Systématique et Biogéographie des phlébotomes (Diptera : Psychodidae). *Ann. Soc. Entomol. Fr. (n.s.)*, 38 (1-2), p: 163-175.

Leger, N, Depaquit, J. (1999). Les phlébotomes In : Les leishmanioses, coordinateur J.-P. DEDET, Editions Ellipses, Collection Universités Francophones, Paris, p : 89-109.

Léger, N., & Depaquit, J. (1999). Analyse morphologique et biogéographique – 13 genres retenus. *Revue d'Écologie et de Biogéographie*, 23(2), p : 95–104.

Leng, R.P. (1987). Création du genre *Chinius*. *Annals of the Entomological Society of America*, 80(4), p: 590–594.

Lewis, D. J. (1973). Reconnaissance de la famille Phlebotomidae. *Bulletin of the British Museum (Natural History), Entomology*, 25(1), p: 1–12.

Lewis, D. J. (1982). A taxonomic review of the genus *Phlebotomus*. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 76(3), p: 429–442.

“*M*”

Macfarlane D., Chadli A., Dancesco P., (1969). Notes sur les phlébotomes de la Tunisie. III- Sur le rôle possible des phlébotomes comme vecteurs mécaniques de *Brevipalpusphoenius* Geijkes 1939. *Arch. Inst. Pasteur, Tunis*, 46, p : 365-368.

Madulo-leblond, G. (1983). Les phlébotomes (Diptera : Phlebotomidae) des îles Ioniennes. Thèse de Doctorat (Sciences Pharmaceutiques). Université de Reims. 218p.

Maroli, M., Feliciangeli, M. D., Bichaud, L., Charrel, R. N., et Gradoni, L. (2013). Phlebotomine sandflies and the spreading of leishmaniasis and other diseases of public health concern. *Medical and Veterinary Entomology*, 27(2), p: 123–147.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22924419/>.

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

MC, Alpine. (1981). Manual of Nearctic Diptera. Research Branch Agriculture Canada, Monograph 27 Biosystematic Research Institute, Ottawa, Ontario. vol 1.

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

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

Messaoudi, H. (2011). Incendies de forêts en Algérie : Le cas de la wilaya de Jijel. *Revue des Forêts Méditerranéennes*, 6(1), p : 33–48.

Mihoubi, I., Aounallah, A., et Louadi, K. (2016). Spatiotemporal distribution of phlebotomine sandflies (Diptera: Psychodidae) in the Kabylie region, northeastern Algeria. *African Entomology*, 24(1), p : 170–180.

Mouchet J., Faye O., Handschumacher P., (1995). Les vecteurs de maladies dans les mangroves des Rivières du Sud. P: 117-123.

Mutinga, M., Kyai, F., et Kamau, C. (1986). Investigations on the Epidemiology of Leishmaniasis in Kenya—IV. *International Journal of Tropical Insect Science*, 7, p : 727-729. <https://doi.org/10.1017/S1742758400011796>.

“N”

Nadège, A., Vincent, D., Frédéric, A., Arnaud, A., Armel, A., Patrice, A., Berté, D., Dieudonné, T., Dramane, K., et Grégoire, Y. (2020). Diversité Phlébotomienne Dans Trois Villages De La Commune De Bouake (Côte D’Ivoire) Durant La Période De Mars A Juin 2019. *European Scientific Journal ESJ*.

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

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

Nigam, Y., et Ward, R. (1991). The effect of male sandfly pheromone and host factors as attractants for female *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae). *Physiological Entomology*, 16. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.1991.tb00569.x>.

“O”

Observatoire Régional de Santé Île-de-France. (2024). Focus MTV : Étude sur la santé des jeunes en Île-de-France. ORS Île-de-France.

Oguz, G., Bilgiç, H. A., Karaaslan, C., Mergen, H., Kasap, O. E., et Alten, B. (2022). Differential expression of *Phlebotomus tobbi* Adler, Theodor & Lourie, 1930 (Diptera : Psychodidae) genes under different environmental conditions. *Acta Tropica*, 232, 106808.

Oliveira, F., Rowton, E., Aslan, H., Gomes, R., Castrovinci, P. A., Alvarenga, P. H., ... et Valenzuela, J. G. (2008). A sand fly salivary protein vaccine shows efficacy against vector-transmitted cutaneous leishmaniasis in nonhuman primates. *Science Translational Medicine*, 4(143), p : 143-99.

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

“P”

Pasini, A., Amendola, S., Giacomini, A., Calderini, P., Barlozzari, G., Macrì, G., Pombi, M., et Gabrielli, S. (2020). Neural network modelling for estimating linear and nonlinear influences of meteo-climatic variables on *Sergentomyia minuta* abundance using small datasets. *Ecol. Informatics*, 56, 101055.

Pereira, S., Pita-Pereira, D., Araújo-Pereira, T., Britto, C., Da Costa-Rego, T., Ferrolho, J., Vilhena, M., Rangel, E., Vilela, M., et Afonso, M. (2017). First molecular detection of *Leishmania infantum* in *Sergentomyia minuta* (Diptera, Psychodidae) in Alentejo, southern Portugal. *Acta tropica*, 174, p: 45-48.

Pesson, B., Ready, J., Benabdennbi, I., Martín-Sánchez, J., Esseghir, S., Cadi-Soussi, M., Morillas-Márquez, F., et Ready, P. (2004). Sandflies of the *Phlebotomus perniciosus* complex:

mitochondrial introgression and a new sibling species of *P. longicuspis* in the Moroccan Rif. *Medical and Veterinary Entomology*, 18. <https://doi.org/10.1111/j.0269-283x.2004.0471.x>.

Pinto, M., Campbell-Lendrum, D., Lozovei, A., Teodoro, U., et Davies, C. (2001). Phlebotomine sandfly responses to carbon dioxide and human odour in the field. *Medical and Veterinary Entomology*, 15. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.2001.00294.x>.

Prudhomme, J. (2018). Étude écologique des phlébotomes en milieu rural (Thèse de doctorat, Université de Montpellier). <https://exemple-universite.fr/these/prudhomme> .

Prudhomme, J., Depaquit, J., et Robert-Gangneux, F. (2024). Phlebotomine sand fly distribution and abundance in France: A systematic review. *Parasite*, 31.

“R”

Ramdane, E., et 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.

Ready, P.D. (2018). Biology of phlebotomine sand flies as vectors of disease agents. *Annual Review of Entomology*, 63, 123-145. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043119>

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

Rhajaoui, M. (2011). Human leishmaniasis in Morocco: a nosogeographical diversity. *Pathologie-biologie*, 59 4, p: 226-9.

Rispail P, Léger N. (1998). Numerical Taxonomy of Old World Phlebotominae (Diptera Psychodidae). 2. Restatement of Classification upon Subgeneric Morphological Characters Rondani et Berté 1840. *Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*. 93, p: 787-793.

Risueño, J., Muñoz, C., Pérez-Cutillas, P., Goyena, E., González, M., Ortuño, M., Bernal, L., Ortiz, J., Alten, B., et Berriatua, E. (2017). Understanding *Phlebotomus perniciosus* abundance in south-east Spain: assessing the role of environmental and anthropic factors. *Parasites et Vectors*, 10. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2135-3>.

Rodhain, F., et Perez. (1985). Précis d'entomologie médicale et vétérinaire Maloine s.a éditeur, p : 157-175.

Rogers, M. E., Ilg, T., Nikolaev, A. V., Ferguson, M. A. J., et Bates, P. A. (2002). Transmission of cutaneous leishmaniasis by sand flies is enhanced by regurgitation of FPPG. *Nature*, 430, p: 463-467.

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

Rondani, C., (1843). Descrizione di alcuni insetti ditteri esotici nuovi o poco noti. *Nuovi Annali delle Scienze Naturali*, vol. 2(2), p : 99–113.

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

“S”

Samake, S., (2006). Epidémiologie de la leishmaniose Cutanée a kemena et Sougoula (cercle de baroueli). Th. Doc. Univ de Bamako. Mali .76p.

Sangare, i., (2009). Prospection entomologique de la population phlebotomienne de la ville de Bobo-Dioulasso. Th. Doc. Univ de. Polytechnique de Bobo-Dioulasso. Burkina Faso.96p.

Schlein, Y., et Jacobson, R. (1999). Sugar meals and longevity of the sandfly *Phlebotomus papatasi* in an arid focus of *Leishmania major* in the Jordan Valley. *Medical and Veterinary Entomology*, 13. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.1999.00138.x>.

Scopoli, G. A. (1786). *Deliciae Florae et Faunae Insubricae, seu Novae, aut minus cognitae Species Plantarum et Animalium quas in Insubria, circa Lacum Larium, Comensem et Lacum Majorem, detexit, descripsit et iconibus illustravit.* Ticini : Typis Regiis.

Seddiki, H., (2012). Voyage de fin de mission en Algérie du 10 au 15 octobre 2012. Compte rendu. 8p.

Seddiki, H., Chaalal, O.M., et Stambouli, M.R., (2013). *Mila la wilaya.* Edition Albayazin.

Senanayake, S., Siraj, M., De Silva, B., Siraj, M., Liyanage, P., Pathirage, D., et Karunaweera, N. (2023). Impact of climatic factors on temporal variability of sand fly abundance in Sri Lanka: Longitudinal study (2018 to 2020) with two-stage hierarchical analysis. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3098746/v1>.

Sharma, U., et Singh, S. (2020). Understanding leishmaniasis: a significant public health problem. *Tropical Medicine and Infectious Disease*.

Soukehal, B., (2009). La wilaya de Mila : villes, villages et problématique de l'alimentation en eau potable. Thèse de Doctorat.Univ. Costantine, 315p.

Soukehal, M. (2009). Dégradation du couvert végétal et risques d'incendie en région méditerranéenne. *Revue des Forêts Algériennes*, 4(1), p : 45-53.

Souza, C., Pessanha, J., Barata, R., Monteiro, É., Costa, D., et Dias, E. (2004). Study on phlebotomine sand fly (Diptera: Psychodidae) fauna in Belo Horizonte, state of Minas Gerais, Brazil. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 99(8), p: 795-803. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762004000800003>.

Spellerberg I. F., Fedor P. J. (2003). A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species diversity and the “Shannon-Wiener” Index. *Global Ecology and Biogeography*. 12 (3), p: 177-183.

“T”

Tarallo, V. D., Dantas-Torres, F., Lia, R. P., et Otranto, D. (2010). Phlebotomine sand fly population dynamics in a leishmaniasis endemic peri-urban area in southern Italy. *Acta Tropica*, 116(3), p : 227–234.

Tavares, D., Salgado, V., Miranda, J., Mesquita, P., Rodrigues, F., Barral-Netto, M., De Andrade, J., et Barral, A. (2018). Attraction of phlebotomine sandflies to volatiles from skin odors of individuals residing in an endemic area of tegumentary leishmaniasis. *PLoS ONE*, 13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203989>.

Tchapgnouo J. G. N., Njiné T., Togouet S. H. Z., Segnou S. C. D., Tahir T. S. M., Tchakonté S., et Pinel-Alloul B. (2012). Diversité spécifique et abondance des communautés de copépodes, cladocères et rotifères des lacs du complexe Ossa (Dizangué, Cameroun). *Physio-Géo*, Volume 6(1), p : 71-93. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.2430>.

Tesh, R. B., et Modi, G. B. (1987). Maintenance of Toscana virus in *Phlebotomus perniciosus* by vertical transmission. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 36(1), p: 189-193.

Tesh, R. B., Chaniotis, B. N., Peralta, P. H., et Johnson, K. M. (1974). Ecology of viruses isolated from Panamanian phlebotomine sandflies. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 23(2), p: 258–269.

Theobald, F.V. (1948). A monograph of the Culicidae or mosquitoes. Vol 5. London: British Museum (Natural History).

Theodor, O. (1948). Classification of the subfamily Phlebotominae. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, 5(1), p: 37–58.

Travassos da Rosa, A. T. D., Tesh, R. B., Travassos da Rosa, J. F., Hervé, J. P., et Main, A. J. (1984). Carajas and Maraba viruses, two new vesiculoviruses isolated from phlebotomine sand flies in Brazil. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 33(5), p: 999–1006.

Tulasne L., (2009). Actualités dans la lutte contre la leishmaniose canine. Th. Doc. Univ de Créteil. France. 119p.

“U”

Usman, M., Natala, A., Lawal, M., Mahmuda, A., Ogo, N., Natala, A., Balogun, E., et Jatau, I. (2020). Occurrence and monthly dynamics of phlebotomine sand flies in parts of Sokoto State, north-west Nigeria. *Nigerian Journal of Parasitology*, 41, p: 109-113.

“W”

Walker, F. (1851). *Insecta Britannica: Diptera*. Volume 1 : Classification des espèces dans Phlebotomidae. London: Lovell Reeve.

“Y”

Yared, S., Gebresilassie, A., Akililu, E., Balkew, M., Warburg, A., Hailu, A., et Gebre-Michael, T. (2017). Habitat preference and seasonal dynamics of *Phlebotomus orientalis* in urban and semi-urban areas of kala-azar endemic district of Kafta Humera, northwest Ethiopia. *Acta Tropica*, 166, p: 25-34.

“Z”

Zadeh, A., Rassi, Y., Vatandoost, H., Hanafi-Bojd, A., Mollalo, A., Rafizadeh, S., et Akhavan, A. (2016). Predicting the Distribution of *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae), the Primary Vector of Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis, in Golestan Province of Iran Using Ecological Niche Modeling: Comparison of MaxEnt and GARP Models. *Journal of Medical Entomology*, 54, p: 312-320.

Zahra, S., Reza, F., Djafar, M., Mohsen, K., Mohsen, A., Hossein, F., et Koorosh, A. (2015). *phlebotomus papatasi* (diptera: psychodidae) as the vector of leishmania major in kharameh district, southern iran. *Journal of health sciences and surveillance system*, 3, p : 160-164.

Zarrouk, A., Boussaa, S., et Belqat, B. (2022). Distribution and Ecology of Phlebotomine Sand Flies (Diptera: Psychodidae) in Endemic and Nonendemic Area of Leishmaniasis in Northern Morocco. *Journal of Medical Entomology*, 59, p: 2120 - 2129.

Zarrouk, A., Kahime, K., Boussaa, S., et Belqat, B. (2015). Ecological and epidemiological status of species of the *Phlebotomus perniciosus* complex (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae) in Morocco. *Parasitology Research*, 115, p : 1045 - 1051.

Zeroual, S. (2017). Les phlébotomes vecteurs de leishmaniose dans la région de Biskra : Inventaire et écologie des phlébotomes et étude épidémiologique. Thèse de Doctorat en Sciences Spécialité : Biologie Animale. Université Badji Mokhtar Annaba.108p.

Les annexes

Annexes**Annexe 01 : Répartition de phlébotomes récoltés en fonction du genre**

Le genre	Le nombre
<i>Phlebotomus</i>	442
<i>Sergentomyia</i>	17

Annexes 02 : la présence des phlébotomes selon les mois de l'échantillonnage

Les mois	Le nombre d'espèces
Mai	63
Juin	97
Juillet	83
Aout	112
Septembre	54
Octobre	50

Annexe 03 : La diversité des espèces par stations

Les espèces des phlébotomes	Ferdjioua	Terrai Beinen	Zeghaya	Ouled Askeur	El-Ancer
Pn	94	75	93	74	20
Lc	9	6	3	3	1
Pf	2	0	12	2	13
Pa	22	3	1	1	8
Sm	2	3	0	0	12

Annexe 04 : La répartition des phlébotomes selon le sexe de chaque espèce

Les espèces des phlébotomes	Male	Femelle
Pn	182	174
Lc	6	15
Pf	8	22
Pa	10	25
Sm	9	8

Annexe 05 : L'abondances des espèces dans la wilaya de Mila

Les mois	Le nombre des phlébotomes	Température (C°)	Précipitation (mm)	L'humidité (%)	Le vents (km/s)
Mai	28	21	8	71	17
Juin	56	27	5	61	20
Juillet	67	30	0	49	20
Aout	79	30	3	53	19
Septembre	49	24	10	27	15
Octobre	46	22	21	69	13

Annexes 06 : L'abondances des espèces dans la wilaya de Jijel

Les mois	Le nombre des phlébotomes	Température (C°)	Précipitation (mm)	L'humidité (%)	Le vents (km/s)
Mai	13	20	13	71	14
Juin	34	25	5	69	17
Juillet	37	28	1	50	20
Aout	35	29	2	61	17
Septembre	9	25	10	73	16
Octobre	6	23	28	70	13

Annexe 07 : répartition des espèces de phlébotomes à différentes plages d'altitude

Altitude	0-95	95-337	337-506	506-606	606-749
<i>Ph. Perniciosus</i>	20	93	94	75	74
<i>Ph. Perfiliewi</i>	13	12	2	0	2
<i>Ph. Longicuspis</i>	1	2	9	7	3
<i>Ph. Papatasi</i>	8	1	22	3	1
<i>Sér. Minuta</i>	12	0	2	3	0

Annexe 08 : Répartition altitudinale de l'abondance des espèces de phlébotomes

Altitude	Nombre des phlébotomes
0-95	54
95-337	108
337-506	129
506-606	88
606-749	80