



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة زيان عاشور-الجلفة

Université Ziane Achour – Djelfa

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا

Département de Biologie



Laboratoire d'Exploration et de Valorisation des Ecosystèmes Steppiques (EVES)

THESE

En vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat de troisième cycle (D-LMD)

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie Animale

Thème :

**Étude systématique et bio-écologique des phlébotomes
(Diptera : Psychodidae) ; principaux vecteurs des
Leishmania dans la région de Djelfa**

Par : M^{lle} Messaoudene Fatma

Soutenue devant le jury :

Président	M. Souttou Karim	Professeur (Univ. Djelfa)
Directrice de thèse	M ^{me} Guerzou Ahlem	Professeure (Univ. Djelfa)
Co-directeur de thèse	M. Boukraa Slimane	MCB (ENSA)
Examineurs	M ^{me} Derouèche Houda	MCA (Univ. Djelfa)
	M. Chaïbi Rachid	Professeur (Univ. Laghouat)
Invité	M. Ouahabi Abdeldjalil	Professeur (Univ. Tours, France)

Soutenue le 06/01/2025

Année Universitaire 2024/2025

Remerciements

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude à ma directrice de thèse, la Professeure **Guerzou Ahlem**, pour ses conseils inestimables, son orientation, son soutien et son encouragement tout au long de mon parcours doctoral.

Je remercie également mon co-encadrant, Dr. **Boukraa Slimane**, Maître de Conférence à l'École Nationale Supérieure Agronomique, pour sa supervision, son aide dans l'élaboration de plans ciblés et son soutien,

Je souhaite également exprimer ma gratitude aux membres du jury, Dr. **Derouèche Houda** et Pr. **Chaïbi Rachid**, ainsi qu'au président du jury, Pr. **Souttou Karim**, pour avoir accepté d'évaluer mon travail. Je les remercie également pour leur assistance et leurs précieux efforts qui ont contribué à l'amélioration et la finalisation de ce projet.

Mes remerciements s'adressent également à Dr. **Boubidi Chaouki Said**, Responsable du Laboratoire d'Eco-Epidémiologie Parasitaire et Génétique des Populations pour avoir m'initié à l'identification des phlébotomes et pour son accueil chaleureux à l'institut de pasteur d'Alger, qui a éveillé mon enthousiasme pour le monde des phlébotomes.

Je souhaite ; ainsi ; exprimer ma profonde gratitude au professeur **Abdeljalil Ouahabi** de l'université de Tours pour sa précieuse collaboration et son soutien inestimable, qui m'ont été essentiels dans le développement de mes compétences en rédaction scientifique.

Je tiens également à remercier les membres du laboratoire VERG de l'Université de Hacettepe, Turquie ; le Professeur **Bulent Alten** pour son accueil, le Professeur **Özge Erişöz Kasap**, Dr. **Gizem Oğuz** et la doctorante **Ayda Yılmaz** pour leurs aides dans la confirmation de certaines espèces et pour la réalisation des analyses entomo-génétiques, pour lequel je leur suis vraiment reconnaissante.

Je souhaite exprimer ma gratitude à tout le personnel et aux enseignants de la Faculté des Sciences de la Vie et de la Nature de l'Université de Djelfa.

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	2
Chapitre I - Phlébotomes : Diversité, Généralités et Importance médicale	6
1.1. Étude bioécologique des phlébotomes.....	6
1.1.1. Taxonomie des phlébotomes.....	6
1.1.2. Habitats et biotopes.....	7
1.1.3. Cycle de développement	9
1.1.4. Répartition géographique des phlébotomes.....	10
1.1.4.1. Dans le monde.....	10
1.1.4.2. En Algérie	11
1.2. Importance médicale des phlébotomes.....	13
1.2.1. Arboviroses.....	13
1.2.2. Bartonelloses.....	13
1.2.3. Leishmanioses.....	14
1.2.3.1. Leishmanioses en Algérie.....	15
1.2.3.1.1. Leishmaniose cutanée.....	15
1.2.3.1.2. Leishmaniose viscérale.....	16
1.2.3.2. Leishmanioses à Djelfa.....	16
Chapitre II - Matériel et méthodes	19
2.1. Choix et description des stations d'étude.....	19
2.1.1. Présentation de la région de Djelfa.....	19
2.1.2. Choix des stations d'étude	20
2.1.2.1. Station d'Ain Oussera (sites 1 et 2).....	21
2.1.2.2. Station de Hassi Bahbah (sites 3 et 4).....	22
2.1.2.3. Station de la commune de Djelfa (sites 5 et 6).....	23
2.1.2.4. Station d'Ain El Bel (sites 7 et 8).....	25
2.1.2.5. Station de Mlaga, site 9.....	26
2.1.2.6. Station de Haniet Ouled Salem, site 10.....	27
2.1.3. Synthèse climatique des stations d'études.....	27
2.1.3.1. Corrections climatiques de Seltzer (1946).....	28
2.1.3.2. Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	28
2.1.3.3. Positions des stations d'étude dans Climagramme d'Emberger.....	30
2.2. Méthode d'échantillonnage des phlébotomes.....	30
2.2.1. Description des pièges lumineux CDC.....	31
2.2.2. Avantages.....	33
2.2.3. Inconvénients.....	33
2.3. Méthodes utilisées au laboratoire.....	33
2.3.1. Préparation des spécimens.....	33
2.3.2. Identification des phlébotomes.....	35
2.4. Analyse entomo-génétique des phlébotomes.....	36
2.4.1. Extraction et amplification d'ADN.....	36
2.4.2. Amplification par PCR.....	37
2.4.3. Electrophorèse sur gel d'agarose.....	37
2.5. Exploitation des résultats.....	38
2.5.1. Qualité de l'échantillonnage	38

2.5.2. Exploitation des résultats par des indices écologiques et des analyses statistiques.....	38
Chapitre III- Résultats de la diversité des phlébotomes dans la région de Djelfa ...	41
3.1. Liste des espèces phlébotomes trouvées dans les dix stations d'étude de la région de Djelfa.....	41
3.2. Qualité d'échantillonnage.....	42
3.3. Etude écologique par des indices écologiques.....	42
3.3.1. Exploitation des résultats par les indices écologiques de composition.....	43
3.3.1.1. Richesses totale S et moyenne Sm.....	43
3.3.1.2. Abondances relatives.....	44
3.3.1.3. Fréquence d'occurrence.....	49
3.3.2. Exploitation des résultats par les indices écologiques de structure.....	50
3.3.2.1. Indice de Shannon-Weaver.....	50
3.3.2.2. Indice d'équitabilité.....	51
3.3.2.3. Indice de Simpson de dominance et de réciproque.....	51
3.4. Étude systématique.....	52
3.4.1. Critères morphologiques de quelques espèces de phlébotomes échantillonnés.....	52
3.4.2. Sex-ratio des phlébotomes échantillonnés.....	58
3.5. Résultats de l'étude entomo-génétique.....	60
3.6. Analyses statistiques.....	61
3.6.1. Corrélation de Pearson entre les facteurs climatiques et les phlébotomes.....	61
3.6.2. Diagramme de Venn pour les trois biotopes	63
Chapitre IV - Discussion des résultats.....	65
4.1. Discussion des résultats de la diversité des espèces de phlébotomes vecteurs des <i>Leishmania</i> spp.....	65
4.2. Discussion des résultats de l'abondance relative des phlébotomes.....	66
4.3. Discussion des résultats de la fréquence d'occurrence des phlébotomes.....	68
4.4. Discussion résultats de Shannon- Weaver.....	69
4.5. Discussion de l'indice d'équitabilité	69
4.6. Discussion de l'indice de Simpson de dominance et de réciproque des phlébotomes.....	70
4.7. Discussion des critères morphologiques de quelques espèces de phlébotomes.....	70
4.8. Discussion de sex-ratio des phlébotomes.....	72
4.9. Discussion des analyses du repas sanguin.....	72
4.10. Discussion de la corrélation de Pearson entre les facteurs climatiques et les phlébotomes.....	73
4.11. Discussion du diagramme de Venn pour les trois biotopes.....	73
Conclusion et perspectives.....	76
Références bibliographiques.....	80
Annexe	

Liste des abréviations

ADN: Acide désoxyribonucléique.

ATL: Lyse tissulaire.

C: Celsius.

D.S.P.: Directions de la Santé et de la Population.

E: East.

E: Equitabilité.

Fig: Figure.

FO: Fréquence d'occurrence.

h: heures.

H': Indice de diversité Shannon Weaver.

H'max: Diversité maximale.

I.N.S.P.: Institut National de Santé Publique.

IDS: indices Simpson de dominance.

IRS: Indice de Simpson de réciproque.

Km: Kilomètres.

L: *Leishmania*.

LC: Leishmaniose cutanée.

LV: Leishmaniose Viscérale.

m: mètres.

M: Moyenne.

maxima: Maximal.

minima: Minimal.

ml: millilitres.

mm: millimètres.

N: Nord.

P: Précipitation.

Pb: paire de bases.

PCR: réaction en chaîne par polymérase.

Ph: *Phlebotomus*.

Pro: Professionnel.

Q3: Quotient pluviothermique d'Emberger.

S: Richesse totale.

S: Site.

Se: *Sergentomyia*.

Sm: Richesse moyenne mensuelle.

Subsp: sous-espèce.

T: Température.

Tab: Tableau.

μl: Microlitres.

V: Volt.

p: probabilité.

Liste des figures

Fig. 1 - Habitats des phlébotomes: a) Maisons construits en pierre et b) Etables (Gherbi et al., 2020 ; Benikhlef et al., 2021).....	7
Fig. 2 - Maturation de phlébotome (selon des données bibliographiques (Photographies Originales)).....	10
Fig. 3 - Répartition géographique des phlébotomes dans le monde, créée par ArcGIS 10.7 (Akhoundi et al., 2016).....	11
Fig. 4 - Répartition géographique des <i>Leishmania</i> spp. et des phlébotomes en Algérie créée par ArcGIS 10.7 (Eddaikra et al., 2013 ; Benallal et al., 2022).....	12
Fig. 5 - Micrographie UV correspondante de <i>Bartonella bacilliformis</i> chez une femelle <i>Lutzomyia verrucarum</i> (Battisti et al., 2015).....	14
Fig. 6 - Cycle de développement de parasite <i>Leishmania</i> spp., le cas de leishmaniose cutanée selon des données bibliographiques (Illustrations originales).....	15
Fig. 7 - Leishmaniose viscérale: a) Patient ougandais souffrant d'un gonflement de l'abdomen (Chappuis et al., 2007) ; b) Préparation colorée de <i>Leishmania</i> prélevée de la moelle osseuse d'un patient diagnostiqué d'une leishmaniose viscérale dans un hôpital (commune de Djelfa) (D.S.P., 2023).....	17
Fig. 8 - Situation géographique de la région de Djelfa (créée par ArcGIS).....	20
Fig. 9 - Situation géographique montrant la position des six stations et les dix sites d'étude sur un transect Nord/Sud.....	21
Fig. 10 - Station d'Ain Oussera: a) Bergerie (site 1) et b) Propriété privée (site 2) (Photographies originales prise en 2021).....	22
Fig. 11 - Station de Hassi Bahbah: a) Ancienne maison "Dar Arab" (site 3) et b) Bergerie (site 4) (Photographies originales prise en 2021).....	23
Fig. 12 - Station de Djelfa: a) Voisinage de l'habitat humain (site 5) et b) Ecurie (site 6) (Photographies originales prise en 2021).....	24
Fig. 13 - Station d'Ain El Bel: a) Débarras (site 7) et b) Parc à moutons (site 8) (Photographies originales prise en 2021).....	25
Fig. 14 - Station de Mlaga, site 9 (Photographie originale prise en 2021).....	26
Fig. 15 - Station de Haniet Ouled Salem, site 10 (Photographie originale prise en 2021).....	27
Fig. 16 - Diagrammes ombrothermiques des stations d'étude: a) Djelfa et b) Ain Oussera c) Hassi Bahbah d) Ain El Bel e) Mlaga f) Haniet Ouled Salem.....	29
Fig. 17 - Positions des six stations d'étude dans le climagramme d'Emberger sur la période de 2013 à 2023.....	31
Fig. 18 - Piège lumineux CDC: a) Piège en état actif et b) Piège récupéré après 12h montrant les arthropodes attrapés.....	32
Fig. 19 - Tri et séparation des phlébotomes d'autres arthropodes piégés.....	34
Fig. 20 - Traitement des échantillons: a) Produits nécessaires pour la solution Marc André pour éclaircissement, b) Solution SWAN pour fixation, c) Identification dans l'institut pasteur et d) Lames préparées et notées.....	35
Fig. 21 - Différentes étapes suivies pour les analyses des repas sanguins des phlébotomes...	37
Fig. 22 - Différents indices écologiques et analyses statistiques appliqués pour exploiter les résultats.....	39
Fig. 23 - Abondances relatives des espèces dans les deux sites de la station périurbaine d'Ain Oussera: a) Site 1 et b) Site 2.....	45
Fig. 24 - Abondances relatives des espèces dans les deux sites de la station périurbaine de Hassi Bahbah: a) Site 3 et b) Site 4.....	46
Fig. 25 - Abondances relatives des espèces dans les deux sites de la station urbaine de Djelfa: a) Site 5 et b) Site 6.....	47
Fig. 26 - Abondances relatives des espèces dans les deux sites de la station rurale d'Ain El Bel: a) Site 7 et b) Site 8.....	47
Fig. 27 - Abondances relatives des espèces dans le site de station rurale de Mlaga.....	48
Fig. 28 - Abondances relatives des espèces dans le site de station rurale d'Haniet Ouled Salem.....	48

Fig. 29 - <i>Phlebotomus papatasi</i>: a) Spermathèque, b) Tête de la femelle et c) Genitalia de mâle	54
Fig. 30- <i>Phlebotomus langeroni</i>: a) Spermathèque et b) Genitalia de mâle	55
Fig. 31- <i>Phlebotomus alexandri</i>: a) Tête de la femelle, b) Spermathèque et c) Genitalia de mâle	56
Fig. 32- <i>Sergentomyia fallax</i>: a) Genitalia de mâle, b) Tête de la femelle et c) spermathèque	57
Fig. 33- <i>Sergentomyia minuta</i>: a) Tête de la femelle et b) Spermathèque	58
Fig. 34- Dominance des femelles capturées dans la région d'étude	59
Fig. 35- Répartition des espèces de phlébotomes par sexe dans la région d'étude (août 2021-juillet 2022)	59
Fig. 36- Visualisation des bandes des amplifiât sur le gel d'agarose après l'électrophèse ...	60
Fig. 37-Corrélations de Pearson entre les espèces de phlébotomes et les variables de température maximale, minimale et moyenne (août 2021-juillet 2022)	62
Fig. 38- Corrélations de Pearson entre les espèces de phlébotomes et les précipitations (août 2021-juillet 2022)	62
Fig. 39- Diagramme de Venn des espèces de phlébotomes trouvées dans les différents biotopes de la région de Djelfa (août 2021-juillet 2022)	63

Liste des tableaux

Tableau 1 – Liste des espèces choisies pour les analyses sanguines.....	Annexe
Tableau 2 - Liste des espèces de phlébotomes récoltées dans six stations d'étude de la région de Djelfa (août 2021- juillet 2022).....	41
Tableau 3 - Valeurs de la qualité d'échantillonnage des espèces de phlébotomes échantillonnées dans la région d'étude de la région de Djelfa (août 2021- juillet 2022).....	42
Tableau 4 - Richesses totale et moyenne des espèces de phlébotomes échantillonnées dans les différents sites de la région de Djelfa entre août 2021 et juillet 2022.....	43
Tableau 5 - Valeurs des abondances relatives des espèces de phlébotomes échantillonnées dans les dix sites d'étude de différents biotopes dans la région de Djelfa (août 2021- juillet 2022).....	44
Tableau 6 - Fréquence d'occurrence des espèces de phlébotomes des dix sites d'étude (août 2021- juillet 2022).....	49
Tableau 7 - Valeurs des indices de diversité de Shannon-Weaver H' et l'équitabilité E dans les différents biotopes (août 2021- juillet 2022).....	50
Tableau 8 - Valeurs de l'indice de Simpson de dominance et de réciproque dans les dix sites d'étude de la région de Djelfa (août 2021- juillet 2022).....	51



Introduction

Introduction

Les phlébotomes, Sand flies (Insecta : Psychodidae : Phlebotominae) sont les diptères d'importance agrovétérinaire et médicale les plus reconnus dans le monde (Rassi et *al.*, 2008 ; Duvallet et *al.*, 2017). À l'échelle mondiale, près de 1000 espèces classées en plusieurs genres, *Phlebotomus* Rondani & Berté, 1840, *Sergentomyia* Franca, 1921, *Chinius* Leng, 1987, *Lutzomyia* Adler & Theodor, 1926, *Brumptomyia* Franca & Parrot, 1921 et *Warileya* Hertig, 1948, sont décrites (Akhoundi et *al.*, 2016). La région paléarctique compte près de 200 espèces de phlébotomes des genres *Phlebotomus*, *Sergentomyia* et *Chinius* (Theodor & Mesghali, 1964 ; Akhoundi et *al.*, 2016). Parmi ces espèces, environ 100 sont impliquées dans la transmission de divers agents pathogènes notamment ceux infectant les humains (Duvallet et *al.*, 2017). Ces pathogènes peuvent être d'origine bactérienne, *Bartonella bacilliformis* Strong et *al.*, 1913, virale virus Toscana, et surtout parasitaire (Bichaud et *al.*, 2011 ; Battisti et *al.*, 2015). Ces dernières sont causées principalement par des protozoaires du genre *Leishmania* Ross, 1903 (Munstermann, 2019). La leishmaniose causée par cet agent pathogène est une zoonose très répandue affectant des millions de personnes dans le monde (Ashford, 2000). Elle est considérée comme une maladie négligée, ayant un impact énorme sur les pays touchés, défiant leurs services de santé publique, exacerbant la pauvreté, diminuant la productivité des travailleurs et menaçant divers groupes d'âge notamment les enfants et les immunodéprimés (Hotez et *al.*, 2012). Dans le Nouveau Monde, les phlébotomes sont principalement du genre *Lutzomyia*, se trouvent en Amérique centrale et du Sud, avec des espèces notables telles que *Lutzomyia longipalpis* Lutz & Neiva, 1912, le principal vecteur de la leishmaniose viscérale au Brésil, et *Lutzomyia olmeca* Vargas & Díaz-Nájera, 1959, associée à la leishmaniose cutanée en Amérique centrale (Young & Duncan, 1994). Ces phlébotomes habitent souvent des zones forestières (Felicangeli et *al.*, 2004). En revanche, les phlébotomes de l'Ancien Monde se trouvent principalement en Afrique, en Asie et en Europe, avec des espèces comme *Phlebotomus papatasi* Scopoli, 1786 et *Phlebotomus argentipes* Annandale & Brunetti, 1908 qui sont des principaux vecteurs de la leishmaniose cutanée et viscérale (Ashford, 2000). Ces espèces sont généralement associées aux habitations humaines et aux environnements péri-domestiques (Alexander, 2000). L'étude de ces vecteurs est donc nécessaire pour comprendre le schéma de la transmission des Leishmanies dans les différents biotopes.

À l'échelle mondiale, de nombreuses études sur les phlébotomes sont menées. Dans les zones forestières d'Amérique centrale et d'Amérique du Sud, des recherches sont effectuées notamment de Rebollar-Téllez et *al.* (2006) au Mexique, de Sant'Anna et *al.* (2012) au Brésil,

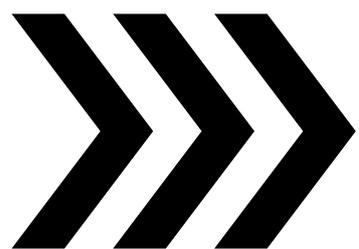
Introduction

de Ferro et *al.* (2015) en Colombie et de Rigg et *al.* (2019) au Panamá. En Europe, l'étude de l'émergence et de la réémergence des phlébotomes est étudiée par Khoury et *al.* (1992), Medlock et *al.* (2014), Moriconi et *al.* (2017) et Maia (2024). La diversité des phlébotomes et leur compétence vectorielle sont également examinées par Prudhomme et *al.* (2024) en France, Tarallo et *al.* (2010) en Italie, González et *al.* (2017) en Espagne et Amaro et *al.* (2022) au Portugal. En Asie, les recherches se sont concentrées sur les aspects géospatiaux et climatiques associés à la répartition des phlébotomes dans des climats arides, allant de déserts presque dépourvus de végétation à divers types de savanes et de prairies semi-arides. Parmi ces études, il convient de noter celles de Khan et *al.* (2022) au Pakistan, Yaghoobi-Ershadi (2016) en Iran, et El-Badry et *al.* (2008) en Arabie saoudite, et dans les grottes des territoires palestiniens par Sawalha et *al.* (2017). Plus à l'Ouest, des recherches sont effectuées dans le désert d'Égypte par Hassan et *al.* (1999). En Afrique, des études sur les aspects écologiques des phlébotomes figurent en particulier celles de Robert et *al.* (1994) au Kenya, de Tebo-Nzesseu et *al.* (2024) au Cameroun, de Coulibaly et *al.* (2016) au Mali et de Clark et *al.* (2013) en Tanzanie. En Afrique du Nord, les recherches ont couvert particulièrement la diversité et la systématique des phlébotomes d'Afrique de Nord au Maroc par El-Mouhdi et *al.* (2020), en Tunisie par Barhoumi et *al.* (2016) et en Lybie par Dokhan et *al.* (2016). En Algérie, les travaux ayant porté sur la diversité des phlébotomes débutèrent depuis 1984 avec les investigations de Dedet et ses compagnies ; effectuées sur tout le territoire. Plus tard, des études se sont suivies pour compléter la liste des phlébotomes et les risques de transmission des agents pathogènes. Parmi ces études ; celles de Izri et *al.* (1990) à Tizi Ouzou, de Benallal et *al.* (2017) dans le Sahel algérois, de Bennai et *al.* (2018) à Tipaza, de Manseur et *al.* (2022) à Bejaïa. Dans la région Nord-Est, les travaux de Lafri et *al.* (2016) à Annaba de Amira et *al.* (2022) à Mila et de Messahel et *al.* (2022) à Sétif et à Kherrata sont à citer. Dans les Hauts Plateaux centraux, les recherches de Benikhlef et *al.* (2021) à M'sila sont à mentionner. À l'Ouest, dans des régions semi-arides et arides, des études sont menées par Benallal et *al.* (2017) dans tout le plateau oranais couvrant Saïda ; Sidi Bel Abbès ; Tlemcen et Oran. Dans le Sud aride et hyper-aride, de multiples travaux sont effectués, parmi lesquels ; il y'a lieu de citer notamment ceux de Boukraa et *al.* (2011) ; de Boubidi et *al.* (2011) à Ghardaïa, de Benallal et *al.* (2013) à Tamanrasset et de Zeroual et *al.* (2016) à Biskra.

La région de Djelfa, l'une des foyers endémiques de leishmaniose (Hamiroune et *al.*, 2019 ; Benmebkhout et *al.*, 2023 ; Messaoudene et *al.*, 2023) et des régions à activités agricoles intenses, les études portant sur la faune des phlébotomes sont rares, voir même absentes ou en

Introduction

cours de réalisation. L'objectif de la présente étude est de dresser un inventaire de la faune phlébotomienne spécifique à Djelfa notamment dans les communes leishmaniose-endémiques les plus infectées par ce parasite, tout en menant une étude entomo-génétique pour les repas sanguins des phlébotomes pour mieux comprendre les interactions hôte/ vecteur afin de tracer une stratégie de lutte efficace à de meilleurs résultats contre ces espèces vectrices. Le présent document est divisé en quatre chapitres. Le premier chapitre présente une revue littérature sur les phlébotomes. Le deuxième chapitre présente une description des stations d'étude et détaille les méthodes et le matériel utilisés pour effectuer le travail. Les résultats portant sur la systématique, les analyses écologiques, génétiques et statistiques des espèces piégées dans les différents sites d'étude sont détaillés dans le troisième chapitre. Ces résultats sont discutés et comparés par d'autres résultats obtenus dans des études antérieures dans le quatrième chapitre. Enfin, le document se termine par une conclusion assortie des résultats et propose quelques recommandations.



Chapitre I

Chapitre I - Phlébotomes : Diversité, Généralités et Importance médicale

Le premier chapitre du présent document est une revue bibliographique des phlébotomes et des agents pathogènes/parasitaires qui peuvent transmettre. Il est divisé en deux grands volets qui sont l'étude bioécologique des phlébotomes et leurs importances médicales.

1.1. Étude bioécologique des phlébotomes

Cette partie est consacrée à l'étude bioécologique des phlébotomes. Cette étude couvre les aspects suivants ; la taxonomie, la bio-écologie et la répartition géographique dans le monde et en Algérie.

1.1.1. Taxonomie des phlébotomes

De point de vue taxonomique, les phlébotomes sont des Diptera Linnaeus, 1758, du sous-ordre des Nematocera Duméril, 1805, appartenant à la famille des Psychodidae Newman, 1834 et à la sous-famille des Phlebotominae Rondani, 1840. Actuellement, environ 1 000 espèces et sous-espèces de phlébotomes sont validées et décrites dans les pays de l'Ancien et du Nouveau Monde (Shimabukuro et al., 2017). Au sein de l'Ancien Monde, les phlébotomes sont divisés en trois genres selon une classification Linnéenne conservatrice très répandue et encore adaptée actuellement. Le genre *Phlebotomus* incluant 13 sous-genres qui sont *Adlerius* Nitzulescu, 1931, *Anaphlebotomus* Theodor, 1948, *Australophlebotomus* Theodor, 1948, *Euphlebotomus* Theodor, 1948, *Idiophlebotomus* Quate & Fairchild, 1961, *Kasaulius* Lewis, 1982, *Larroussius* Theodor, 1948, *Madaphlebotomus* Depaquit et al., 2015, *Paraphlebotomus* Theodor, 1948, *Phlebotomus* Rondani & Berté 1840, *Spelaeophlebotomus* Theodor, 1948, *Synphlebotomus* Theodor, 1948 et *Transphlebotomus* Artemiev & Neronov, 1984 (Duvall et al., 2017). Le genre *Sergentomyia* renfermant 10 sous-genres qui sont *Capensomyia* Davidson, 1979, *Grassomyia* Theodor, 1958, *Neophlebotomus* França & Parrot, 1920, *Parrotomyia* Theodor, 1958, *Parvidens* Theodor & Mesghali, 1964, *Rondonomyia*, *Sergentomyia*, *Sintonius* Nitzulescu, 1931, *Spelaeomyia* Theodor, 1948 et *Vattieromyia* Depaquit et al., 2008. Le dernier genre *Chinius* regroupe quatre espèces qui sont *Chinius junlianensis* Leng, 1987, *Ch. Barbazani* Depaquit et al., 2006, *Ch. eunicegalatae* Léger et al., 2010 et *Ch. Samarensis* Léger et al., 2012 (Akhoundi et al. 2016 ; Dvorak et al., 2018). Parmi les espèces décrites, 100 sont responsables de la transmission des différents agents pathogènes causant de graves maladies à la santé humaine et animale.

1.1.2. Habitats et biotopes

La majorité des espèces de phlébotomes sont nocturnes et crépusculaires, et pendant la période diurne, leurs lieux de repos sont généralement des endroits frais et humides tels que l'intérieur des étables, des maisons construites en pierre, des poulaillers, des cavernes, des crevasses et des terriers (Fig. 1) (Killick-Kendrick, 1999). Dans les pays d'Afrique du Nord et du pourtour méditerranéen, les phlébotomes sont plus largement répandus, du climat méditerranéen au Nord au climat saharien au Sud et dans toutes les régions arides et semi-arides (Benallal *et al.*, 2022). Ces espèces sont adaptées à différents types de milieux, urbains dans les lieux domestiques et péri-domestiques, sont trouvées à l'intérieur des habitations humaines et animales ; ainsi que dans les habitats naturels, notamment les forêts, les garrigues et les oasis (Aoun & Bouratbine, 2014).

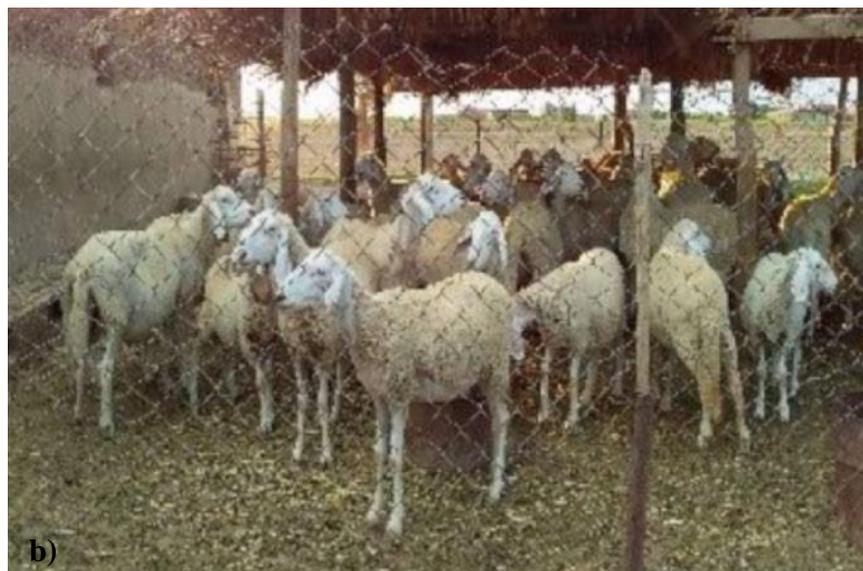


Fig. 1 - Habitats des phlébotomes: **a)** Maisons construits en pierre et **b)** Etables (Gherbi *et al.*, 2020 ; Benikhlef *et al.*, 2021)

Dans les pays d'Afrique du Nord, tels que la Mauritanie, le Maroc, l'Algérie, la Tunisie et la Libye ; les phlébotomes occupent différentes zones bioclimatiques allant de l'humide à l'hyperaride (Benallal et al., 2022). Certaines espèces de *Larrousius*, comme *Ph. perniciosus* Newstead, 1911 et *Ph. ariasi* Tonnoir, 1921, préfèrent un climat humide, sub-humide ou semi-aride (Kahime et al., 2015). D'autres espèces de *Paraphlebotomus* sont présentes dans toutes les zones bioclimatiques, mais elles soient particulièrement abondantes dans les climats semi-arides à hivers frais ou froids et dans les zones arides et sahariennes, le cas de *Ph. sergenti* Parrot, 1917 et *Ph. alexandri* Sinton, 1928 (Rioux et al., 1986). Les phlébotomes du genre *Sergentomyia*, comme *Se. fallax* Parrot, 1921 et *Se. minuta* Rondani, 1843 fréquentent les zones les plus sèches où les températures sont plus élevées (Bravo-Barriga et al., 2022). Enfin, *Ph. papatasi* atteint son pic dans le climat saharien et est particulièrement présente dans les zones semi-arides et arides qui bordent le Sahara (Dedet et al., 1984).

Des études menées au Maroc ont également signalé la présence de phlébotomes dans les habitations humaines et les enclos d'animaux, démontrant leur capacité à s'adapter aux environnements modifiés par l'homme (El Hamouchi et al., 2019). En Tunisie, les zones rurales et périurbaines, avec leurs constructions traditionnelles et leurs activités agricoles, ainsi que les espaces urbains, avec leurs déchets organiques et abris artificiels, créent des niches écologiques favorables pour les stades immatures, notamment dans les villages, les jardins et les zones agricoles (Barhoumi et al., 2016 ; Talbi et al., 2016 ; Chelbi et al., 2022).

En Algérie, la diversité des zones bioclimatiques a joué un rôle crucial dans le développement de la faune phlébotomienne. La combinaison de ces zones bioclimatiques distinctes contribue ainsi à une riche diversité de phlébotomes en Algérie, soulignant l'impact des variations climatiques et environnementales sur la répartition et la spécificité écologique de ces insectes (Gaouaoui et al., 2017 ; Amira et al., 2022). Le climat méditerranéen au Nord, caractérisé par des hivers doux et des étés chauds et secs, favorise la présence des espèces spécifiques adaptées à ces conditions (Ducassou et al., 2009). Vers le Sud, les zones humides comme les oasis et les chotts et semi-arides comme Hauts Plateaux offrent un environnement distinct moins favorable, soutient d'autres espèces de phlébotomes comme *Se. antennata* Newstead, 1921 et *Se. fallax* en raison de la présence de points d'eau saisonniers et d'une végétation variée (Boubidi et al., 2011 ; Boukraa et al., 2011). Le Sahara, avec ses conditions désertiques extrêmes, et la steppe du Nord du Sahara où la désertification est un problème croissant créé des habitats particuliers pour des espèces de phlébotomes capables de s'adapter à ces environnements arides comme *Ph. papatasi* (Aoun & Bouratbine, 2014). Au cours des dernières décennies, les mouvements de

population des zones endémiques vers les zones non endémiques ont certainement contribué à l'accroissement des populations des vecteurs de *Leishmania* en Algérie, particulièrement à Biskra (Zeroual et al., 2016), à Ghardaïa (Garni et al., 2014) et à M'sila (Benikhlef et al., 2021).

Le déplacement des phlébotomes se caractérise par des vols silencieux et de courte distance, ne dépassant généralement pas un kilomètre de leurs gîtes larvaires. Ils avancent par bonds en succession de vols courts intercalés de périodes de repos du fait de leur vulnérabilité, en émergeant lorsque le climat est sec et calme ou la vitesse du vent inférieure est à 1 m/s (Abonnenc, 1972).

1.1.3. Cycle de développement

Les phlébotomes se nourrissent du nectar et de miellat ; les liquides sucrés provenant des plantes. Cette alimentation glucidique est essentielle à leur survie en leur fournissant l'énergie nécessaire pour leurs activités quotidiennes notamment le vol (Magnarelli & Modi, 1988). En parallèle de leur alimentation de liquide sucré, les femelles sont les seules à se nourrir de sang, un comportement hématophage indispensable à la maturation de leurs œufs (Lewis, 1971). Le repas sanguin fournit les protéines et le fer nécessaires au développement des œufs dans les ovaires des femelles (Killick-Kendrick, 1990). Sans ce repas sanguin, les œufs ne peuvent pas atteindre leur pleine maturité, ce qui influe la reproduction et la survie de l'espèce (Alexander & Maroli, 2003). Il est également intéressant de noter que chez certaines espèces de phlébotomes comme *Ph. papatasi*, la capacité de pondre des œufs sans se nourrir de sang, un phénomène connu sous le nom d'autogenèse est observé (Schlein & Jacobson, 1999). Cette capacité d'autogenèse est cependant rare et dépend souvent de conditions environnementales spécifiques et de la disponibilité de ressources nutritives alternatives (Ready, 2013). En phase de reproduction, le mâle fait la parade nuptiale, caractérisée par des mouvements abdominaux et des oscillations, alors que la femelle reste statique, s'en suivant un accouplement pouvant durer jusqu'à 25 minutes (Abonnenc, 1972).

La durée du cycle gonotrophique varie selon les espèces et les facteurs environnementaux tels que la température et la quantité du sang ingérée (Volf & Volfova, 2011). Les femelles pondent plusieurs dizaines d'œufs entre une semaine et une dizaine de jours après le repas sanguin. Les gîtes larvaires peuvent ne pas être déterminés exactement mais les terriers de rongeurs et les habitats des animaux d'élevage sont fortement suspectés, car le développement larvaire nécessite des environnements riches en matière organique (Alexander, 2000 ; Volf & Volfova, 2011). Après l'éclosion, quatre stades larvaires se succèdent, pendant trois semaines environ,

avant de se nymphoser pendant une semaine à dix jours et devenir enfin un adulte (Fig. 2). En revanche, certaines espèces de phlébotomes passent la diapause hivernale sous leurs formes d'œuf ou de larve en particulier en quatrième stade (Ready, 2013).

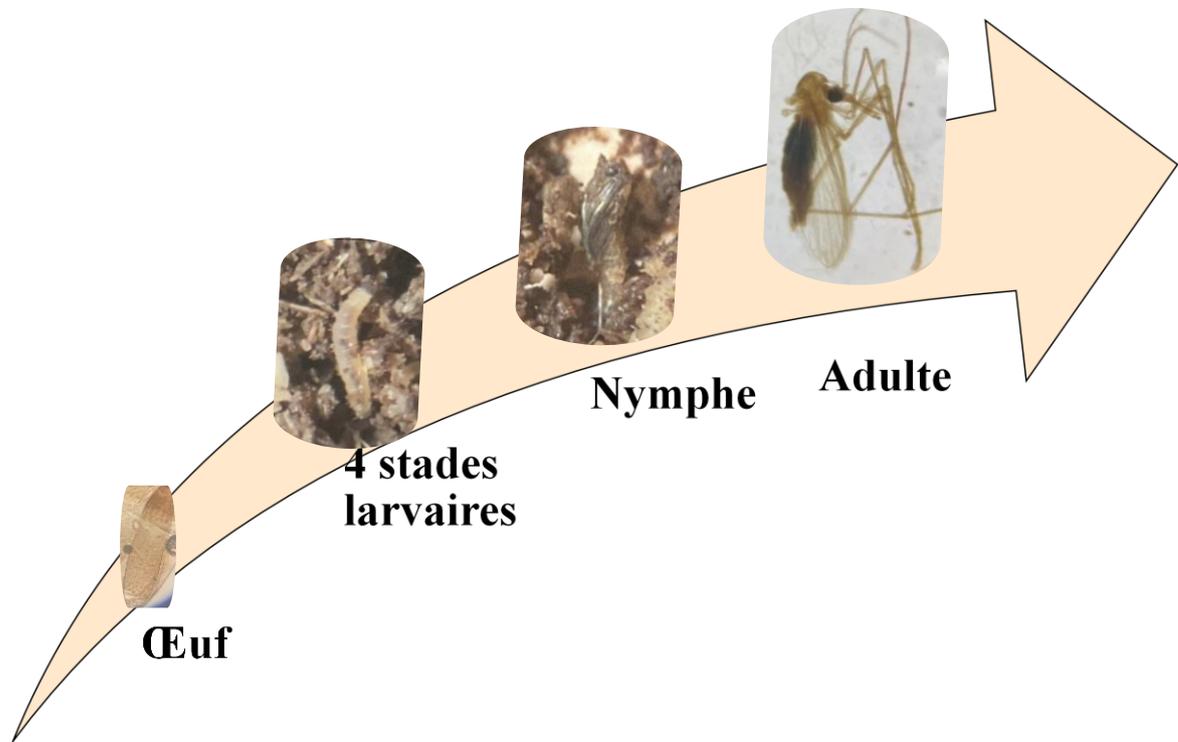


Fig. 2 - Maturation de phlébotome (selon des données bibliographiques (Photographies Originales))

1.1.4. Répartition géographique des phlébotomes

La répartition des phlébotomes dans le monde et en Algérie est détaillée dans cette partie.

1.1.4.1. Dans le monde

La répartition des phlébotomes se limite aux zones où les températures sont supérieures à 15,6 °C pour au moins trois mois au cours de l'année (E.C.D.P.C., 2014). Cela correspond à la plus grande partie du monde, allant de la latitude 50° N à la latitude 40° S, avec une absence de ces insectes en Nouvelle-Zélande et dans les îles du Pacifique (Fig. 3). Dans l'Ancien Monde, *Phlebotomus* (13 sous-genres), *Sergentomyia* (10 sous-genres) et *Chinius* (4 espèces) sont déclarés. Dans le Nouveau Monde, *Lutzomyia* (26 sous-genres), *Brumptomyia*

(24 espèces), et *Warileya* (six espèces) sont signalés (Akhoundi et al., 2016 ; Dvorak et al., 2018).

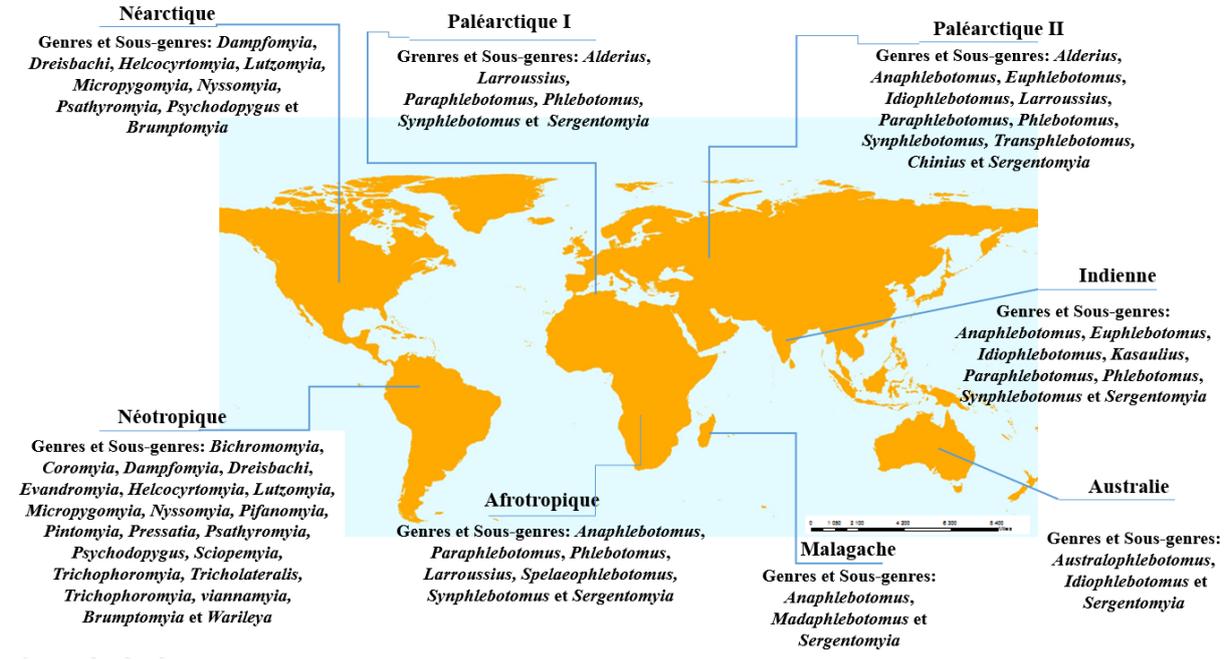


Fig. 3 - Répartition géographique des phlébotomes dans le monde, créée par ArcGIS 10.7 (Akhoundi et al., 2016)

1.1.4.2. En Algérie

Située entre 28° N et 3° E, l'Algérie présente une biodiversité remarquable avec 26 espèces des genres *Phlebotomus* et *Sergentomyia*, incluant des espèces rares tels que *Ph. mascittii* Grassi, 1908, *Se. africana* subsp. *eremites* Parrot et De Jolinière, 1945, *Se. tiberiadis* Adler et al., 1930 et *Se. hirtus* Parrot et de Jolinière, 1945. Ces deux genres comprennent plusieurs sous-genres : *Phlebotomus* incluant *Phlebotomus*, *Paraphlebotomus*, *Larrousius* et *Transphlebotomus*, et *Sergentomyia* qui comprend *Sergentomyia*, *Parrotomyia*, *Grassomyia* et *Sintonius* (Benallal et al., 2022). Cinq espèces de *Phlebotomus* agissant comme vecteurs confirmés et ou potentiels des trois espèces de *Leishmania* existante en Algérie (Fig. 4) (Bennai et al., 2018). Dans le Nord (34,88° N, 1,32° W à 36,77° N, 8,32° E), les espèces fréquentes sont *Ph. perniciosus*, *Ph. perfiliewi* Parrot, 1930 et probablement *Ph. longicuspis* Nitzulescu, 1930. Cette distribution est liée à la présence de *L. infantum* Nicolle, 1908 qui est responsable des leishmanioses cutanées et viscérales (Izri & Belazzoug, 1993 ; Harrat et al., 1996 ; Berdjane-Brouk et al., 2012 ; Zait et al., 2012). Ces espèces sont aussi présentes dans la région Sud, en dessous de 26° N (Eddaikra et al., 2013). *Ph. papatasi* est le phlébotomes adapté à tous types de milieux tout au long de l'Algérie (Dedet et al., 1984). Cependant, son pouvoir

pathogène de transmission de *L. major* Yakimoff & Schokhor, 1914 n'est prouvé que dans la région centre s'étendant de 33,27° N, 0,31° W à 35,40° N, 8,12° E (Eddaikra et al., 2013). *Ph. sergenti* qui est en relation avec la présence de leishmaniose cutanée causée par *L. killicki* Rioux et al., 1986 est signalée dans des zones bien limitée à Tipaza (Izri et al., 2014) à Ghardaia (Boubidi et al., 2011) et à Annaba (Mansouri et al., 2012).

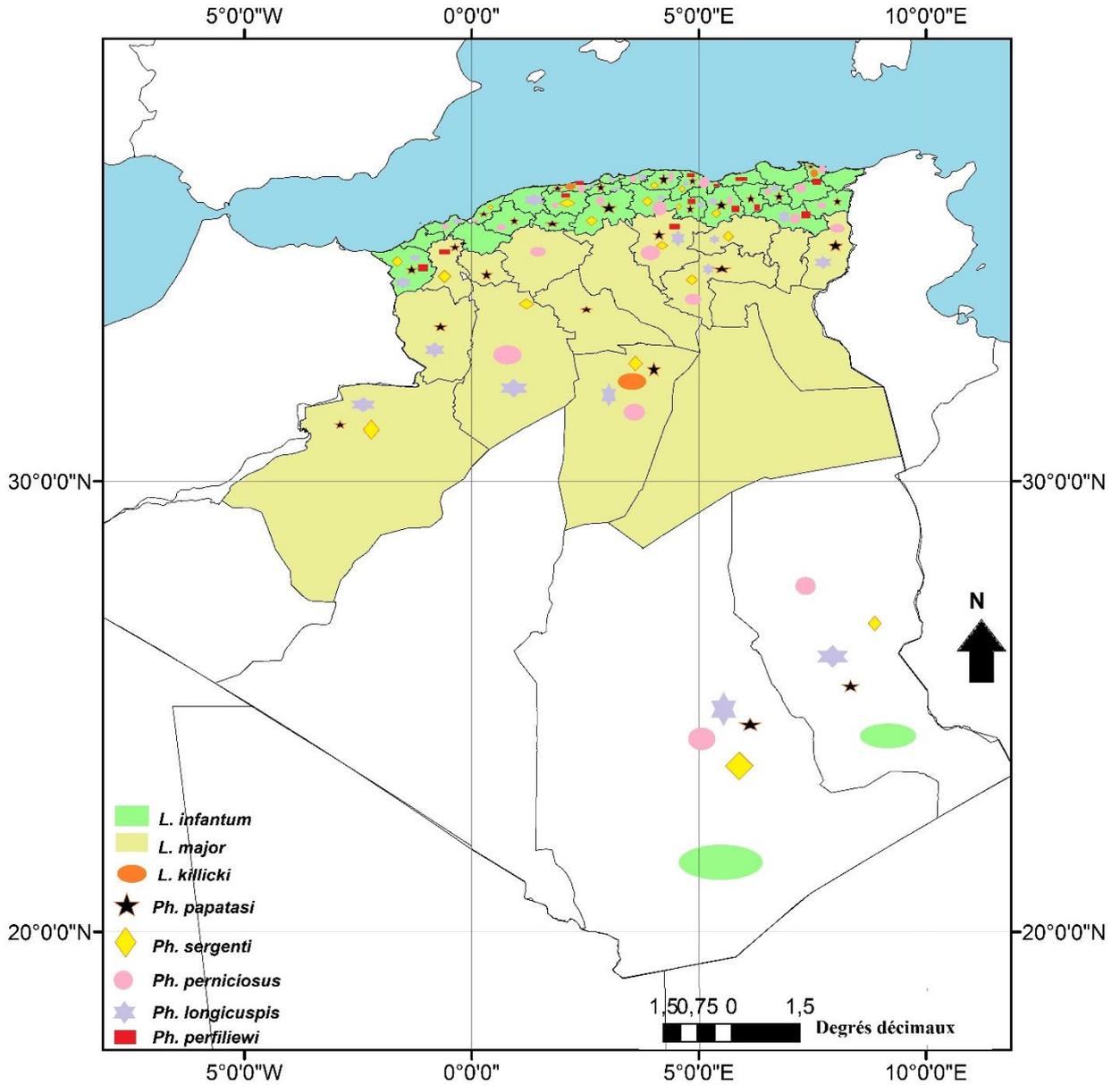


Fig. 4 - Répartition géographique des *Leishmania* spp. et des phlébotomes en Algérie créée par ArcGIS 10.7 (Eddaikra et al., 2013 ; Benallal et al., 2022)

1.2. Importance médicale des phlébotomes

Comme beaucoup d'arthropodes, les phlébotomes sont impliqués dans la transmission de multiples agents pathogènes ; les viroses, les bactérioses, les protozooses. Les principales pathologies transmises par ces vecteurs sont détaillées dans ce qui va suivre.

1.2.1. Arboviroses

Les études de la transmission des arbovirus par les phlébotomes sont rares. Cependant, de multiples travaux confirment que plusieurs espèces de phlébotomes sont impliquées dans la transmission d'un grand nombre d'arbovirus, notamment le virus Sicilien ou le virus Naples provoquant généralement des symptômes modérément sévères (Alkan et *al.*, 2016). Le virus Toscana présente un tropisme vers le système nerveux central et cause des méningites et des encéphalites pour les sujets atteints (Bichaud et *al.*, 2011 ; Charrel, 2014). En Afrique du Nord, plusieurs arbovirus transmis par les phlébotomes sont déclarés. Parmi eux, le virus de la fièvre de la Vallée du Rift et le virus Toscana sont signalés en Algérie, en Tunisie et au Maroc (Arsevska et *al.*, 2016 ; Marklewits et *al.*, 2020 ; Andayi et *al.*, 2014). Les virus Sicilien, Naples et Punique sont signalés en Algérie et en Tunisie (Moureau et *al.*, 2010 ; Zhioua et *al.*, 2010 ; Sakhria et *al.*, 2014 ; Manseur et *al.*, 2022 ; Sellali et *al.*, 2022). Le virus Toscana est trouvé dans *Ph. papatasi*, *Ph. sergenti*, *Ph. perniciosus* et *Ph. longicuspis* (Zhioua et *al.*, 2010 ; Es-Sette et *al.*, 2015 ; Es-Sette et *al.*, 2016). Les deux dernières espèces sont ainsi impliquées dans la transmission du virus de Naples (Moureau et *al.*, 2010 ; Zhioua et *al.*, 2010). Tandis que le virus Sicilien est identifié dans *Ph. ariasi* (Izri et *al.*, 2008).

1.2.2. Bartonelloses

La bartonellose est causée par un bacille à gram négatif *Bartonella bacilliformis* transmis par *Lutzomyia verrucarum* Townsend, 1913 dans le Nouveau Monde en particulier dans les montagnes des Andes du Pérou, de l'Équateur et de la Colombie (Fig. 5) (Alexander, 1995). La bartonellose se développe en deux phases ; la fièvre Oroya, qui peut être fatale si elle n'est pas traitée et l'apparition de lésions cutanées connue sous le nom de verruga péruvienne (Cohnstaedt et *al.*, 2012). En Afrique du Nord, la transmission de *Bartonella* Strong et *al.* 1915 (Listes approuvées, 1980) par les phlébotomes n'est pas encore mise en œuvre.

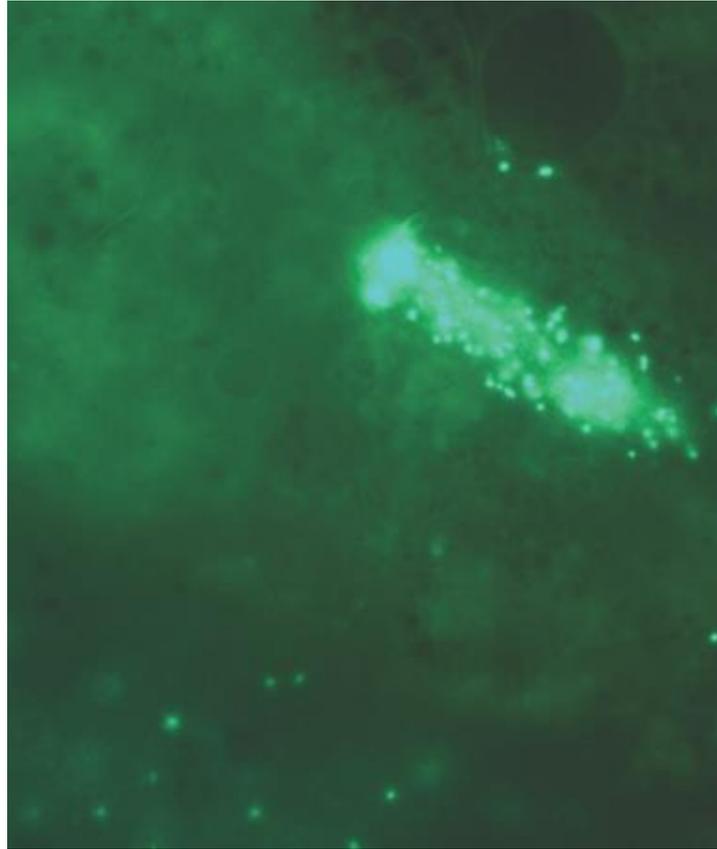


Fig. 5 - Micrographie UV correspondante de *Bartonella bacilliformis* chez une femelle *Lutzomyia verrucarum* (Battisti et al., 2015).

1.2.3. Leishmanioses

La leishmaniose est une maladie à transmission vectorielle causée par des parasites protozoaires flagellés appartenant au genre *Leishmania*. Plusieurs hôtes vertèbres tels que les rongeurs, les canides, les félins, les primates et l'homme peuvent être affectés par ce parasite. La maladie est endémique dans plusieurs pays et régions tropicales et subtropicales (Alvar et al., 2012 ; W.H.O., 2016). Elle se manifeste sous plusieurs formes chez l'homme : Leishmaniose Cutané- Muqueuse, Viscérale (LV), dermique post-kala-azar, cutanée diffuse et leishmaniose cutanée (LC) (Piscopo & Azzopadri, 2006 ; Ready, 2010). En fait, ce groupe de maladies comprend plus de 20 *Leishmania* spp. pathogènes pour l'homme, qui peuvent être transmises par une centaine de vecteurs (Palumbo, 2009 ; Maroli et al., 2013). Après ingestion du sang, les amastigotes se transforment en promastigotes flagellés dans l'intestin du phlébotome en 24 à 48 heures et se divisent par division binaire avant de migrer vers le pharynx. L'infection se produit lorsqu'un phlébotome pique et injecte des promastigotes directement dans l'hôte humain (Singh, 2006) (Fig. 6). Ces derniers se transforment à nouveau en amastigotes et se multiplient dans les cellules phagocytaires mononucléaires. Après la rupture de la cellule

hôte, de multiples amastigotes sont libérés dans le sang et restent concentrés localement dans le tissu cutané, ce qui entraîne une ulcération de la peau dans le cas de la leishmaniose cutanée (Fig. 6) (Lazar & Abass, 2020 ; Singh, 2006).

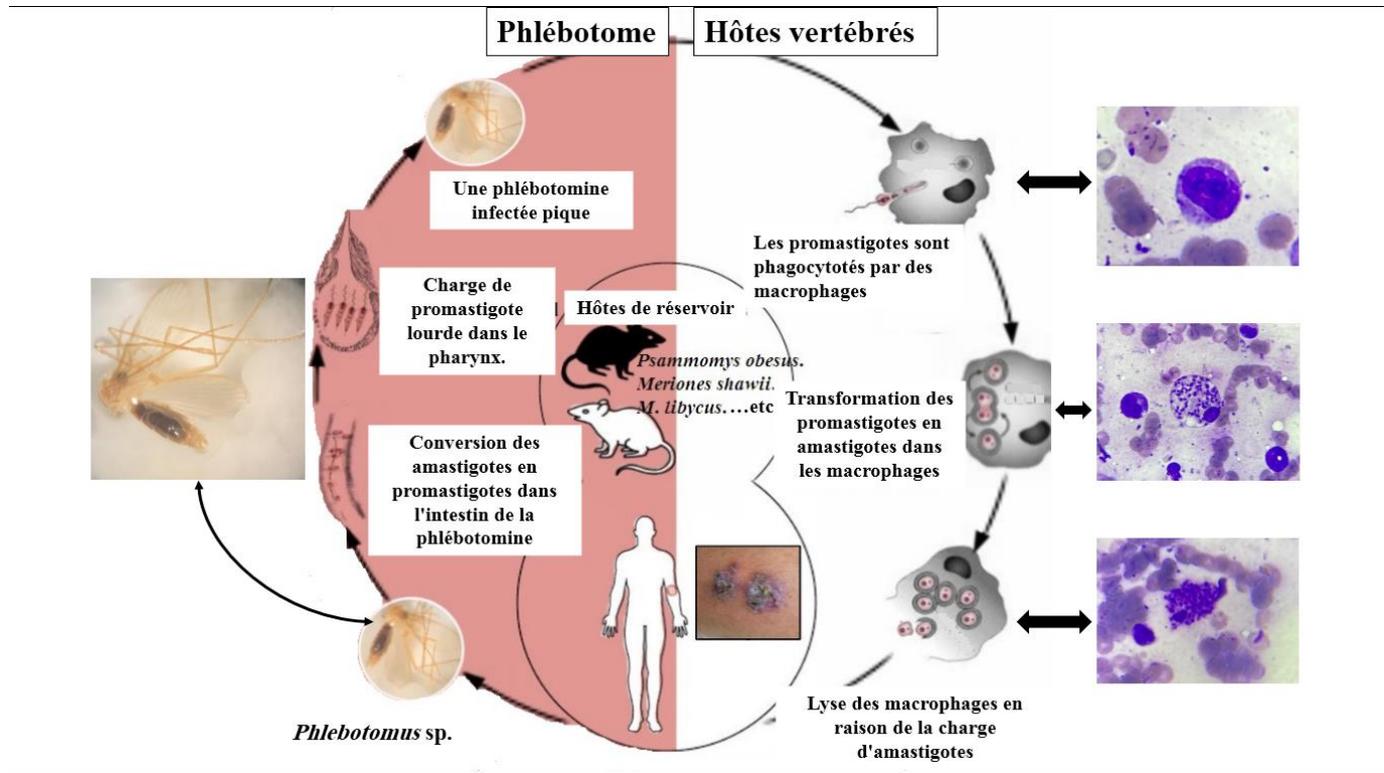


Fig. 6 - Cycle de développement de parasite *Leishmania* spp., le cas de leishmaniose cutanée selon des données bibliographiques (Illustrations originales)

1.2.3.1. Leishmanioses en Algérie

En Algérie, les deux principales formes courantes de leishmaniose sont la leishmaniose cutanée et la leishmaniose viscérale (Alvar et al., 2012 ; Adel et al., 2014)

1.2.3.1.1. Leishmaniose cutanée

La LC est signalée pour la première fois en Algérie dans les années 1860, avec une distribution initialement limitée à l'oasis de Biskra (Hamel, 1860). Depuis lors, la maladie s'est étendue dans d'autres régions affectant la majorité des wilayas et couvrant divers étages bioclimatiques, allant des zones humides aux régions arides, semi-arides et Sahariennes avec une incidence annuelle pouvant atteindre 40 000 cas (Aoun & Bouratbine, 2014). Cette propagation fait de l'Algérie l'un des pays les plus touchés par la LC au niveau mondial, selon l'Organisation Mondiale de la Santé (Alvar et al., 2012). Trois parasites sont déclarés en Algérie ; *L. major*, *L. killicki* (syn de *L. tropica*) et *L. infantum* MON 24. Ces trois

pathogènes sont responsables de la LC qui présentent des profils épidémiologiques variés (Izri et al., 2021). Le premier parasite *L. major* est la principale cause de la leishmaniose cutanée (Tomas-Pérez et al., 2014). Le vecteur principal de cette espèce est *Ph. papatasi*, tandis que les réservoirs sont *Psammomys obesus* et *Meriones shawi* (Harrat et al., 1996 ; Izri et al., 1992). Le deuxième parasite *L. killicki* est le responsable de la leishmaniose cutanée anthroponotique, une forme chronique de la maladie, concentrée dans les régions de Constantine, Annaba, Ghardaia, et Tipaza (Harrat et al., 2009 ; Mansouri et al., 2012 ; Izri et al., 2014). Le vecteur de cette espèce est *Ph. sergenti* avec l'*Homo sapiens* comme réservoir principal (Boubidi et al., 2011). Toutefois, certains rongeurs, comme *Ctenodactylus gundi* (Rothmann, 1776), sont également considérés comme des réservoirs potentiels (Jaouadi et al., 2011). La leishmaniose cutanée sporadique due à *L. infantum* MON 24 est rapportée pour la première fois en 1923 (Sergent & Gueidon, 1923). Ce parasite est porté par *Ph. perfiliewi* (Belazzoug et al., 1985 ; Izri & Belazzoug, 1993). Cette forme sporadique provoque des infections cutanées principalement dans les régions côtières du Nord-Ouest de l'Algérie telles que Oran et Tlemcen et dans l'Atlas tellien algérien telles que Tizi-Ouzou, Tipaza, Blida, et Alger (Addadi & Dedet, 1976 ; Barchiche & Madiou, 2009 ; Eddaikra et al., 2018).

1.2.3.1.2. Leishmaniose viscérale

La LV, une maladie parasitaire caractérisée par une splénomégalie fébrile, une pancytopenie et une cachexie, est observée en Algérie dès le début du 20ème siècle (Lemaire, 1911). La LV est provoquée par *L. infantum* dans la région méditerranéenne et constitue une zoonose pour laquelle le chien est identifié comme le principal réservoir du parasite (Abranches et al., 1991 ; Solano-Gallego et al., 2001). En Algérie, les vecteurs de ce *Leishmania* sont *Ph. perniciosus* et *Ph. longicuspis* (Izri et al., 1990; Berdjane-Brouk et al., 2012). La LV est répandue dans toutes les zones humides et sub-humides et les régions rurales (Addadi & Dedet, 1976). Cette maladie affecte principalement les enfants de moins de cinq ans (Belazzoug et al., 1985 ; Harrat et al., 1992 ; Harrat et al., 1996). En moyenne, 142 cas de LV sont signalés chaque année en Algérie, avec un taux d'incidence annuel moyen de 0,45 cas pour 100 000 habitants (Adel et al., 2014).

1.2.3.2. Leishmanioses à Djelfa

La région de Djelfa par sa vocation agropastorale approvisionnant des réservoirs potentiels de *Leishmania* et par sa situation géographique en contact avec des zones endémiques, n'est pas à l'abri de la contamination par les diverses formes de leishmaniose. En

effet les deux formes viscérales et cutanées de la leishmaniose sont signalées à Djelfa et par des atteintes alarmantes en particulier durant la dernière décennie (I.N.S.P., 2020 ; Benmebkhout et *al.*, 2023). La forme viscérale se manifeste par une hépatosplénomégalie et une perte de poids (Fig. 7a). Pour Djelfa, un cas est signalé par un seul patient en janvier 2020 à Hassi Bahbah (Fig. 7b) (I.N.S.P., 2020). Par contre, la LC est largement répandue et constituant un problème de santé publique majeur dans toutes les communes enquêtées. Durant les dix dernières années 2023 cas sont enregistrés avec un pic de 445 cas en 2018 touchant les deux sexes, mais présentant une prévalence plus élevée chez les hommes de 20 à 44 ans dans les milieux agropastoraux (D.S.P., 2023).

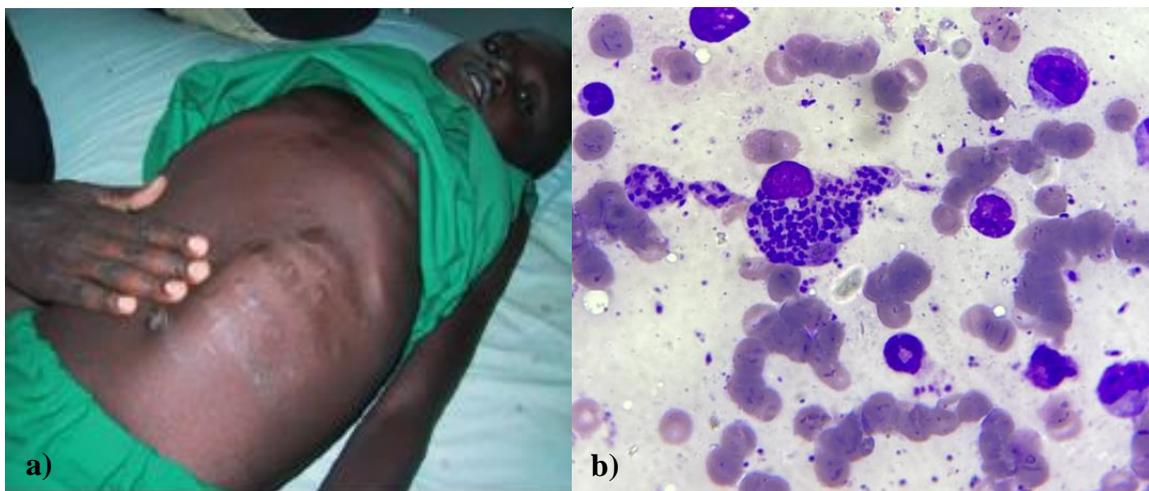
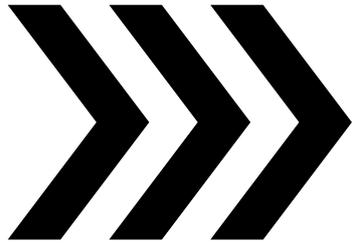


Fig. 7 - Leishmaniose viscérale: **a)** Patient ougandais souffrant d'un gonflement de l'abdomen (Chappuis et *al.*, 2007) ; **b)** Préparation colorée de *Leishmania* prélevée de la moelle osseuse d'un patient diagnostiqué d'une leishmaniose viscérale dans un hôpital (commune de Djelfa) (D.S.P., 2023)



Chapitre II

Chapitre II - Matériel et méthodes

Le présent chapitre est composé de trois volets. Le premier est une description détaillée de la région de Djelfa et des différentes stations d'étude choisies pour entreprendre le travail. Le deuxième est consacré à la présentation du matériel et des méthodes utilisés dans cette enquête épidémiologique. Le troisième est réservé au détail des indices écologiques et des méthodes statistiques utilisés pour exploiter les résultats obtenus.

2.1. Choix et description des stations d'étude

Les stations prospectées pour l'étude de la bio-écologie et de la systématique des phlébotomes, vecteurs de *Leishmania* spp., sont choisies dans la région agropastorale de Djelfa en raison de l'endémicité de la leishmaniose cutanée dans cette région.

2.1.1. Présentation de la région de Djelfa

La région de Djelfa (33° à 35° N. et 2° à 5° E.) couvre une grande partie de la steppe algérienne avec une superficie de 66 415 km², pour une population de 1 538 476 habitants (Recensement de 2018) (Fig. 8). Cette superficie est répartie sur 36 communes ayant des altitudes variant de 158 m à 1806 m. Elle est localisée sur les Hauts plateaux de l'Algérie centrale entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud (Fig. 8). Récemment, deux provinces subordonnées, Messaad (comprenant Messaad, Deldoul, Selmana, Sed Rahal et Guettara) et Ain Oussera (comprenant Ain Oussera et Guernini) sont séparées de la région de Djelfa mais elles restent liées administrativement à la Wilaya de Djelfa. Djelfa est limitée par huit provinces ; Tissemsilt et Médéa au Nord, Ouargla et Ghardaïa au Sud, M'Sila et Biskra à l'Est, Laghouat et Tiaret à l'Ouest.

La région est reconnue par son climat aride, caractérisé par une saison estivale sèche et chaude, alternant avec une saison hivernale pluvieuse et froide. Par ailleurs, le climat régional est caractérisé par une variabilité bioclimatique allant de l'aridité inférieure à l'aridité moyenne et de l'aridité supérieure à la semi-aridité, avec de faibles précipitations, de basses températures, des gelées fréquentes en hiver et des vents secs en été (Ouanouki, 2012). Le couvert végétal spécifique de la région se caractérise par la présence chénopodes (Nedjimi, 2018). Ces Amaranthaceae offrent de la nourriture et des abris pour les lesquels les rongeurs ; réservoirs reconnus et potentiels de la leishmaniose cutanée (Saliba & Oumeish, 1999). Ce cadre climatique et sa vocation pastorale dominante, font de Djelfa un centre important pour le secteur

d'élevage des ovins, pour l'arboriculture, la céréaliculture, le maraîchage et les cultures fourragères.

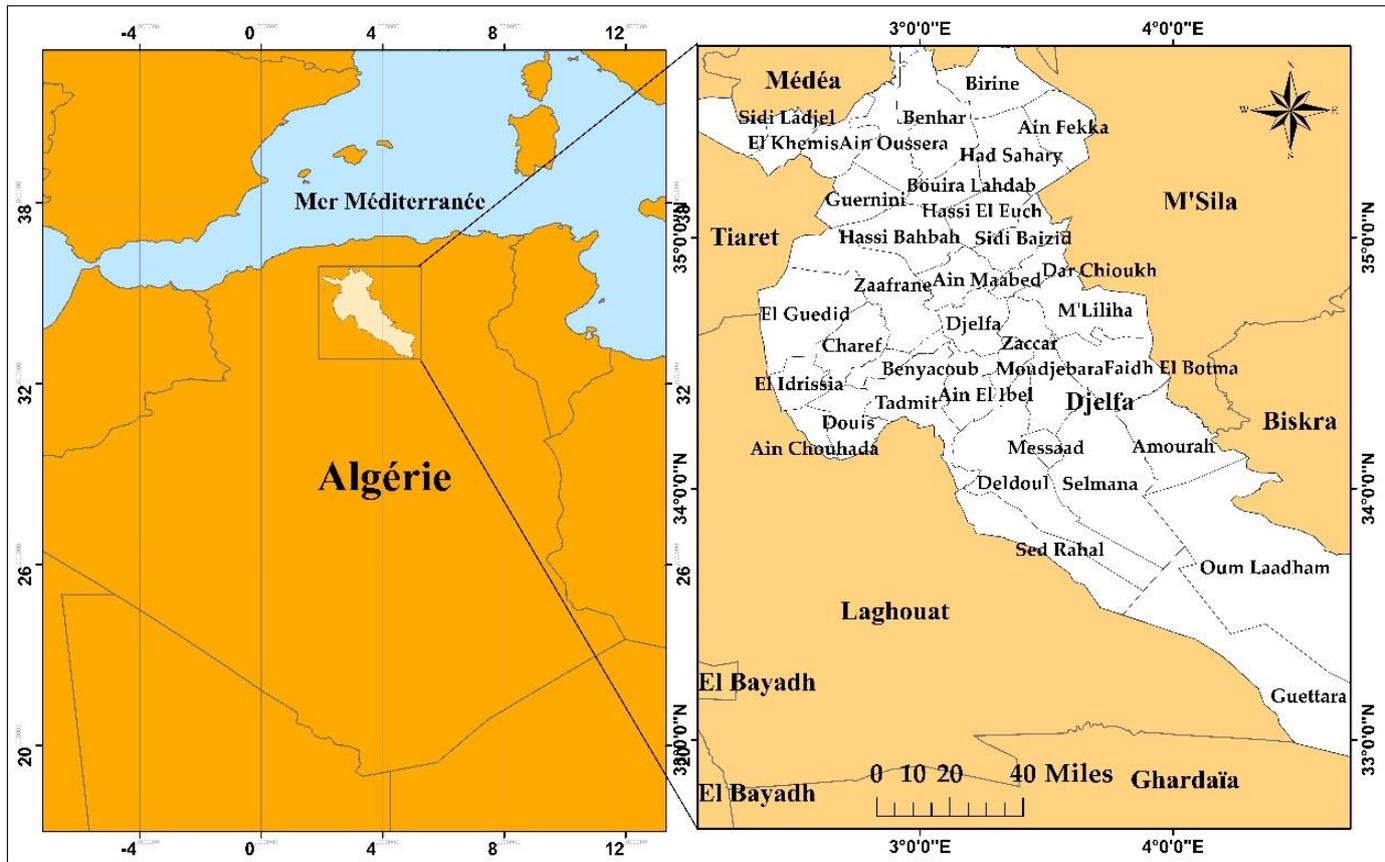


Fig. 8 - Situation géographique de la région de Djelfa (créée par ArcGIS)

2.1.2. Choix des stations d'étude

Les stations d'étude sont choisies sur un gradient axial du Nord au Sud de Djelfa selon le type de milieu (urbain, périurbain et rural) en se basant sur les données fournies par la direction de la santé et la population pour préciser les communes les plus touchées par *Leishmania* spp. durant la période de 16 ans, de 2006 à 2021. Au total, six stations et dix sites sont prospectées dans le cadre de la présente étude (Fig. 9). La description des stations d'étude est présentée dans ce qui va suivre.

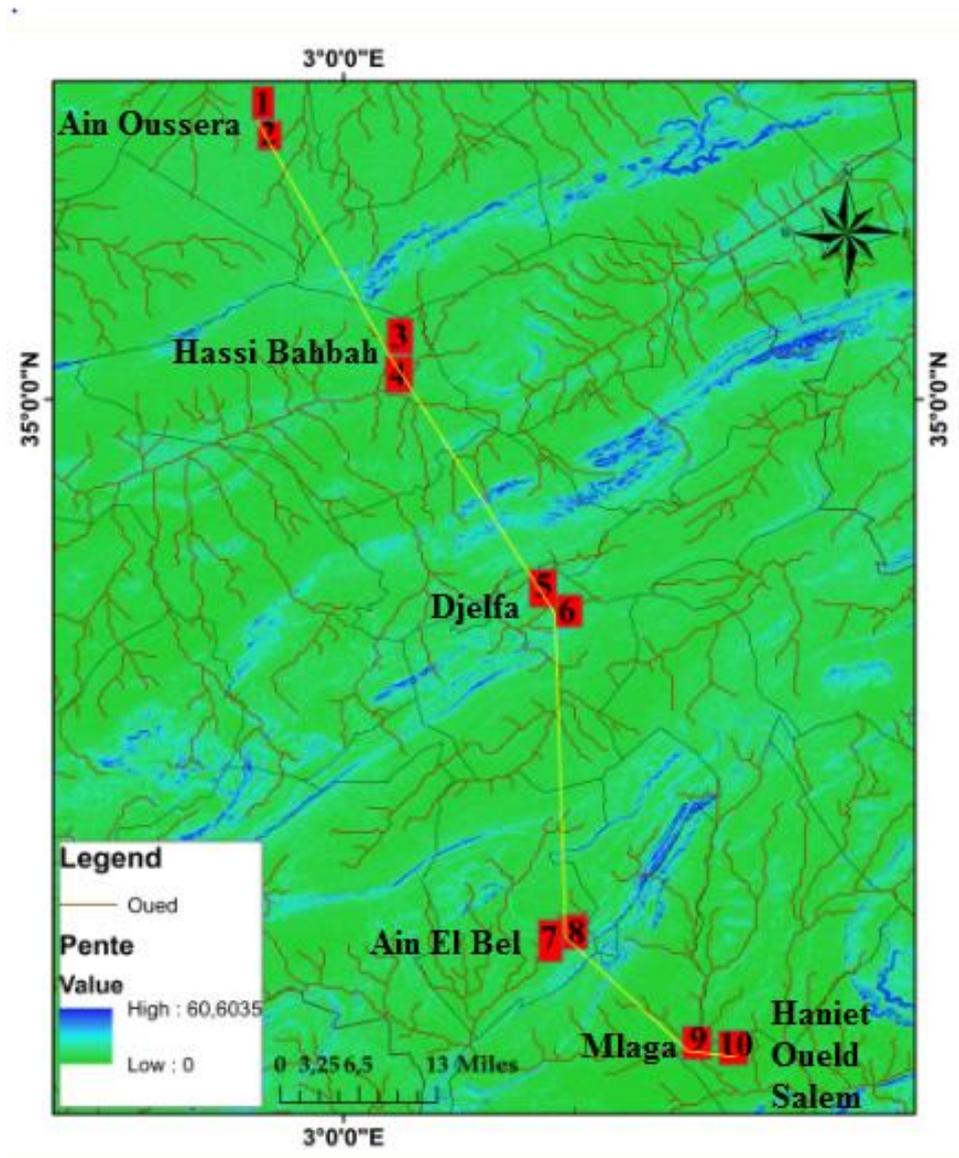


Fig. 9 - Situation géographique montrant la position des six stations et les dix sites d'étude sur un transect Nord/Sud.

2.1.2.1. Station d'Ain Oussera (sites 1 et 2)

La station d'Ain Oussera ($35^{\circ}28'18.815''N$; $2^{\circ}54'40.299''E$) est un verger situé à proximité du milieu urbain sise à de 661 m d'altitude. Cette station est limitée par des agglomérations au Nord, au Sud et à l'Est et par l'Oued de Boucedraïa à l'Ouest. Deux sites sont choisis pour effectuer le travail. Le premier site est une bergerie de moutons et de chèvres et le deuxième est une cave abandonnée dans une propriété privée aux alentours des habitats (Fig. 10). La végétation du verger est composée d'oliviers, de pruniers et des cultures maraichères.



Fig. 10 - Station d'Ain Oussera: **a)** Bergerie (site 1) et **b)** Cave abandonnée privée (site 2)
(Photographies originales prises en 2021)

2.1.2.2. Station de Hassi Bahbah (sites 3 et 4)

La station choisie de Hassi Bahbah est un hameau périurbain ($35^{\circ}3'4.63''N$; $3^{\circ}2'47.264''E$) de 850 m d'altitude situé aux centres des agglomérations qui limitent les sites de toutes les directions. Le troisième site est une "Dar Arab" ancienne maison au voisinage des

habitats humains et le quatrième site est une bergerie des moutons et des chèvres (Fig.11). Cette propriété possède un champ de blé de trois hectares qui probablement abrite quelques rongeurs notamment *Meriones shawii* Duvernoy, 1842, le réservoir habituel de *Leishmania* dans les écosystèmes steppiques.

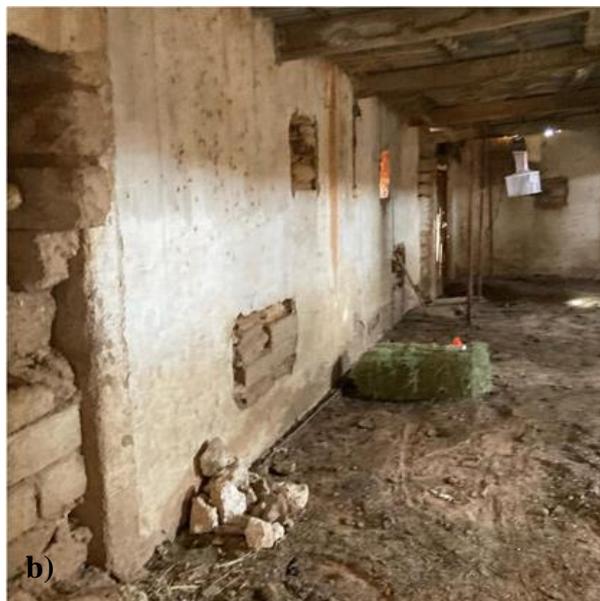


Fig. 11 - Station de Hassi Bahbah: a) Ancienne maison "Dar Arab" (site 3) et b) Bergerie (site 4) (Photographies originales prises en 2021)

2.1.2.3. Station de la commune de Djelfa (sites 5 et 6)

Cette station est un verger ($34^{\circ}39'32.693''N$; $3^{\circ}13'12.636''E$) de 1186 m d'altitude situé dans une zone urbaine limitée par des habitations urbaines et agglomérées au

Chapitre II

Nord, au Sud et à l'Est et par l'Oued Hadid à l'Ouest. Le cinquième site est entouré d'habitats humains et le sixième site est une écurie qui comprend des moutons et des poules (Fig.12). La végétation est composée d'arbres fruitiers (pruniers, abricotiers et pommiers), d'oliviers et des cultures maraichères. De plus, au cours de la période d'échantillonnage, des hôtes sanguins potentiels tels que des chats, des chiens errants et des lézards sont observés.



Fig. 12 - Station de Djelfa : **a)** Voisinage de l'habitat humain (site 5) et **b)** Ecurie (site 6)
(Photographies originales prises en 2021)

2.1.2.4. Station d'Ain El Bel (sites 7 et 8)

Dans cette station, deux sites ruraux sont choisis dans un verger (34°20'47.347"N ; 3°13'39.093"E) de 1043 m altitude, qui est situé dans une zone rurale à Ain El Bel. La station se situe à proximité de deux champs de céréales dont un champ du blé de deux hectares et un champ d'orge de trois hectares. Le septième site est un débarras encombré contenant des ferrailles et des hôtes potentiels tels que des rats et des lézards. Le huitième site est un parc à moutons (Fig. 13).



Fig. 13 - Station d'Ain El Bel: **a)** Débarras (site 7) et **b)** Parc à moutons (site 8) (Photographies originales prises en 2021)

2.1.2.5. Station de Mlaga, site 9

Dans la station de Mlaga, l'échantillonnage est effectué dans un site rural au sein d'un verger (34°12'58.832"N ; 3°23'49.377'E) de 811 m altitude, qui est localisé dans une aire rurale limitée par des zones agricoles et rurales. Le neuvième site choisi dans cette station est un poulailler et une bergerie pour les chèvres et les moutons (Fig.14). La végétation est caractérisée par l'arboriculture dominée par des grenadiers et des abricotiers.



Fig. 14 - Station de Mlaga, site 9 (Photographie originale prise en 2021)

2.1.2.6. Station de Haniet Ouled Salem, site 10

Comme pour la station précédente, un seul site rural est choisi à Haniet Ouled Salem. Il s'agit d'un verger ($34^{\circ}10'14.849''\text{N}$; $3^{\circ}27'22.755''\text{E}$) de 790 m altitude, qui est situé dans une aire rurale limitée par des zones agricoles et rurales. Le dixième site est une écurie pour moutons et un poulailler (Fig.15). La végétation y est abritée composée des arbres fruitiers en particulier des grenadiers et des abricotiers.



Fig. 15 - Station de Haniet Ouled Salem, site 10 (Photographie originale prise en 2021)

2.1.3. Synthèse climatique des stations d'études

La synthèse climatique est réalisée par le diagramme ombrothermique et le climagramme d'Emberger. Dans le cadre de la synthèse climatique, les données météorologiques sont recueillies du site web "Historique météo". Des corrections climatiques

de Seltzer (1946) sont apportées pour les stations Ain Oussera, Hassi Bahbah, Ain El Bel, Mlaga et Haniet Ouled Salem où les altitudes dépassent le 100 m.

2.1.3.1. Corrections Climatiques de Seltzer (1946)

Les **corrections climatiques de Seltzer (1946)** se basent sur la formule suivante :

$$T_{\text{corrigée}} = T_{\text{observée}} - \left(0,6 \times \frac{H}{100}\right)$$

où :

- $T_{\text{corrigée}}$ est la température ajustée au niveau de la mer,
- $T_{\text{observée}}$ est la température mesurée à une altitude donnée,
- H est l'altitude de la station en mètres.

Cette formule est appliquée pour ajuster les données climatiques des stations situées à des altitudes supérieures à 100 mètres, comme Ain Oussera, Hassi Bahbah, Ain El Bel, Mlaga et Haniet Ouled Salem, en réduisant la température de 0,6°C pour chaque 100 mètres d'altitude.

2.1.3.2. Diagramme ombrothermique de Gaussen

Le diagramme ombrothermique de Gaussen, est une représentation graphique qui permet de définir les saisons sèches et humides dans une station donnée sur une période d'un an. Ce graphe est tracé en portant les mois en axe x, et les précipitations et températures mensuelles en axe y, avec la précision de $P = 2T$. Dans la présente étude, les durées des périodes sèches et humides varient d'une station à une autre (Fig. 16). Les diagrammes ombrothermiques tracés montrent que les périodes sèches s'étalent durant toute l'année d'étude pour toutes les stations prospectées : Ain Oussera, Hassi Bahbah, Ain El Bel, Mlaga et Haniet Ouled Salem. Aucune saison humide n'est notée que pour la station de Djelfa où quelques jours pluvieux sont enregistrés en mois de mars 2022 (Fig. 16).

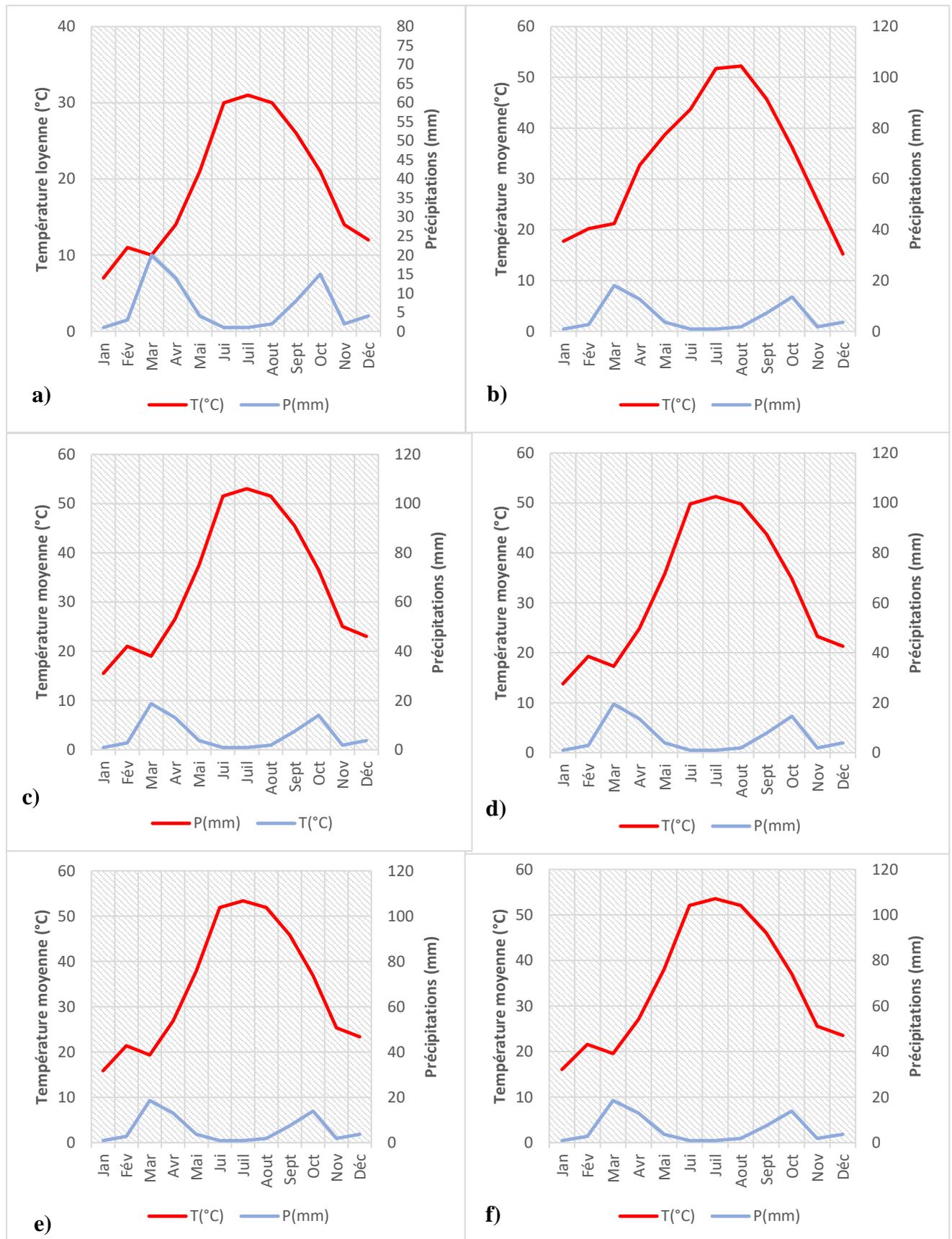


Fig. 16 - Diagrammes ombrothermiques des stations d'étude : a) Djelfa, b) Ain Oussera c) Hassi Bahbah d) Ain El Bel e) Mlaga f) Haniet Ouled Salem

2.1.3.3. Positions des stations d'étude dans Climagramme d'Emberger

Le quotient pluviothermique représente le rapport qui synthétise au mieux l'étage bioclimatique d'une station ou d'une région donnée. Ce rapport réunit les deux paramètres thermiques (M, m) et le paramètre hydrique (P). La formule d'Emberger, simplifiée par Stewart (1969) qui permet de calculer le quotient pluviothermique, $Q3 = 3,43 \times P / (M - m)$ dont :

P= Précipitations moyennes annuelles en mm.

M= Moyenne maxima des températures mensuelles en °C.

m= moyenne minima des températures mensuelles en °C.

Selon les valeurs de quotient pluviométrique calculées (Fig. 17), les positions des stations dans les étages bioclimatiques sont:

La station de Ain Oussera se situe à l'étage climatique aride à hiver frais $Q3 = 31,94$.

La station de Hassi Bahbah se situe à l'étage climatique aride à hiver frais $Q3 = 33,64$.

La station de Djelfa se situe à l'étage climatique semi-aride à hiver frais $Q3 = 38,23$.

La station d'Ain El Bel se situe à l'étage climatique aride à hiver frais $Q3 = 36,11$.

La station de Mlaga se situe à l'étage climatique aride à hiver tempéré $Q3 = 31,93$.

La station de Haniet Ouled Salem se situe à l'étage climatique aride à hiver tempéré $Q3 = 31,19$.

2.2. Méthode d'échantillonnage des phlébotomes

La surveillance des vecteurs vise à déterminer l'écologie, l'abondance et la richesse de la faune de phlébotomes afin d'estimer le risque de transmission de maladies. Plusieurs types de pièges sont recommandés pour collecter ces insectes, tels que, les pièges collants, les pièges appâtés au CO₂, les pièges Malaise et l'aspirateur à bouche et les pièges lumineux. Ces derniers sont nombreux, Cooler Master®, Scythe® et Tacens Pro®. Dans le cadre de cette étude, la technique utilisée pour capturer les phlébotomes adultes est celle des pièges lumineux de type CDC.

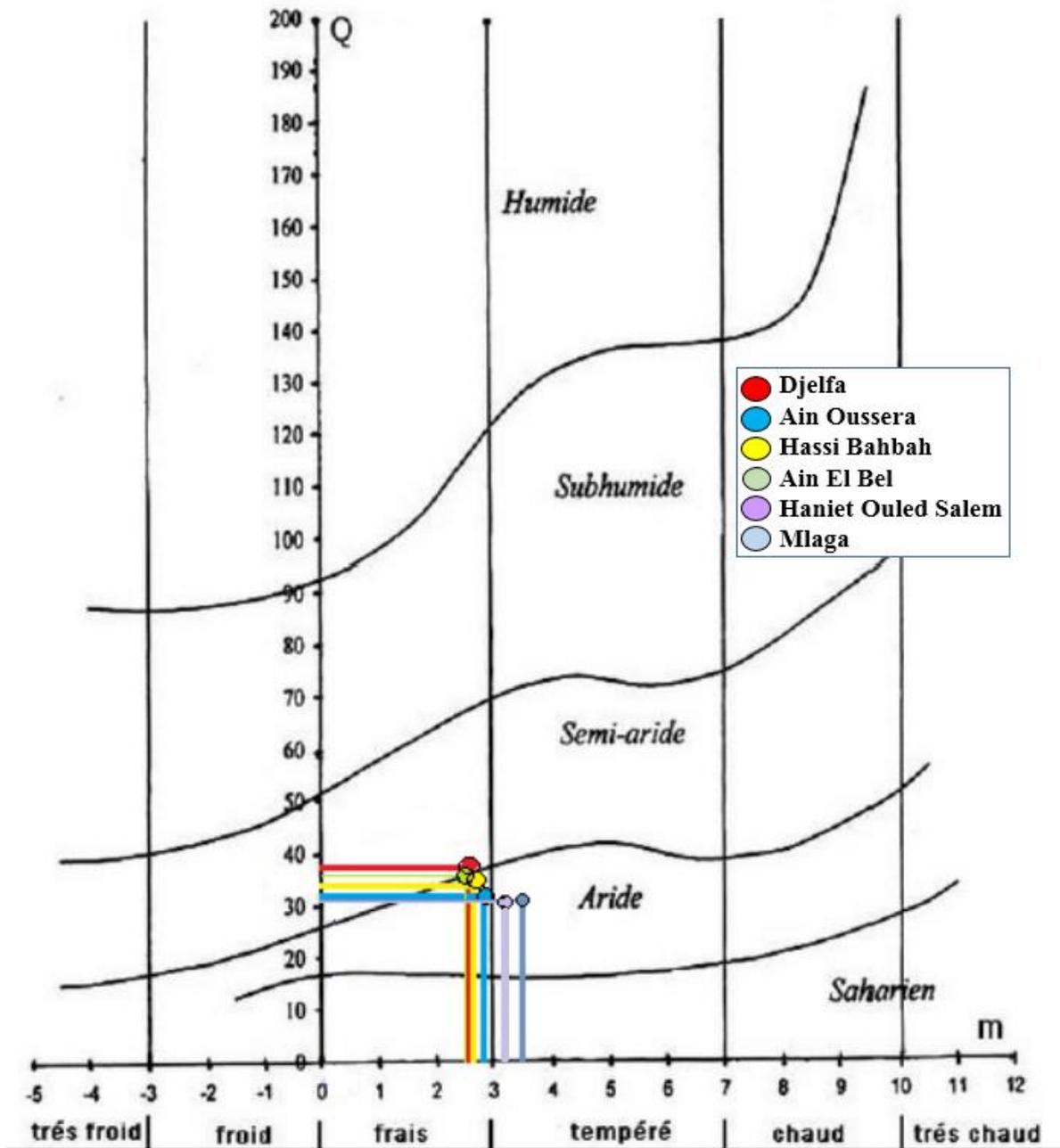


Fig. 17 - Positions des six stations d'étude dans le climagramme d'Emberger durant la période de 2013 à 2023

2.2.1. Description des pièges lumineux CDC

L'échantillonnage des phlébotomes est fait par les pièges CDC (Center for Diseases Control). Ce piège est le plus efficace pour la collection des phlébotomes dans les différents écosystèmes (Killick-Kendrick & Killick-Kendrick, 1991). Le principe de cette technique est d'utiliser une combinaison d'une source lumineuse et d'un ventilateur pour attirer les

phlébotomes. La lumière émise par le piège agit comme un attractif, incitant les phlébotomes à s'approcher du piège (Fig. 18).

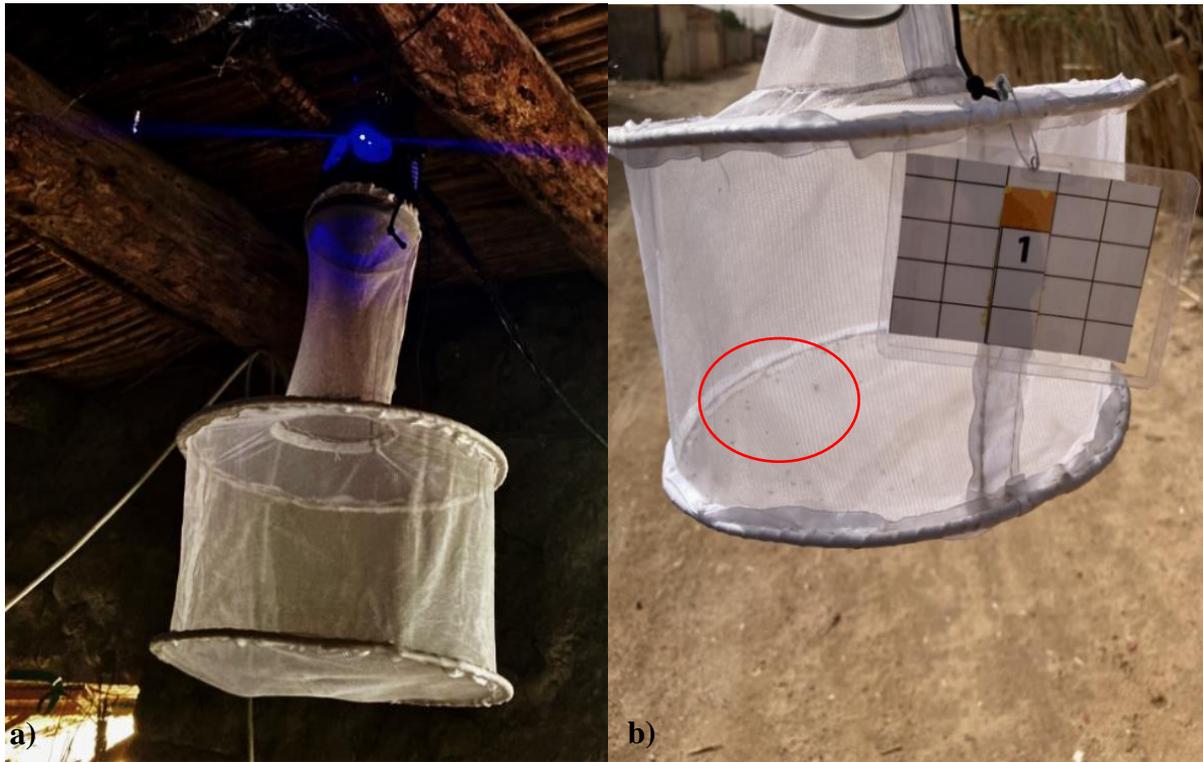


Fig. 18 - Piège lumineux CDC: **a)** Piège en état actif et **b)** Piège récupéré après 12h montrant les arthropodes attrapés (photographies originales)

Chaque CDC est composé d'un ensemble moteur-ventilateur-lampe qui se trouve à l'intérieur d'un cylindre en matière plastique dont la partie supérieure est couverte d'un grillage métallique évitant la pénétration des insectes de grande taille. Cet ensemble est lié à une masse collectrice d'insectes faite d'un tissu à mailles très serrées.

Les pièges sont installés pendant 12 heures à l'intérieur d'abris d'animaux, avant le coucher de soleil et récupérés le lendemain matin au lever du jour (ce qui correspond au maximum d'activité des phlébotomes). Dans la présente étude, 120 pièges sont placés dans chaque site à raison de deux pièges par sortie durant la période entre juillet 2021 et août 2022.

Après la récupération des CDC, la partie supérieure est refermée et placée au réfrigérateur pendant une vingtaine de minutes afin d'immobiliser les insectes ou bien vaporisation d'un peu d'insecticide. Par la suite, l'unité du CDC est ouverte et les phlébotomes capturés sont triés et conservés dans des tubes contenant de l'alcool éthylique à 70° afin de subir les préparations d'identifications.

2.2.2. Avantages

Cette technique présente plusieurs avantages. Tout d'abord, elle permet de capturer un grand nombre d'espèces de phlébotomes, ce qui est très bénéfique pour mesurer les variations de leur abondance. Elle permet également de piéger certaines espèces qui sont relativement plus actives à des hauteurs plus élevées au-dessus du sol (Alten et *al.*, 2015). Les pièges CDC sont très recommandés pour l'échantillonnage des femelles engorgées des espèces très sensibles à la lumière (Alexander, 2000).

2.2.3. Inconvénients

Les pièges CDC peuvent attirer divers insectes non ciblés, ce qui peut compliquer le tri des phlébotomes capturés. Ainsi, les courts circuits qui se produisent constamment en particulier dans les zones rurales peuvent bloquer l'échantillonnage. De plus, la maintenance et l'alimentation électrique constante nécessaire pour ces pièges peuvent se considérer comme des défis logistiques de manipulation.

2.3. Méthodes utilisées au laboratoire

Le travail suivi au laboratoire consiste essentiellement à l'identification des espèces de phlébotomes piégées dans les différentes stations d'étude et aux analyses des repas sanguins pour identifier la source des repas sanguins des phlébotomes.

2.3.1. Préparation des spécimens

Les spécimens conservés dans l'alcool sont versés dans des boîtes PETRI, puis triés et séparés des autres arthropodes piégés et sont ensuite séparés par sexe directement sous une loupe binoculaire (Fig. 19).

Les phlébotomes triés sont ensuite éclaircis pendant trois heures dans une solution de potasse à 20 %. Ils 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 pendant une heure pour les éclaircir puis les fixer par la solution SWAN (Cazan et *al.*, 2021). La dernière étape est le montage des spécimens qui se fait par la dissection des phlébotomes sous la loupe binoculaire à l'aide de fines aiguilles.



Fig. 19 - Tri et séparation des phlébotomes d'autres arthropodes piégés

Les adultes de phlébotomes sont placés en position latérale dans le milieu de montage entre lame et lamelle dans une goutte de SWAN pour acquérir une meilleure observation microscopique. Les lames sont ensuite marquées d'une étiquette portant le code de la station et toute information utile à noter (Fig. 20).



Fig. 20 - Traitement des échantillons : **a)** Produits nécessaires pour la solution Marc André pour éclaircissement **b)** Solution SWAN pour fixation **c)** Identification dans l'institut pasteur **d)** Lames préparées et notées

2.3.2. Identification des phlébotomes

Comme de multiples espèces d'arthropodes, l'identification des phlébotomes se base sur la morphologie de l'appareil génital pour les mâles, et l'anatomie des spermathèques, la morphologie du Cibarium et du Pharynx pour les femelles. L'identification est faite au niveau

du Laboratoire d'Eco-épidémiologie Parasitaire et Génétique des populations à l'institut Pasteur d'Alger en utilisant les clés dichotomiques des phlébotomes d'Algérie notamment celles d'Abonnenc (1972), de Dedet *et al.* (1984), d'El Sawaf *et al.* (1985) et de Depaquit *et al.* (1998). Pour certains spécimens dont l'identification nécessite des validations supplémentaires, le logiciel d'identification Phleb Key Tool est utilisé.

Pour faciliter l'observation des structures cibariales et pharyngiennes, la tête est séparée du reste du corps et orientée ventrale en position supérieure ou en position inférieure selon le genre. Les ailes sont étendues avec précaution sur la face dorsale. Concernant le Genitalia, 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 Genitalia de femelle, la dissection est nécessaire afin d'isoler la Furca avec les spermathèques. La confirmation est faite par Pr. Boubidi de l'Institut Pasteur et par Dr. Boukraa de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique, ENSA (ex INA, El Harrach, Alger)

2.4. Analyse entomo-génétique des phlébotomes

Cette partie est réalisée en mars 2023 dans les laboratoires HU-Verg, Faculté des Sciences, université Hacettepe en Turquie. L'objectif de cette étude est de faire des analyses des repas sanguins des phlébotomes pour mieux comprendre les interactions hôte / vecteur.

2.4.1. Extraction d'ADN

Dans le but de mieux comprendre les cycles de transmission entre les vecteurs, les hôtes et les parasites, 30 individus de différentes espèces sont choisis des différents sites présentant différents biotopes et hôtes potentiels, comme indiqué dans le tableau 1 (Annexe 1). L'ADN est extrait du reste du corps du phlébotome tel que les ailes, les pattes, le thorax et les deux tiers de l'abdomen (en notant que le dernier tiers de l'abdomen et la tête sont préservés pour l'identification morphologique) en utilisant le "DNeasy® Blood & Tissue Kit". Les échantillons sont séparés par moitié (15/15) pour faciliter le processus, puis ils sont replacés dans un eppendorf de 1,5 ml et déshydratés de l'éthanol à l'aide d'une pipette et de l'air libre pour être sûr que les tubes sont secs. Ensuite, les échantillons sont homogénéisés manuellement à l'aide de pilons en plastique jetables en y ajoutant 180 µl de tampon ATL. Après le broyage, l'ADN est extrait avec l'aide du kit DNeasy® Blood & Tissue avec incubation de 12 heures.

2.4.2. Amplification par PCR

Pour l'amplification de l'ADN par PCR, les cycles de la température sont effectués dans un thermocycleur ProFlex™ 3 × 32 puits PCR system ("ThermoFisher", USA). Le programme se déroule en quatre étapes : la première étape est la dénaturation initiale à 94.0°C pendant deux minutes. Ensuite, la dénaturation à 94.0 °C, le recuit à 47.0°C et l'extension à 72.0°C le tout pour 30 secondes ×35 fois. La troisième étape est l'extension finale pendant 5 minutes à 72.0°C et la quatrième étape de la réaction est l'abaissement de la température du bloc qui se maintient à 4°C pour le refroidissement des échantillons à ce niveau thermique (Fig. 21).

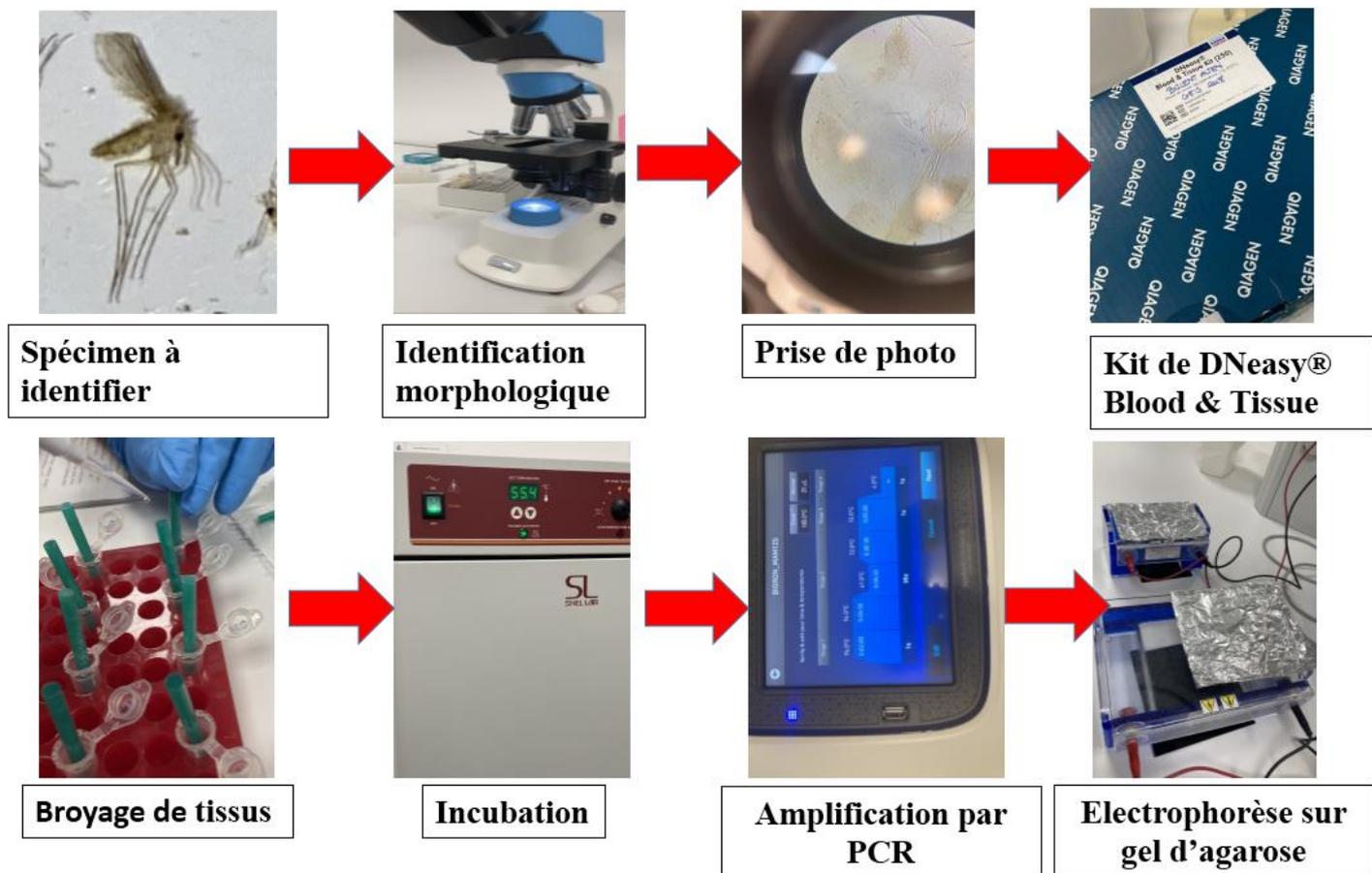


Fig. 21- Différentes étapes suivies pour les analyses des repas sanguins des phlébotomes

2.4.3. Electrophorèse sur gel d'agarose

Le gel d'agarose est préparé à 0,8 % est placé dans le bac de coulée du gel, où deux peignes à 32 dents servent à former les puits de migration. Après la solidification, le gel obtenu est mis dans une cuve d'électrophorèse, puis le ladder d'ADN (échelle d'ADN) est ajouté et 5µl

d'amplifiats PCR sont insérés dans chaque puits. Ensuite, l'appareil d'électrophorèse est couvert d'aluminium, ce qui permet au gel de migrer à 100V pendant 30 minutes. Une fois la migration est terminée, le gel est retiré de la cuve et placé sur une source de lumière ultraviolette pour la visualisation et la prise de photographies.

2.5. Exploitation des résultats

Les résultats obtenus sont exploités à la fois par des indices écologiques et par des analyses statistiques.

2.5.1. Qualité de l'échantillonnage

La qualité de l'échantillonnage (E) est exprimée par la relation entre le nombre d'espèces rencontrées une seule fois en un seul exemplaire (a) sur le nombre total de relevés (N). Ce dernier est une mesure de l'homogénéité du peuplement qui permet de qualifier l'effort d'échantillonnage (Blondel, 1975). Plus le rapport a/N est faible, plus la qualité de l'échantillonnage est bonne.

2.5.2. Exploitation des résultats par des indices écologiques et des analyses statistiques

Les résultats obtenus sur la faune phlébotomienne sont traités d'abord par des indices écologiques de composition (Richesses totale et moyenne, abondance relative et fréquence d'occurrence) et de structure (Indice de Shannon-Weaver, équitabilité et indices de Simpson) et des analyses statistiques (diagrammes de Venn à quatre séries et des corrélations de Pearson). Ces analyses sont réalisées à l'aide du logiciel R, v. 4.3.0 (Fig. 22). Les analyses statistiques de cette étude offrent une flexibilité pour l'exploration et la visualisation des données. La corrélation de Pearson, utilisée pour évaluer les relations linéaires entre les variables climatiques et les populations de phlébotomes, est calculée via la fonction `corr_coef()` du package `metan`. Cette méthode a permis d'identifier des associations significatives entre les variables étudiées. La visualisation des résultats est réalisée avec le package `ggplot2`, qui a permis de générer des graphiques clairs facilitant l'interprétation des relations observées. Par ailleurs, les comparaisons entre groupes de données sont illustrées à l'aide de diagrammes de Venn, construits avec le package `VennDiagram`, permettant de représenter efficacement les intersections et différences entre les ensembles étudiés. Cette combinaison d'outils a contribué à une analyse rigoureuse et à une interprétation précise des données écologiques.

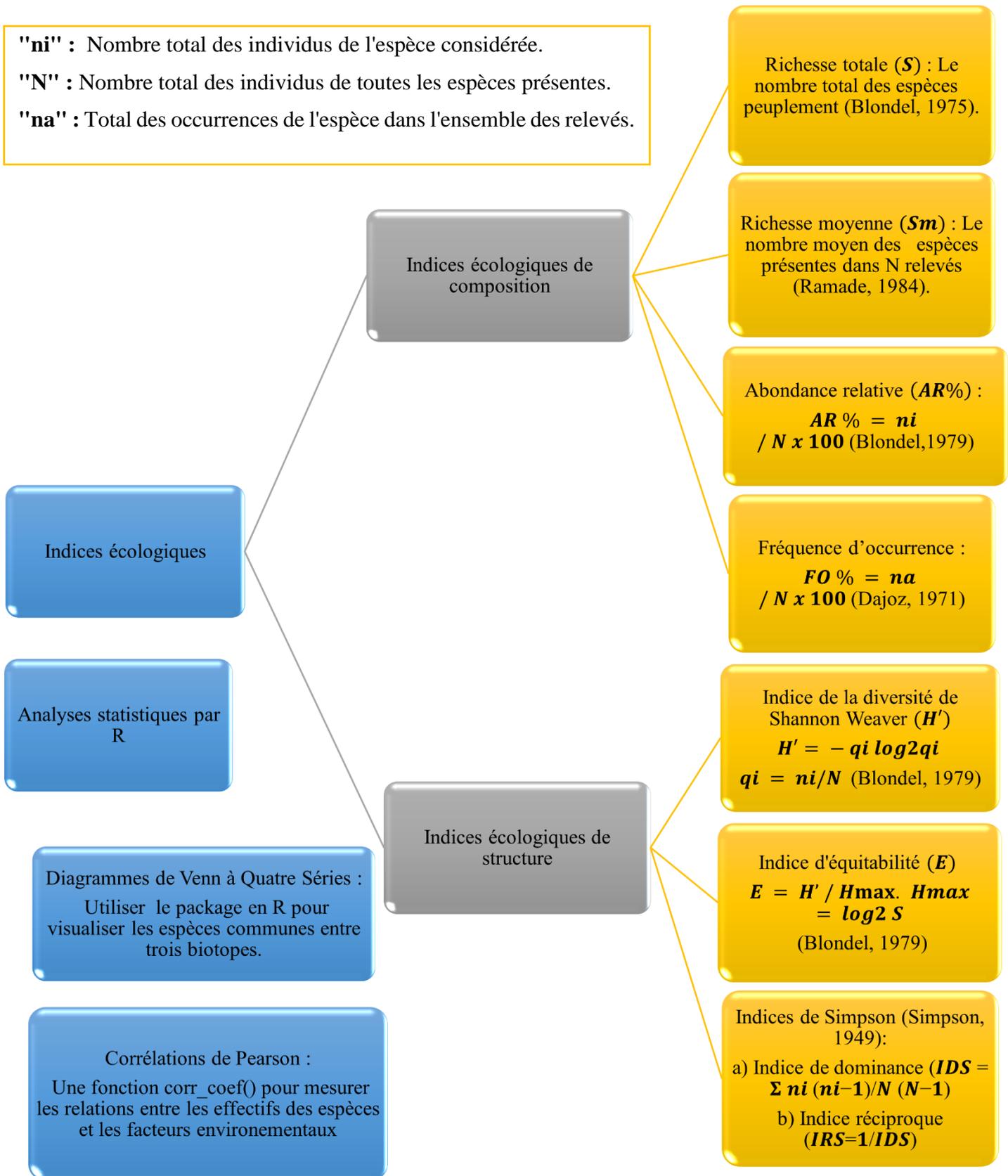
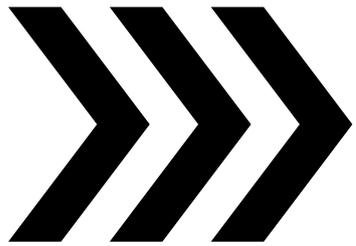


Fig. 22 - Différents indices écologiques et analyses statistiques appliqués pour exploiter les résultats.



Chapitre III

Chapitre III- Résultats de la diversité des phlébotomes dans la région de Djelfa

Les résultats des études systématiques, bioécologiques, statistiques et entomo-génétiques des phlébotomes vecteurs de *Leishmania* spp. dans la région de Djelfa sont rassemblés dans ce chapitre.

3.1. Liste des espèces phlébotomes trouvées dans les dix stations d'étude de la région de Djelfa

La liste des espèces de phlébotomes récoltées dans la région de Djelfa est mentionnée dans le tableau 2.

Tableau 2 - Liste des espèces de phlébotomes récoltées dans six stations d'étude de la région de Djelfa (août 2021- juillet 2022).

Genre	Sous genres	Espèces	Ain Oussera		Hassi Bahbah		Djelfa		Ain El Bel		Mlaga	Haniet Ouled Salem
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Phlebotomus	<i>Phlebotomus</i>	<i>Ph. papatasi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Larroussi</i>	<i>Ph. langeroni</i> (Nitzulescu, 1930)	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-
		<i>Ph. perniciosus</i>	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+
		<i>Ph. longiscuspis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
		<i>Ph. ariasi</i>	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+
	<i>Paraphlebotomus</i>	<i>Ph. alexandri</i>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+
	<i>Ph. sergenti</i>	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	
Sergentomyia	<i>Sergentomyia</i>	<i>Se. schwetzi</i> (Theodor & Parrot, 1929)	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-
		<i>Se. fallax</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
		<i>Se. antennata</i>	-	-	+	+	+	-	+	+	-	-
		<i>Se. minuta</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
	<i>Grassomyia</i> (Theodor, 1958)	<i>Se. dreyfussi</i> (Parrot, 1933)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	12 espèces	3	4	4	4	7	6	9	9	4	6	

+ : Présence ; - : Absence

Chapitre III

Dans cette étude, 12 espèces sont identifiées appartenant à cinq sous-genres et deux genres, *Phlebotomus* et *Sergentomyia*, dans différents types de biotopes : périurbains (Ain Oussera et Hassi Bahbah), urbain (Djelfa) et ruraux (Ain El Bel, Mlaga et Haniet Ouled Salem) (Tab. 2). Il est à noter que certaines espèces sont observées uniquement dans une seule station telles que *Ph. longiscuspis* dans Haniet Ouled Salem et *Se. dreyfussi* dans Ain El Bel. D'autres espèces, comme *Ph. langeroni* dans les stations de Hassi Bahbah et Ain El Bel, *Ph. sergenti* et *Se. schwetzi* dans les stations de Djelfa et Ain El Bel et *Se. fallax* dans les stations d'Ain El Bel et de Mlaga, sont observées dans deux stations pendant la période d'échantillonnage. Par ailleurs, plusieurs espèces telles que *Ph. papatasi*, *Ph. ariasi*, *Ph. alexandri*, *Ph. perniciosus*, *Se. antennata* et *Se. minuta* sont observées dans de nombreuses stations d'échantillonnage.

3.2. Qualité d'échantillonnage

Les données concernant la qualité de l'échantillonnage des espèces de phlébotomes dans la région d'étude sont consignées dans le tableau 3.

Tableau 3 - Valeurs de la qualité d'échantillonnage des espèces de phlébotomes échantillonnées dans la région d'étude de la région de Djelfa (août 2021- juillet 2022)

La région d'étude		
a	E	N
1	0,083	12

a : nombre des espèces contactées une seule fois et en un seul relevé ; N : nombre de relevés ; E : Qualité d'échantillonnage.

Sur les douze relevés effectués dans dix sites répartis entre les six stations prospectées, seule espèce est vue une seule fois en un seul relevé au cours de la période d'échantillonnage (Tab. 3). Il s'agit de *Se. dreyfussi*. La valeur de la qualité d'échantillonnage est 0,083. Cette faible valeur indique un très bon effort effectué et une très bonne qualité d'échantillonnage.

3.3. Etude écologique par des indices écologiques

Les résultats obtenus sont traités avec des indices écologiques de composition et de structure.

3.3.1. Exploitation des résultats par les indices écologiques de composition

Les indices écologiques de composition appliqués pour évaluer les résultats de la diversité des phlébotomes dans la région de Djelfa sont les richesses totales et moyennes, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence.

3.3.1.1. Richesses totale S et moyenne Sm

Les résultats de la richesse totale et de la richesse moyenne de ces des espèces de phlébotomes dans les dix sites des six stations d'étude depuis août 2021 jusqu'à juillet 2022 sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 - Richesses totale et moyenne des espèces de phlébotomes échantillonnées dans les différents sites de la région de Djelfa entre août 2021 et juillet 2022

Station d'étude	Sites	Richesse spécifique	Richesse Moyenne	Richesse Totale
Ain Oussera	S1	3	1,33	12
	S2	4	1,67	
Hassi Bahbah	S3	4	1,08	
	S4	4	1,25	
Djelfa	S5	7	2,58	
	S6	6	2,17	
Ain El Bel	S7	9	3,08	
	S8	9	3,00	
Mlaga	S9	4	1,67	
Haniet Ouled Salem	S10	6	2,00	

Un total de 12 espèces de phlébotomes est signalé dans les différents sites d'étude (Tab. 4). Les valeurs de la richesse spécifique varient d'une station à l'autre. La valeur la plus élevée est observée dans la station rurale d'Ain El bel dans les sites 7 et 8, avec 9 espèces. Elle est suivie par celle observée dans le site 5 de la station urbaine de Djelfa avec 7 espèces, et par celle notée dans le site 6 de cette même station et du site 10 de la station rurale de Haniet Ouled Salem avec 6 espèces. La richesse la plus faible est rapportée dans

Chapitre III

le site 1 de la station périurbaine d'Ain Oussera avec 3 espèces. En ce qui concerne la richesse moyenne des espèces, la valeur plus élevée est notée dans les deux sites de la station rurale d'Ain El Bel avec une valeur de 3,08 dans le site 7 et 3 dans le site 8 et la richesse moyenne la plus faible est notée dans les deux sites de la station périurbaine de Hassi Bahbah avec 1,08 dans le site 3 et 1,25 dans le site 4 (Tab. 4).

3.3.1.2. Abondances relatives

Les résultats des abondances relatives des espèces de phlébotomes dans les dix sites sur six stations d'étude, d'août 2021 à juillet 2022, sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 - Valeurs des abondances relatives des espèces de phlébotomes échantillonnées dans les dix sites d'étude de différents biotopes dans la région de Djelfa (août 2021- juillet 2022).

	Périurbain				Urbain		Rural			Haniet Ouled Salem
	Ain Oussera		Hassi Bahbah		Djelfa		Ain El Bel		Mlaga	
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
<i>Ph. papatasi</i>	84.23%	72.85%	83.67%	76.71%	47.86%	46.11%	48.89%	39.93%	60.77%	40.58%
<i>Ph. langeroni</i>	–	–	1.02%	–	–	–	18.41%	10.99%	–	–
<i>Ph. sergenti</i>	–	–	–	–	5.71%	10.95%	0.32%	–	–	–
<i>Ph. perniciosus</i>	–	–	–	–	3.10%	7.20%	7.30%	13.55%	–	12.75%
<i>Ph. longiscuspis</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	17.39%
<i>Ph. alexandri</i>	9.30%	8.82%	–	–	18.81%	12.68%	–	–	11.96%	21.16%
<i>Ph. ariasi</i>	–	12.06%	–	8.22%	–	–	3.17%	6.59%	6.22%	2.32%
<i>Se. schwetzi</i>	–	–	–	–	4.76%	2.88%	2.86%	6.23%	–	–
<i>Se. fallax</i>	–	–	–	–	–	–	7.62%	12.09%	21.05%	–
<i>Se. antennata</i>	–	–	3.06%	5.48%	0.71%	–	6.67%	4.40%	–	–
<i>Se. dreyfussi</i>	–	–	–	–	–	–	–	0.37%	–	–
<i>Se. minuta</i>	6.48%	6.26%	12.24%	9.59%	19.05%	20.17%	4.76%	5.86%	–	5.80%

–: Absence

Chapitre III

Les valeurs des abondances relatives varient d'une station à une autre et au sein de la même station, elles varient d'un site à un autre (Tab. 5).

Dans la station périurbaine d'Ain Oussera, l'espèce qui domine est *Ph. papatasi* avec 84,23% dans le site 1 et avec 72,85% dans le site 2. Elle est suivie par *Ph. ariasi* avec 12,06% dans le site 2 et *Ph. alexandri* avec 9,30% dans le site 1 et 8,82% dans le site 2. La valeur la plus faible est celle de *Se. minuta*, avec des taux ne dépassant pas 6,5 % dans les deux sites (Fig. 23).

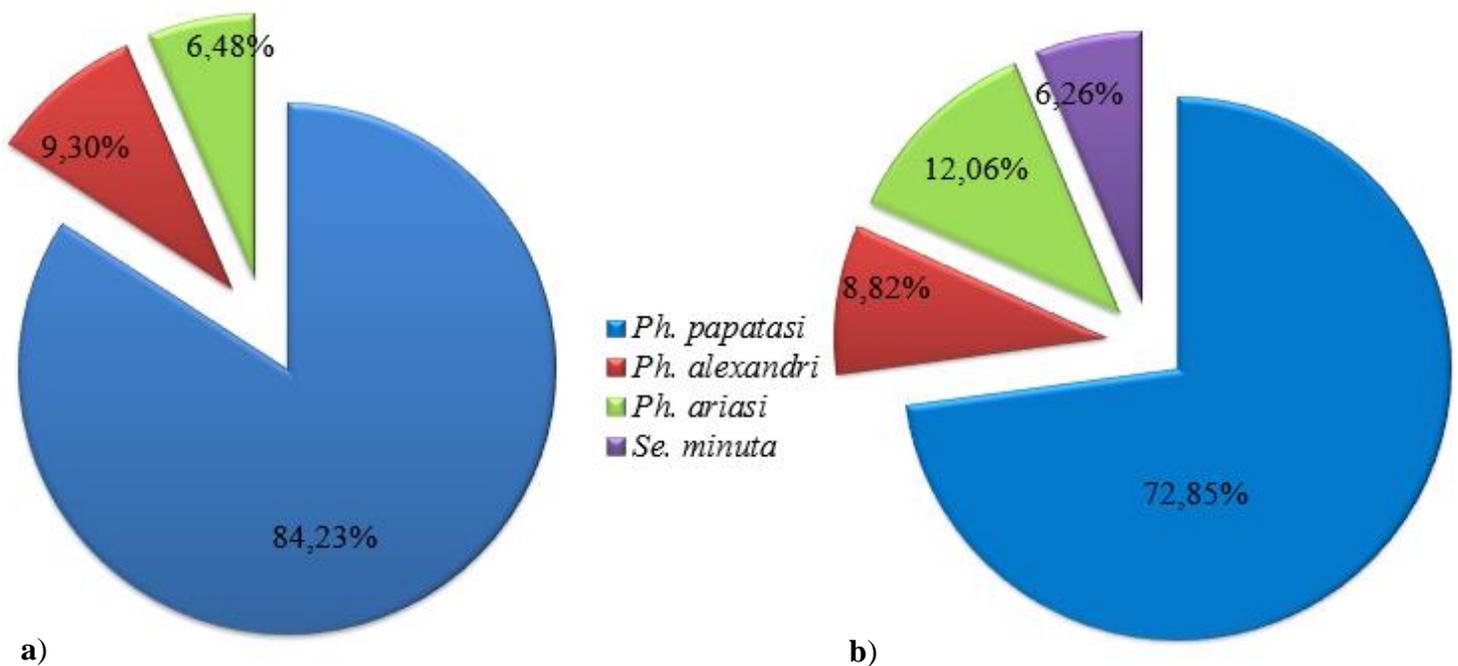


Fig. 23- Abondances relatives des espèces dans les deux sites de la station périurbaine d'Ain Oussera: **a)** Site 1 et **b)** Site 2

Dans la station périurbaine de Hassi Bahbah, l'espèce qui domine est *Ph. papatasi* dans les sites 3 et 4 avec des pourcentages respectifs de 83,67% et 76,71%. Elle est suivie par *Se. minuta* dans les deux sites avec des pourcentages de 12,24% et 9,59%.

L'espèce *Ph. langeroni* est signalée seulement dans le site 3 avec 1,02%, alors que *Ph. ariasi* est observée seulement dans le site 4 avec 8,22% (Fig. 24).

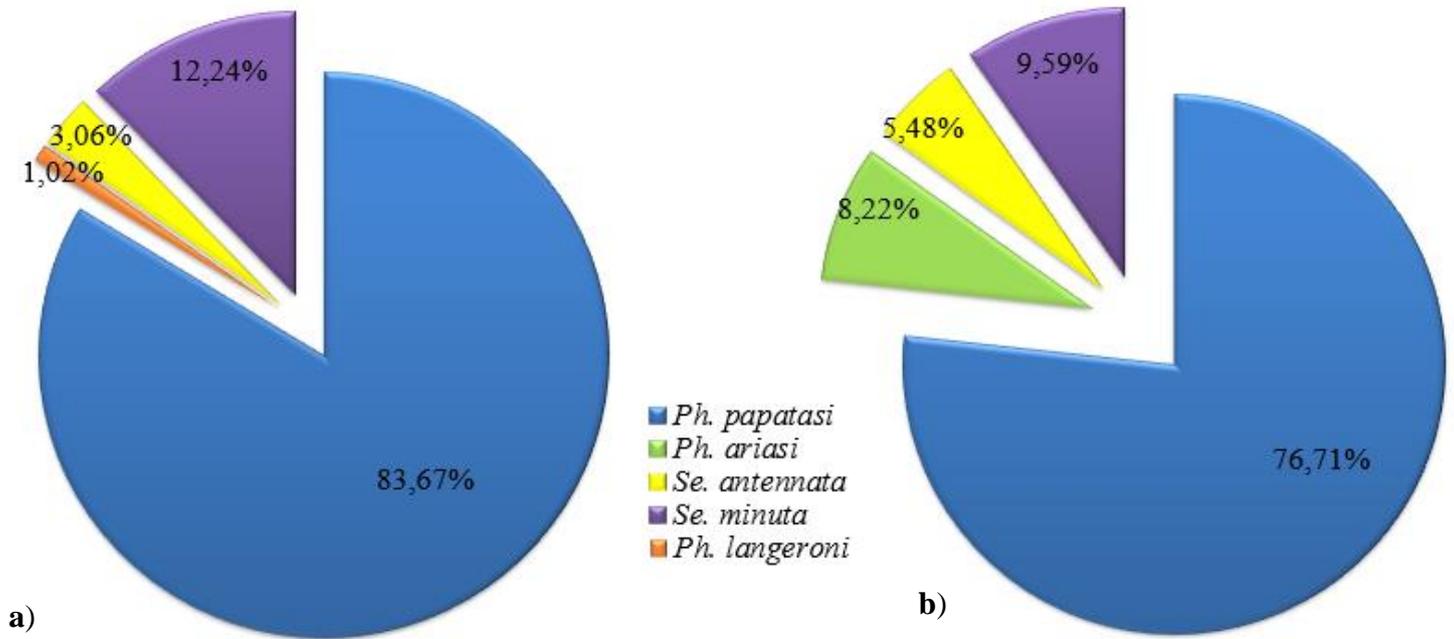


Fig. 24 - Abondances relatives des espèces dans les deux sites de la station périurbaine de Hassi Bahbah: **a)** Site 3 et **b)** Site 4

Dans la station urbaine de Djelfa, l'espèce qui domine est *Ph. papatasi* dans les sites 5 et 6 avec des pourcentages de 47,86% et 46,11% respectivement. Elle est suivie par *Se. minuta* représentée par 19,05% dans le site 5 et par 20,17% dans le site 6, ainsi que *Ph. alexandri* figurée par 18,81% dans le site 5 et par 12,68% dans le site 6. Ensuite par *Ph. sergenti* qui s'affiche par les valeurs de 5,71% dans le site 5 et de 10,95% dans le site 6. En revanche, *Se. antennata* est seulement présente avec 0,71% dans le site 5 et absente du site 6 (Fig. 25).

Dans la station rurale d'Ain El Bel, l'espèce qui domine est *Ph. papatasi* dans les sites 7 et 8 avec des pourcentages de 48,89% dans le site 7 et 39,93% dans le site 8. Les espèces les moins abondantes sont *Ph. sergenti* avec 0,32% dans le site 7, et *Se. dreyfussi* dans le site 8 avec 0,37% (Fig. 26).

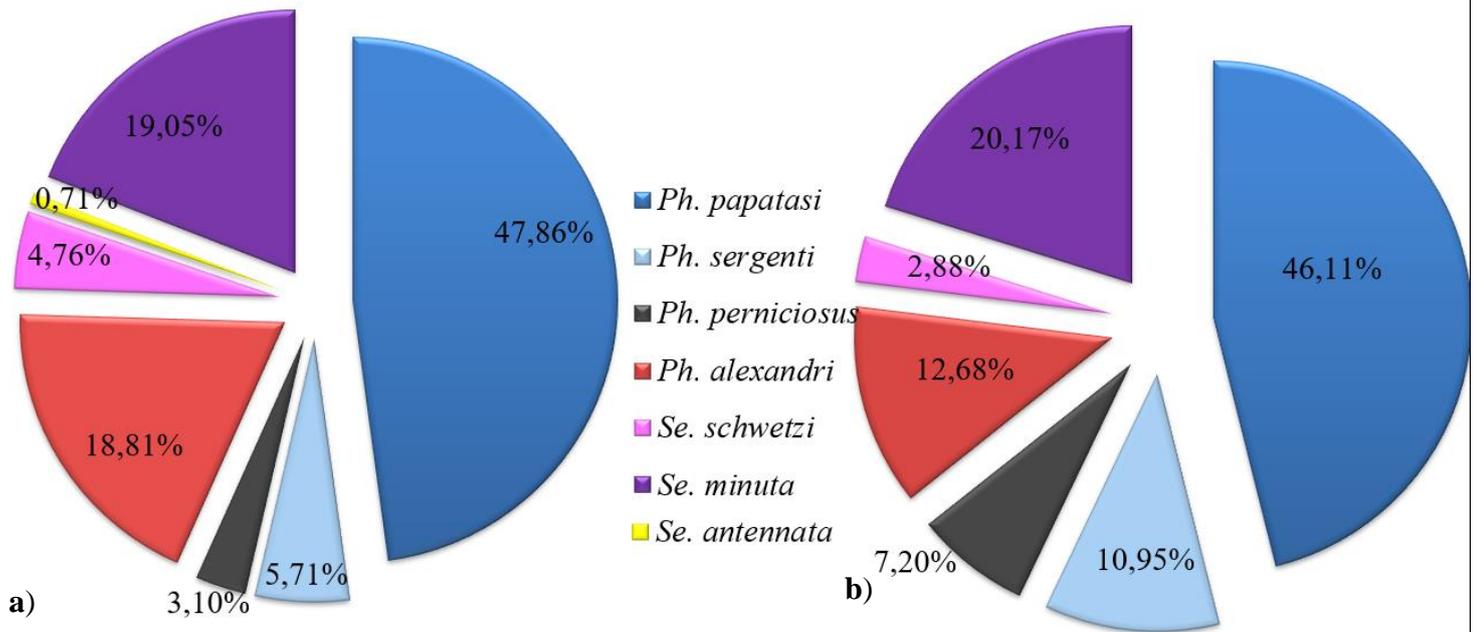


Fig. 25- Abondances relatives des espèces dans les deux sites de la station urbaine de Djelfa: a) Site 5 et b) Site 6

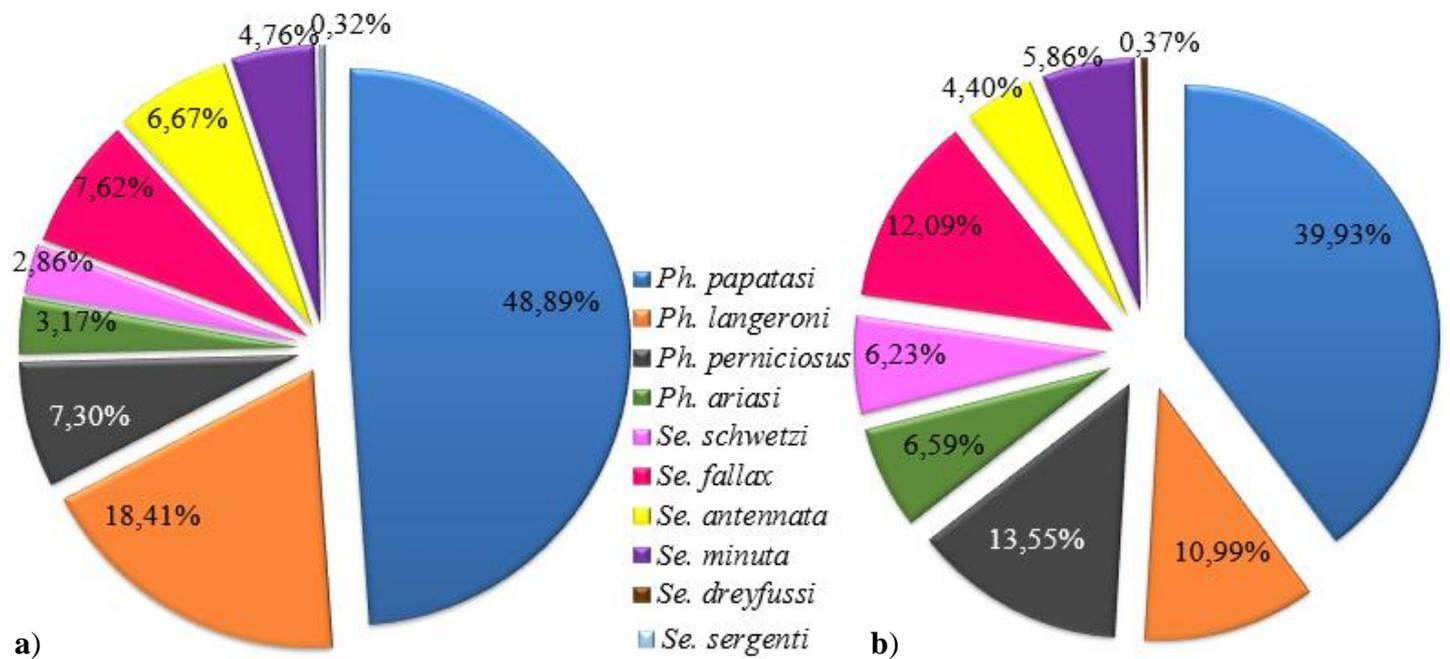


Fig. 26- Abondances relatives des espèces dans les deux sites de la station rurale d'Ain El Bel: a) Site 7 et b) Site 8

Pour ce qui de la station rurale de Mlaga, l'espèce qui domine est *Ph. papatasi* avec 60,77%. Elle est suivie par *Se. fallax* avec 21,05%, par *Ph. alexandri* avec 11,96% et par *Ph. ariasi* avec 6,22% (Fig. 27).

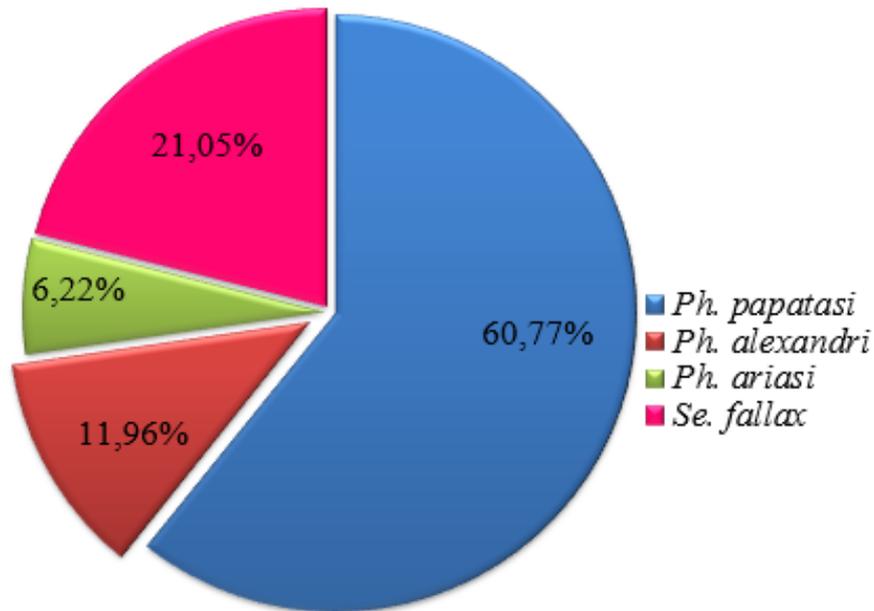


Fig. 27- Abondances relatives des espèces dans le site de station rurale de Mlaga

Dans la station rurale d’Haniet Ouled Salem, l’espèce dominante est *Ph. papatasi*, représentée par 40,58% des spécimens capturés, suivie par *Ph. longiscuspis* avec 17,39%. En revanche, les espèces les moins abondantes dans cette station sont *Se. minuta* avec 5,80% et *Ph. ariasi* avec seulement 2,32% des spécimens (Fig. 28).

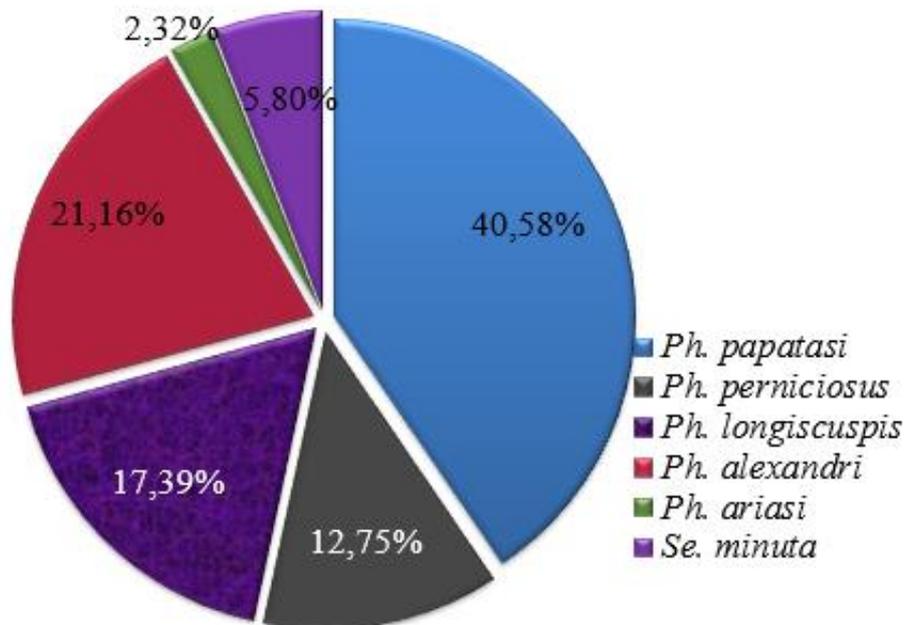


Fig. 28- Abondances relatives des espèces dans le site de station rurale d’Haniet Ouled Salem

3.3.1.3. Fréquence d'occurrence

Les valeurs de la fréquence d'occurrence sont représentées dans le tableau 6.

Tableau 6 - Fréquence d'occurrence des espèces de phlébotomes des dix sites d'étude (août 2021- juillet 2022)

Espèces	Périurbaine				Urbaine		Rurale			Haniet Ouled Salem
	Ain Oussera		Hassi Bahbah		Djelfa		Ain El Bel		Mlaga	
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
<i>Ph. papatasi</i>	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
<i>Ph. langeroni</i>	–	–	8%	–	–	–	42%	33%	–	–
<i>Ph. perniciosus</i>	–	–	–	–	25%	25%	25%	33%	–	42%
<i>Ph. longiscuspis</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	17%
<i>Ph. ariasi</i>	–	42%	–	25%	–	–	25%	33%	25%	17%
<i>Ph. alexandri</i>	42%	33%	–	–	50%	50%	–	–	42%	42%
<i>Ph. sergenti</i>	–	–	–	–	42%	25%	8%	–	–	–
<i>Se. schwetzi</i>	–	–	–	–	33%	25%	33%	25%	–	–
<i>Se. fallax</i>	–	–	–	–	–	–	50%	42%	50%	–
<i>Se. antennata</i>	–	–	8%	25%	8%	–	42%	42%	–	–
<i>Se. minuta</i>	42%	42%	42%	25%	50%	42%	33%	33%	–	33%
<i>Se. dreyfussi</i>	–	–	–	–	–	–	–	8%	–	–

–: Absence

Les valeurs des fréquences d'occurrence varient d'une espèce à une autre (Tab. 6). *Ph. papatasi* est régulière dans tous les sites d'étude (FO% = 50%). Les espèces ; *Ph. langeroni*, *Ph. perniciosus*, *Ph. ariasi*, *Se. schwetzi*, *Se. antennata* et *Se. minuta* sont dites accessoires dans les sites 7 et 8 ($25\% \leq FO\% < 50\%$). Ces mêmes espèces changent leurs occurrences dans les autres sites. *Se. fallax* est accessoirement présente dans le site 8 (FO%= 42%) et régulièrement observée dans le site 7 (FO % = 50 %). Dans ce dernier site, *Ph. sergenti* est une espèce accidentelle (FO % = 8 %). Les espèces ; *Ph. sergenti*,

Ph. perniciosus et *Se. schwetzi* sont toutes accessoires dans les sites 5 et 6. Il en est de même pour *Se. minuta* dans le site 6, alors qu'elle est régulière dans le site 5. Dans chacun de ces derniers deux sites, *Ph. alexandri* est trouvée régulière (FO % = 8 %). *Ph. ariasi*, *Se. antennata* et *Se. minuta* sont occasionnellement trouvées dans le site 4 (FO%= 25%). Il en est de même pour *Ph. alexandri* et *Se. minuta* qui sont occasionnellement observés dans le site 1 (FO % = 42 %). Dans les sites 2, 9 et 10 les espèces ; *Ph. alexandri* et *Ph. ariasi* sont trouvées accessoires. *Se. fallax* est régulière dans le site 9. Les espèces *Se. antennata* et *Ph. langeroni* dans les sites 3 et 5, l'espèce *Ph. longiscuspis* dans le site 10 et *Se. dreyfussi* dans le site 8 (FO % = 8 %) sont accidentelles.

3.3.2. Exploitation des résultats par les indices écologiques de structure

Les indices écologiques de structure appliqués pour l'exploitation de la diversité des phlébotomes dans les six stations d'étude à Djelfa sont les indices de diversité de Shannon-Weaver, de diversité maximale, d'équitabilité et de Simpson.

3.3.2.1. Indice de Shannon- Weaver

Les valeurs des indices de diversité de Shannon-Weaver H' et l'équitabilité des différentes espèces de phlébotomes dans six stations retenues à Djelfa sont regroupées dans le tableau 7.

Tableau 7 - Valeurs des indices de diversité de Shannon-Weaver H' et l'équitabilité E dans les différents biotopes (août 2021- juillet 2022)

Station d'étude	Sites	Richesse spécifique	Shannon Weaver H' (bits)	Diversité maximale (H'max)	Equitabilité (E)
Ain Oussera	S1	3	0,543	1,099	0,494
	S2	4	0,874	1,386	0,63
Hassi Bahbah	S3	4	0,560	1,386	0,404
	S4	4	0,793	1,386	0,572
Djelfa	S5	7	1,434	1,946	0,737
	S6	6	1,476	1,792	0,824
Ain El Bel	S7	9	1,604	2,197	0,73
	S8	9	1,812	2,197	0,825
Mlaga	S9	4	1,057	1,386	0,763
Haniet Ouled Salem	S10	6	1,514	1,792	0,845

Chapitre III

Le calcul de la diversité montre que les sites ruraux présentent une bonne diversité, tandis que les sites périurbains montrent une faible diversité (Tab. 7). En effet, les valeurs de la diversité sont de l'ordre de 0,543 bits pour le site 1, suivies de 0,560 bits pour le site 3, puis de 0,793 bits pour le site 4, de 0,874 bits pour le site 2, de 1,057 bits pour le site 9, de 1,434 bits pour le site 5, de 1,514 bits pour le site 10, jusqu'à 1,812 bits pour le site 8.

3.3.2.2. Indice d'équitabilité

En ce qui concerne l'équitabilité calculée dans les différents sites montrent des valeurs inférieures à 0,5 pour les sites périurbains : le site 3 avec 0,404 et le site 1 avec 0,494. Ces faibles valeurs indiquent une répartition non équitable des effectifs espèces de phlébotomes. En revanche, les valeurs supérieures à 0,5 sont observées notamment pour le site périurbain 4 avec 0,572, le site périurbain 2 avec 0,630, les sites urbains 5 avec 0,737 et 6 avec 0,824, ainsi que pour les sites ruraux : le site 7 avec 0,730 bits, le site 8 avec 0,825, le site 9 avec 0,763 et le site 10 avec 0,845. Ces fortes valeurs indiquent une répartition plus équitable des effectifs espèces de phlébotomes (Tab. 7).

3.3.2.3. Indice de Simpson de dominance et de réciproque

Les valeurs de l'indice Simpson et de réciproque des différentes espèces de phlébotomes dans les dix sites d'étude sont regroupées dans le tableau 8.

Tableau 8 - Valeurs de l'indice de Simpson de dominance et de réciproque dans les dix sites d'étude de la région de Djelfa (août 2021- juillet 2022)

Station d'étude	Sites	IDS	IRS
Ain Oussera	S1	0,721	1,386
	S2	0,556	1,799
Hassi Bahbah	S3	0,713	1,402
	S4	0,602	1,661
Djelfa	S5	0,306	3,272
	S6	0,285	3,505
Ain El Bel	S7	0,290	3,444
	S8	0,215	4,647
Mlaga	S9	0,429	2,331
Haniet Ouled Salem	S10	0,258	3,880

Les résultats de l'indice Simpson de dominance (IDS) et de réciproque (IRS) ont montré une fluctuation de la diversité dans les stations d'étude (Tab. 8). Une très bonne diversité est observée dans les sites ruraux comme ce qui a été noté dans le site 8 à Ain El Bel qui présente un IDS de 0,215 et un IRS de 4,647, et le site 7 de la même station qui affiche un IDS de 0,290 et un IRS de 3,444, ainsi que dans Haniet Ouled Salem où le site 10 présente un IDS de 0,258 et un IRS de 3,880. En milieu urbain, la station de Djelfa, le site 6 montre un IDS de 0,285 et un IRS de 3,505 qui donne également une diversité relativement élevée pour ce site. En revanche, une faible diversité est remarquée dans les stations périurbaines comme Ain Oussera dont laquelle le site 1 calcule un IDS de 0,721 et un IRS de 1,386, et le site 2 présente un IDS de 0,556 et un IRS de 1,799. Pour les deux sites de la station périurbaine de Hassi Bahbah, le site 3 affiche un IDS de 0,713 et un IRS de 1,402, et le site 4 présente un IDS de 0,602 et un IRS de 1,661.

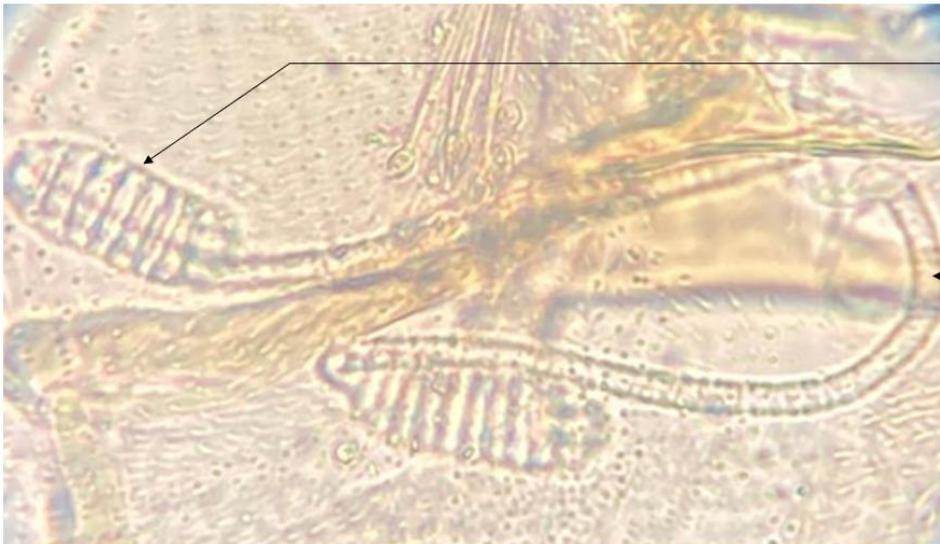
3.4. Étude systématique

Les critères morphologiques et la sex-ratio des espèces capturées sont détaillés par la suite :

3.4.1. Critères morphologiques de quelques espèces de phlébotomes échantillonnés

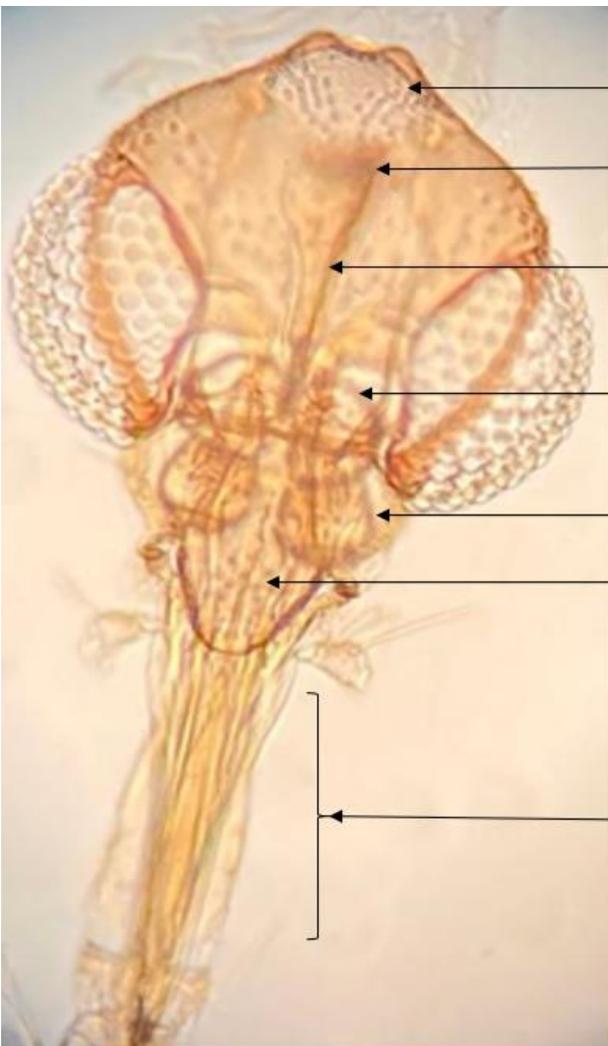
L'arrangement taxonomique des différentes espèces de phlébotomes est réalisé en se basant sur les critères de classification morphologique des spécimens capturés en particulier les têtes et les organes génitaux. La femelle de *Ph. papatasi* est connue par son Genitalia avec une spermathèque segmentée de moins de 20 segments et un conduit n'est pas fusionné la base avec des surfaces étroites et rayées. De plus, la tête du spermathèque ne possède pas de cou (Fig. 29a). La tête a une armature cibariale dépourvue de dents ou à des dents rudimentaires. En outre, les dents pharyngiennes sont plus larges sur les bords et plus petites au milieu (Fig. 29b). Le mâle s'identifie par le Gonostyle long et mince portant quatre épines courtes avec des épines médianes et apicales. Par ailleurs, le Gonocoxite a un petit lobe basal avec 10-15 poils situés uniquement sur la partie distale et l'Aedegus est court et conique (Fig. 29c).

Pour *Ph. langeroni* ; la femelle a un Genitalia à spermathèque segmentée avec une tête située sur le cou dont la base dilatée des conduits spermatiques dépourvue de structures latérales, et le conduit s'élargit progressivement (Fig. 30a). En parallèle, le mâle possède un Genitalia avec un long Aedegus qui se rétrécit brusquement à l'extrémité (Fig. 30b).



Corps segmenté

Conduit



Occiput

Armature

Pharynx

Scape (AI)

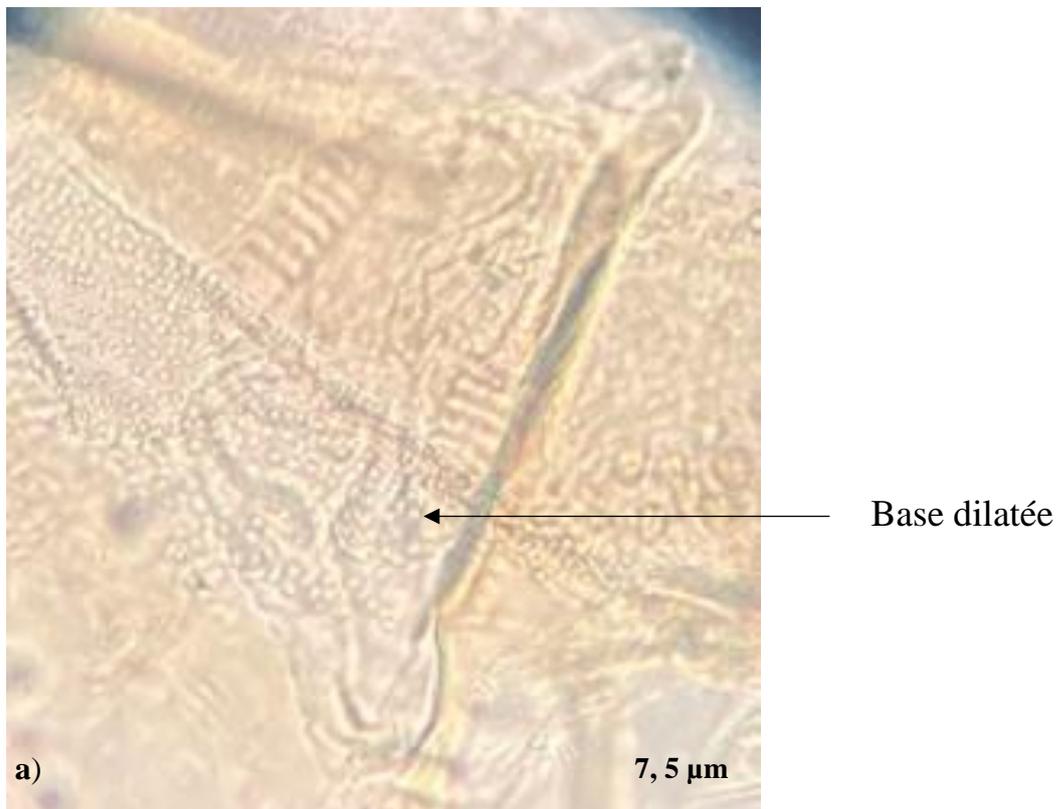
Pédicelle (AII)

Clypeus

Pieces buccales



Fig. 29 - *Phlebotomus papatasi*: a) Spermathèque, b) Tête de la femelle et c) Genitalia de mâle





Aedeagus long
rétréci

Fig. 30- *Phlebotomus langeroni*: a) Spermathèque et b) Genitalia de mâle

Concernant *Ph. alexandri* ; chez la femelle, le Genitalia présente une spermathèque segmentée et des bases non dilatées des conduits spermatiques, avec une tête terminale dépourvue de col. Le conduit spermathèque ne fusionne pas à la base et présente des surfaces étroites et striées (Fig. 31 a). Concernant la tête, l'armature cibariale de la tête est dépourvue de dents. Par ailleurs, l'armature pharyngienne est constituée de dents grossières, occupant $\frac{1}{4}$ du pharynx. De plus, la partie postérieure du pharynx est armée d'un réseau de dents bien développées, grandes et régulièrement disposées (Fig. 31b).

Chez le mâle, le Genitalia a un Gonostyle court, portant quatre longues épines, avec des épines médianes et apicales présentes. Le Gonocoxite a un lobe basal simple et développé qui porte la plupart des poils de la surface terminale. Le lobe basal a une tête élargie avec un cou étroit, et l'Aedeagus court et conique est crochu à l'extrémité (Fig. 31c).

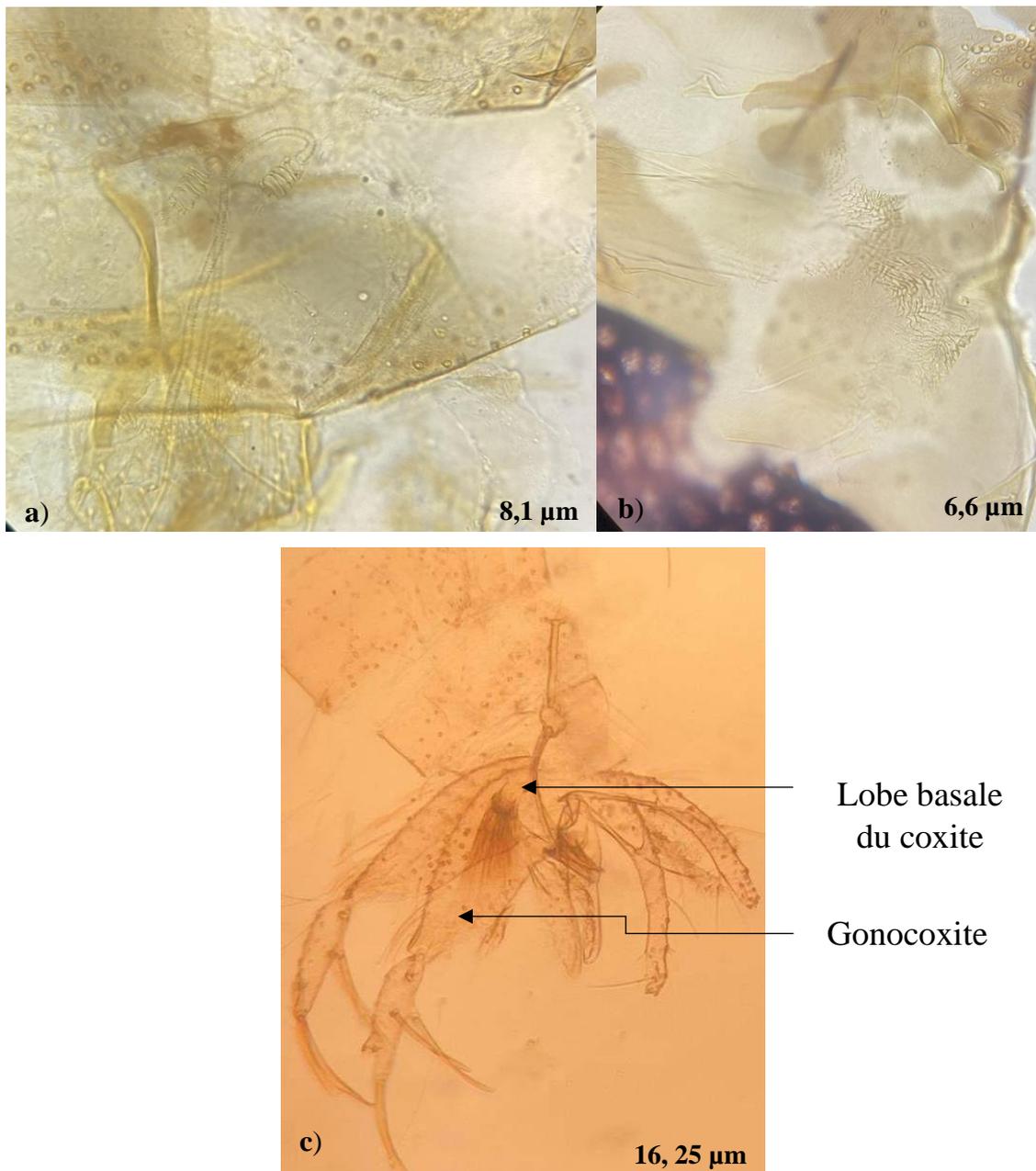


Fig. 31- *Phlebotomus alexandri*: a) Tête de la femelle, b) Spermathèque et c) Genitalia de mâle

La femelle de *Se. fallax* a un Genitalia possédant une spermathèque non segmentée, tubulaire et large avec des conduits spermatiques qui se rejoignent à la base (Fig. 32c). La tête possède des dents bien développées, avec une zone pigmentée située au milieu de l'armature cibariale. De plus, la forme du pharynx postérieur est dilatée vers l'arrière, formant un cœur (Fig. 32b). Chez le mâle, le Genitalia possède un Gonostyle avec des épines courtes et porte quatre épines longues, avec des épines apicales et subapicales. De

plus, il n'y a pas de poils Gonocoxaux et le Gonocoxite est dépourvu de lobe basal (Fig. 32a).

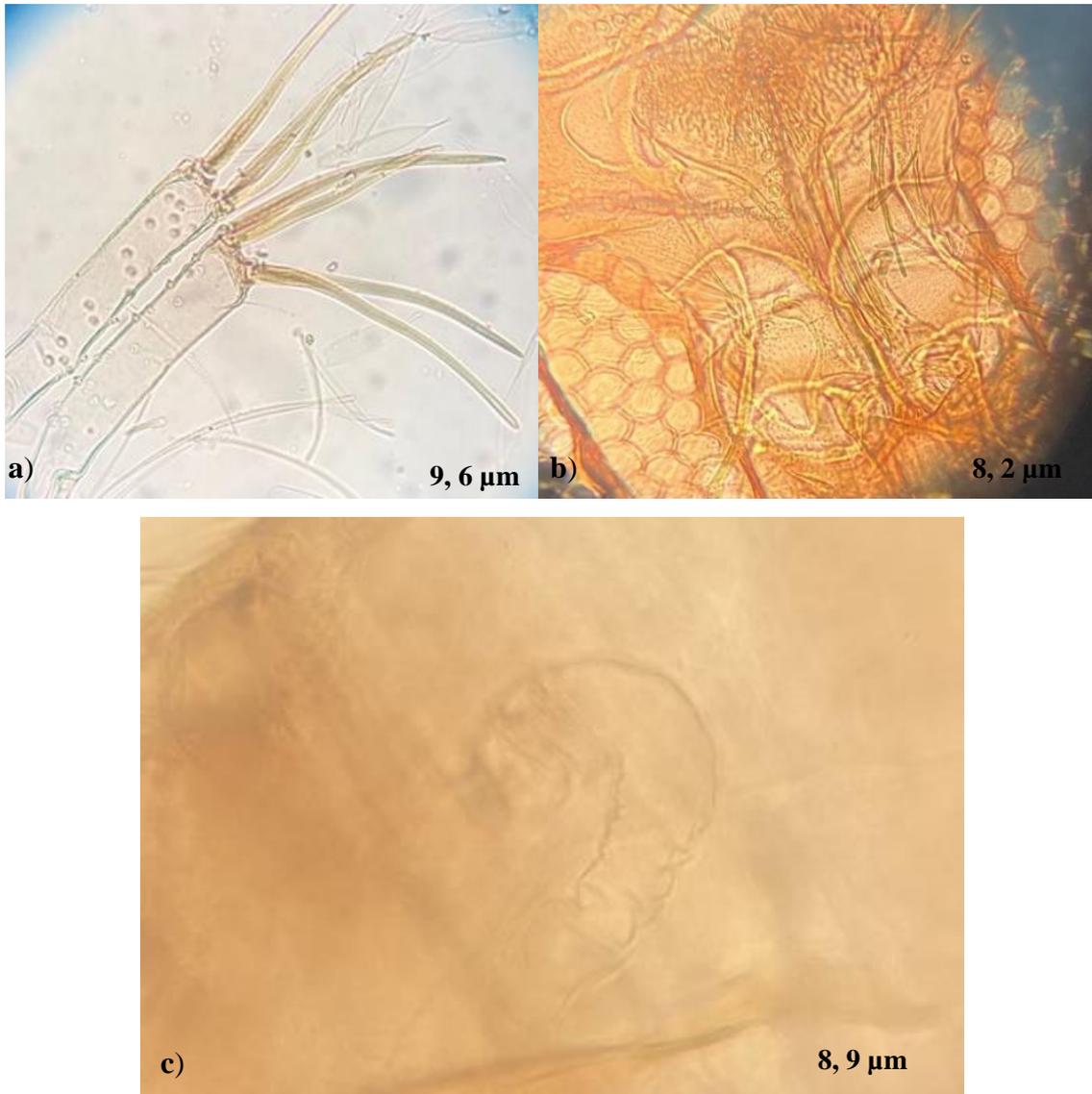


Fig. 32- *Sergentomyia fallax*: **a)** Genitalia de mâle, **b)** Tête de la femelle et **c)** Spermathèque

Pour *Se. minuta*, la femelle possède un Genitalia avec une spermathèque non segmentée, tubulaire et large avec une tête terminale repliée vers l'intérieur. Le conduit spermathèque est large avec une surface lisse et fusionne à la base (Fig. 33a). Concernant la tête, l'armature cibariale présente des dents bien développés sur une ligne droite avec une zone pigmentée qui s'étend sur les dents cibariales. De plus, l'armature pharyngienne est réduite ou absente (Fi. 33b).

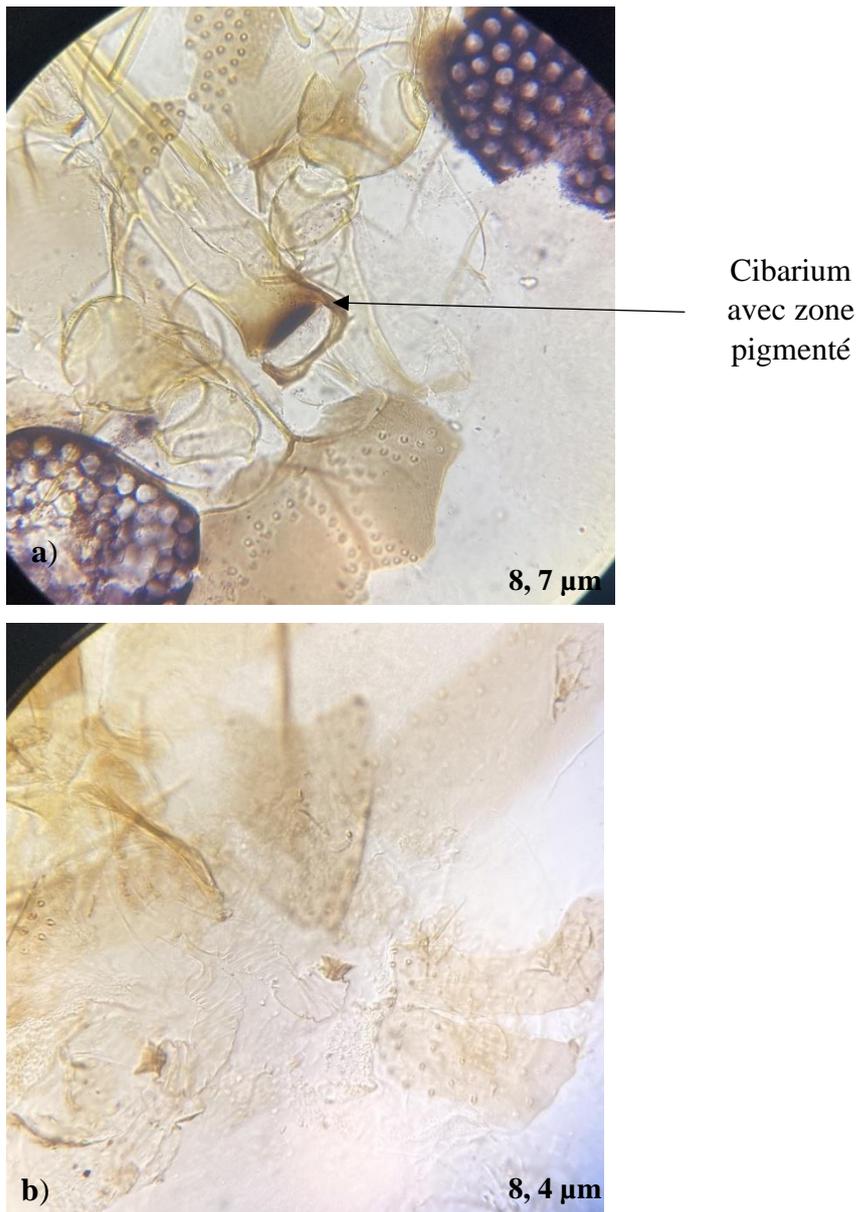


Fig. 33- *Sergentomyia minuta*: a) Tête de la femelle et b) Spermathèque

3.4.2. Sex-ratio des phlébotomes échantillonnés

Parmi, les 2866 de phlébotomes capturés, 2198 sont des femelles (76.69%) et 668 sont des males (23.31%) (Fig. 34). En termes d'espèces, pour les 1642 *Ph. papatasi*, 1158 sont des femelles soit un pourcentage de 70,52% , pour les 292 *Ph. alexandri*, 276 sont des femelles soit un taux de 94,52% , pour les 107 *Ph. ariasi*, 105 sont des femelles représentées par un pourcentage de 98,13%, pour 89 *Ph. langeroni*, 66 sont des femelles soit un taux de 74,16% et parmi les 101 individus de *Se. fallax*, 89 sont des femelles (88,12%) (Fig. 35).

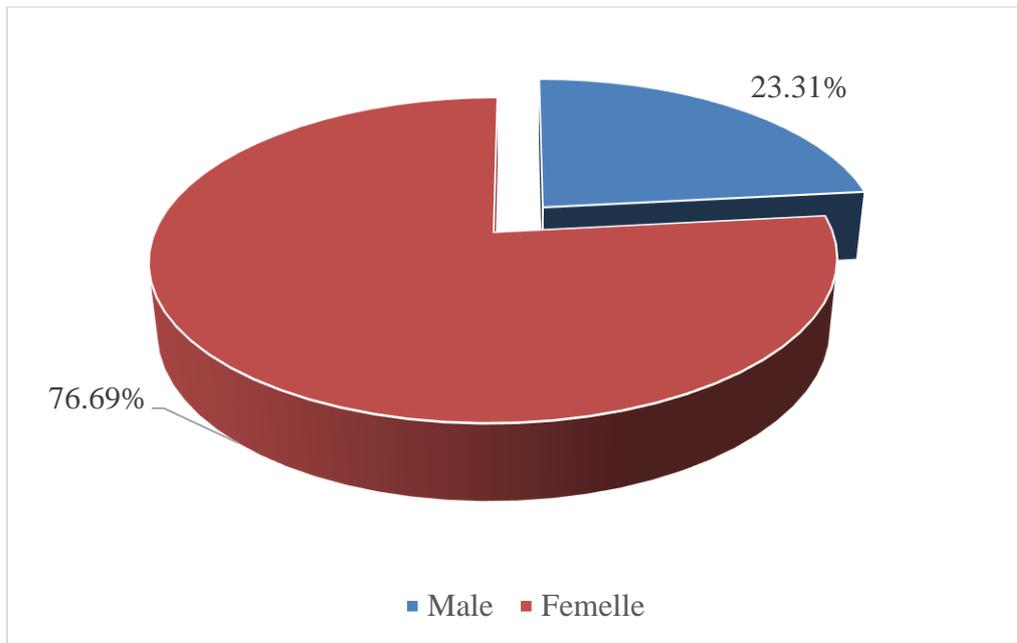


Fig. 34- Dominance des femelles capturées dans la région d'étude

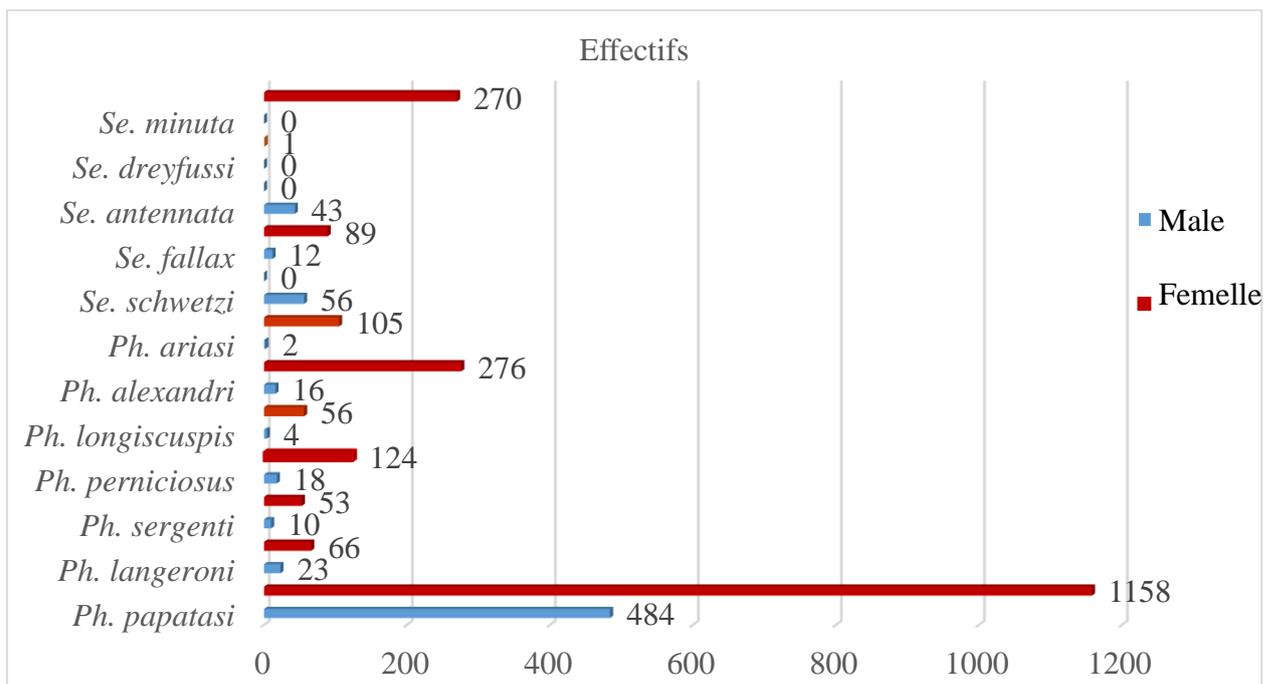


Fig. 35- Répartition des espèces de phlébotomes par sexe dans la région d'étude (août 2021-juillet 2022)

Cette dominance des femelles est marquée clairement pour les deux Sergentomies *Se. minuta* et *Se. dreyfussi* où tous les individus piégés sont des femelles. En revanche, certaines espèces capturées ne sont identifiées que par leurs genres males.

Il s'agit de *Se. schwetzi* et *Se. antennata* où aucune femelle n'est trouvée durant la période d'échantillonnage.

3.6. Résultats de l'étude entomo-génétique

Cette étude entomo-génétique est la première recherche de son genre menée dans la région de Djelfa pour identifier le régime alimentaire des phlébotomes, afin de déterminer l'origine du repas sanguin des femelles engorgées. Les investigations sur la source du repas sanguin des phlébotomes sont effectuées à l'aide de l'électrophorèse pour détecter les bandes positives de l'amplification de l'ADN par la réaction en chaîne de la polymérase (PCR) (Fig. 36).

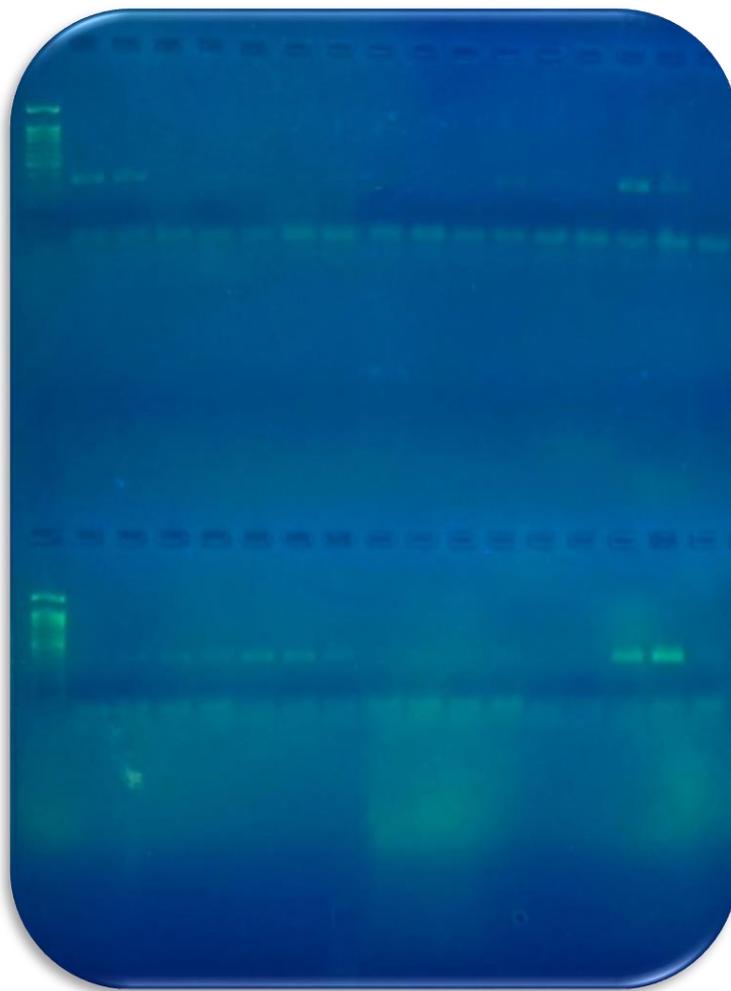


Fig. 36- Visualisation des bandes des amplifiât sur le gel d'agarose après l'électrophèse (Originale)

Au total, 2198 femelles de phlébotomes sont capturées, parmi lesquelles 30 femelles gorgées de sang sont analysées à l'aide du kit DNeasy® Blood and Tissue (Qiagen,

Allemagne) qui aide à fournir des quantités d'ADN suffisantes pour l'amplification de fragments allant jusqu'à 500 pb du gène mitochondrial COI de cinq espèces. Les résultats de l'amplification de l'ADN par PCR révèlent que 11 spécimens sont positifs pour la présence d'ADN provenant de mammifères hôtes. Deux individus de *Phlebotomus papatasi* sont capturés au site 5 de Djelfa, dans un biotope urbain où les réservoirs potentiels sont les moutons et les chèvres. Sept individus de *Phlebotomus longicuspis* sont capturés à Haniet Ouled Salem dans un biotope rural où le réservoir potentiel est le mouton. Seul, un individu de *Phlebotomus papatasi* est capturé à Mlaga, dans un biotope rural où le réservoir potentiel est également le mouton. Un autre individu de *Phlebotomus papatasi* est capturé à Hassi Bahbah, dans un biotope périurbain où le réservoir potentiel est plutôt un être humain.

La présence de quelques individus négatifs peut-être justifiée par la faible concentration d'ADN ainsi que par le fait que certaines espèces se nourrissent des autres vertébrés comme le poulet et le lézard dans le cas de *Se. minuta*.

3.6. Analyses statistiques

Dans cette partie deux analyses statistiques sont appliquées ; la corrélation de Pearson pour examiner les associations entre les facteurs climatiques et la diversité des phlébotomes et le Diagramme de Venn pour analyser les espèces communes dans les biotopes urbain, périurbain et rural.

3.6.1. Corrélation de Pearson entre les facteurs climatiques et les phlébotomes

La corrélation de Pearson est utilisée pour mesurer la force de la relation linéaire entre les espèces de phlébotomes et les facteurs climatiques (températures maximales, moyennes et minimales ainsi que les précipitations) pendant la période d'étude (août 2021- juillet 2022). Les résultats obtenus ont permis de montrer des corrélations positives fortes et significatives entre les températures maximales, moyennes et minimales et toutes les espèces appartenant au genre *Phlebotomus* et *Sergentomyia* à l'exception des deux espèces *Ph. longicuspis* et *Se. dreyfussi*. La corrélation atteint $p < 0,001$ (Fig.37). En ce qui concerne les corrélations entre les précipitations, aucune relation statistiquement significative n'est observée avec les espèces de phlébotomes (Fig. 38).

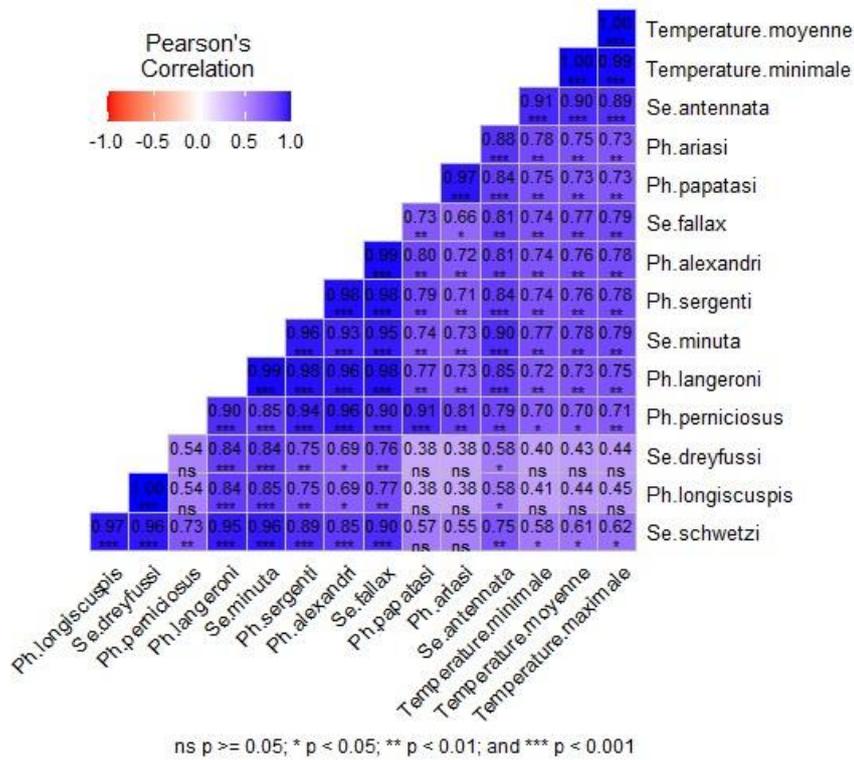


Fig. 37-Corrélations de Pearson entre les espèces de phlébotomes et les variables de température maximale, minimale et moyenne (août 2021-juillet 2022).

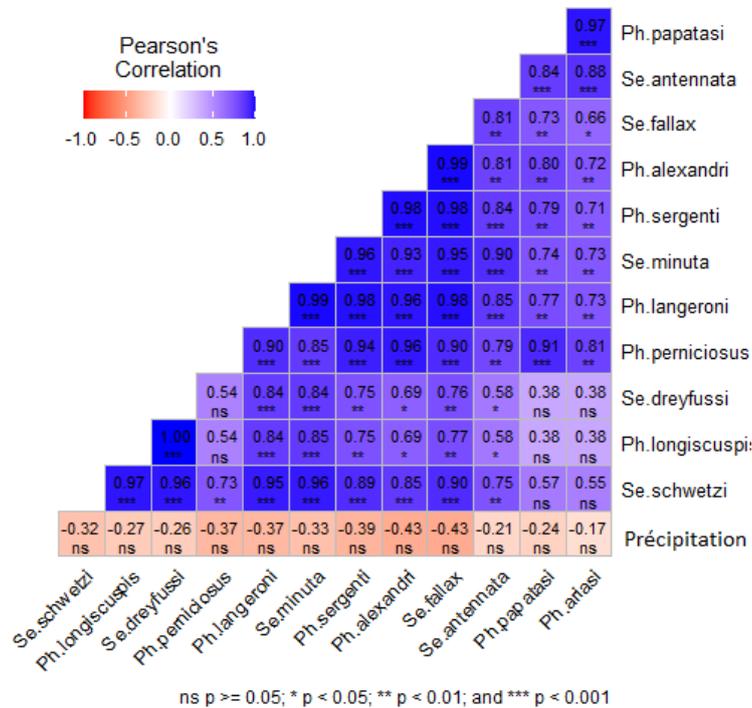


Fig. 38- Corrélations de Pearson entre les espèces de phlébotomes et les précipitations (août 2021-juillet 2022)

3.6.2. Diagramme de Venn pour les trois biotopes

Dans le but d'organiser visuellement les espèces communes entre les différentes stations et pour déterminer la relation entre chaque espèce et le biotope qu'elle abrite, le diagramme de Venn est appliqué. Le résultat a montré que les trois biotopes urbain, périurbain et rural des stations d'étude partagent quatre espèces. Ces espèces sont *Ph. papatasi*, *Ph. alexandri*, *Se. minuta*, *Se. antennata*. Les espèces communes entre les biotopes urbain et rural sont au nombre de trois, *Ph. perniciosus*, *Ph. sergenti* et *Se. schewtzi*. Les deux biotopes périurbain et rural partagent deux espèces ; *Ph. langeroni* et *Ph. ariasi*. D'autres espèces sont caractéristiques que des sites ruraux. Ce sont *Ph. longicuspi*, *Se. fallax* et *Se. dreyfussi* (Fig. 39).

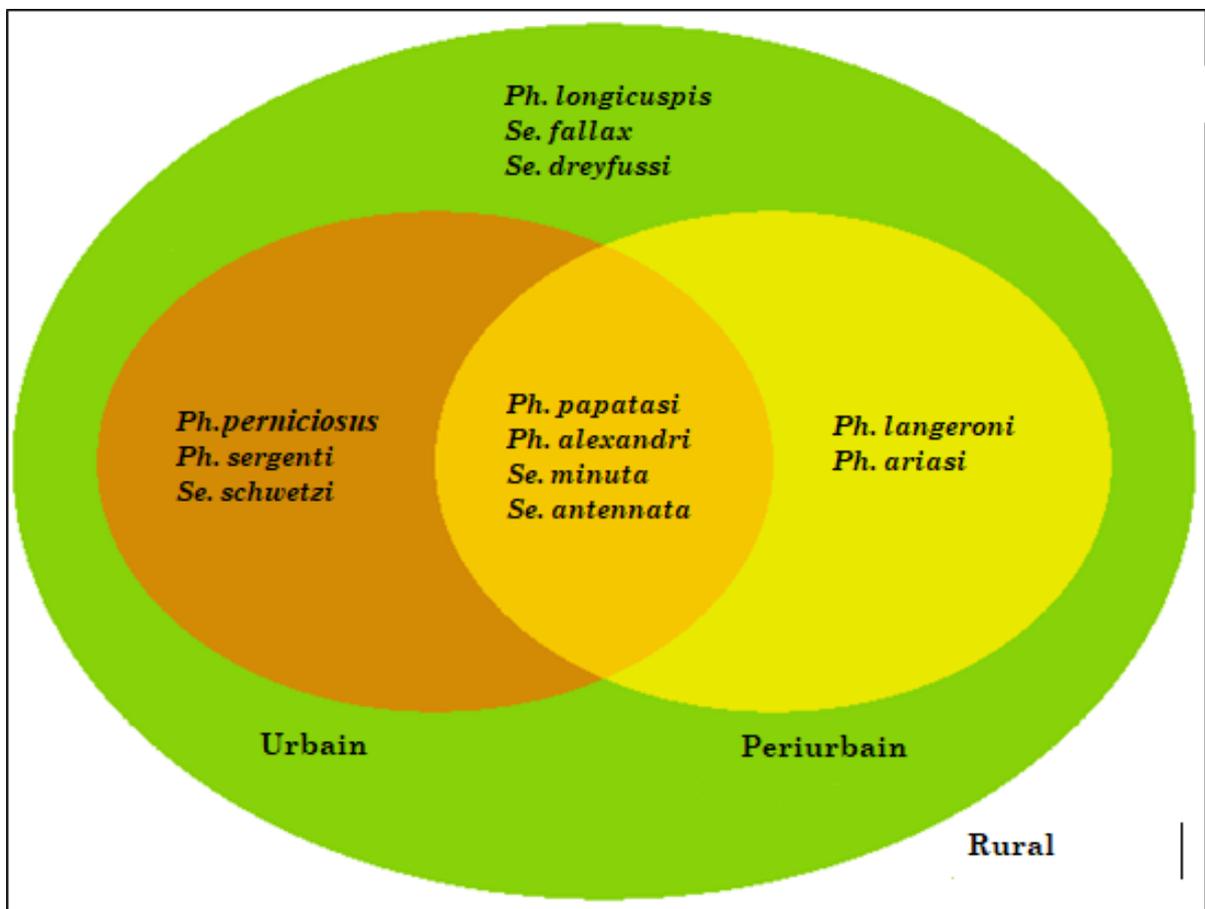
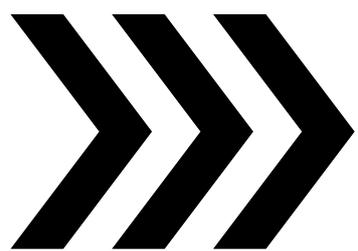


Fig. 39- Diagramme de Venn des espèces de phlébotomes trouvées dans les différents biotopes de la région de Djelfa (août 2021-juillet 2022)



Chapitre IV

Chapitre IV - Discussion des résultats

Dans le présent chapitre, les résultats de l'étude bioécologique et systématique des phlébotomes dans la région de Djelfa sont discutés et comparés avec des résultats antérieurs.

4.1. Discussion des résultats de la diversité des espèces de phlébotomes vecteurs des *Leishmania* spp.

Plusieurs foyers de leishmanies sont identifiés en Algérie ; parmi lesquels ; Djelfa est endémique en leishmanioses se caractérisant par une diversité notable de Rodentia, notamment *Meriones shawii* et *Psammomys obesus* Cretzschmar, 1828 reconnus comme des réservoirs des leishmanies (Souffou et al., 2012). La co-existence de certaines espèces de phlébotomes avec ces rongeurs renforce la transmission de cette pathologie. L'étude de la diversité des phlébotomes à Djelfa a permis de recenser un total de 12 espèces. La revue bibliographique faite par Benallal et al. (2022) sur la faune phlébotomienne révèle une richesse de 26 espèces trouvées Nord au Sud d'Algérie. Les espèces trouvées appartiennent aux genres *Phlebotomus* et *Sergentomyia*. Ces derniers sont signalés dans plusieurs régions de l'Algérie. Dans le Nord-Est à Sétif et dans le Sud algérien au Hoggar avec sept espèces (Gherbi et al., 2020 ; Benallal et al., 2013). Dans la région Est de Mila, une richesse de huit espèces est recensée (Amira et al., 2022). Au Sud ; dans la région de Biskra, le nombre a atteint dix espèces (Zeroual et al., 2016). Plus au Sud ; dans la région de Ghardaia, le nombre d'espèce de phlébotomes est de sept (Boukraa et al., 2011). Dans la même région, Boubidi et al. (2011) avancent le nombre jusqu'à 12 espèces. Cette valeur est comparable à celle trouvée dans la présente étude.

Par rapport au douze espèces trouvées dans la région d'étude ; sept sont des *Phlebotomus* qui sont *Ph. langeroni*, *Ph. longiscuspis*, *Ph. ariasi*, *Ph. sergenti* *Ph. perniciosus* *Ph. alexandri* *Ph. papatasi* et cinq sont des *Sergentomyia*. Ces espèces sont *Se. schwetzi*, *Se. dreyfussi*, *Se. fallax*, *Se. antennata*, *Se. minuta*. A l'exception de *Ph. ariasi* et *Se. schwetzi* ; les mêmes espèces sont trouvées à Ghardaia par Boubidi et al. (2011). Ces auteurs ajoutent la présence de *Ph. chabaudi* et *Se. christophersi*. Ayant travaillé dans la région de Ghardaia, Boukraa et al. (2011) n'ont pas mentionné la présence de *Ph. langeroni*, *Ph. longiscuspis*, *Ph. ariasi*, *Ph. sergenti* et *Se. schwetzi*. Ces auteurs ont trouvé également les trois espèces *Ph. perniciosus*, *Ph. alexandri* ; *Ph. papatasi*. A Biskra, les mêmes espèces sont observées associées à *Ph. bergeroti* et *Ph. chabaudi* (Zeroual et al., 2016). Ces deux dernières espèces adaptées au climat aride des steppes pré-sahariennes ne sont pas trouvées dans la présente étude. Dans la région

Est de Mila ; Amira et *al.* (2022) signalent la présence de *Ph. chadlii* et *Ph. perfiliewi* qui sont absentes dans la région de Djelfa. La dernière espèce est ainsi notée dans le Nord-Est de l'Algérie à Sétif (Gherbi et *al.*, 2020). Ces mêmes auteurs rapportent la présence de *Ph. perniciosus*, *Ph. papatasi*, *Ph. sergenti*, *Ph. longicuspis*, *Se. minuta* et *Se. fallax*. Ceci est en accord avec les présents résultats. Plus au Sud ; au Hoggar, sept espèces sont déclarées. Parmi lesquelles, *Ph. alexandri*, *Se. schwetzi* et *Se. fallax* sont communes avec les espèces trouvées dans la région de Djelfa et *Ph. bergeroti* Parrot, 1934, *Ph. kazeruni* Theodor and Masghali, 1964, *Se. christophersi* Sinton, 1927 ainsi que *Se. clydei* Sinton, 1928 ne sont pas trouvées à Djelfa (Benallal et *al.*, 2013). Ces dernières espèces sont réputées par leurs acclimatations avec les régions sub-désertiques et désertiques ce qui justifie leur absence dans la région steppique de Djelfa (Lafri & Bitam, 2021).

4.2. Discussion des résultats de l'abondance relative des phlébotomes

L'abondance relative des espèces inventoriées diffère d'une espèce à l'autre, notant que presque toutes les espèces qui sont des vecteurs prouvés ou suspectés de *Leishmania* sont trouvées dans l'étude actuelle. Les résultats obtenus par le calcul des abondances relatives montrent la dominance de *Ph. papatasi* dans tous les sites d'échantillonnage. *Ph. papatasi* est le vecteur prouvé de *L. major* en Algérie (Izri et *al.*, 1992 ; Dedet et *al.*, 1984). Les valeurs notées varient de 40% à 84%. Cette dominance de *Ph. papatasi* est également notée à Biskra dans plusieurs sites urbains, et ruraux où les valeurs trouvées varient de 29,4% jusqu'à 80% (Zeroual et *al.*, 2016). Cependant, dans le Nord-Est à Sétif, cette espèce est faiblement représentée dans quelques sites ruraux, périurbains et urbain (AR% = 16,7%) (Gherbi et *al.*, 2020). A Mila, *Ph. papatasi* est trouvée avec un très faible pourcentage ne dépassant pas 1% (Amira et *al.*, 2022). Dans le Hoggar au Sud de l'Algérie, Benallal et *al.* (2013) n'ont pas signalée la présence de *Ph. papatasi*. Dans la région du M'Zab, *Ph. papatasi* avec un taux de 36,47% se classe en deuxième position (Boukraa et *al.*, 2011). Pour ces auteurs ; *Se. antennata* est l'espèce qui domine avec un taux de 87,1%. Dans le présent travail, cette espèce est notée par des faibles taux variant de 1% à 7%. L'espèce qui se classe en deuxième position pour le genre *Phlebotomus* dans les différents sites d'échantillonnage est *Ph. alexandri*. Ce vecteur connu pour sa capacité à transmettre trois espèces de *Leishmania* : *L. major*, *L. infantum* et *L. donovani* (Laveran et Mesnil, 1903) (Li-Ren et *al.*, 1986 ; Kiplagat et *al.*, 2023 ; Azizi et *al.*, 2006). Les valeurs notées pour cette espèce varient de 9% à 21%. Elle est très faiblement représentée à Ghardaïa 1,28% et est totalement absente à Sétif et à Mila (Boukraa et *al.*, 2011 ; Gherbi et *al.*, 2020 ; Amira et *al.*, 2022). Les derniers auteurs cités signalent la présence de

Phlebotomus perniciosus comme vecteur de *L. infantum* MON 1 dans divers milieux : rural, périurbain et urbain à Mila, où elle était particulièrement abondante à 77,44%. À Sétif, *Phlebotomus perniciosus* était également présente dans des milieux similaires avec un taux moyen de 76,2% (Gherbi et al., 2020). En revanche, dans la région d'étude, les taux de *Ph. perniciosus* varient de 3% à 14% dans les sites ruraux et urbains. Ces résultats sont comparables à ceux trouvés dans le Sud aux niveaux de certains villages de Ghardaïa où le pourcentage de de cette même espèce est plus faible ; soit 1,2% (Boukraa et al., 2011). A Djemourah (Biskra), la même espèce est modérément présente avec un taux de 18,2% (Zeroual et al., 2016). Benallal et al. (2013) n'ont pas signalé la présence de *Ph. perniciosus* dans le Hoggar, au Sud de l'Algérie. Ces auteurs ont noté ainsi l'absence de *Ph. ariasi*. Cette espèce est également absente à Sétif, à Biskra et à Milla (Gherbi et al., 2020 ; Zeroual et al., 2016 ; Amira et al., 2022). Dans la présente étude ; *Ph. ariasi* est collectée en milieu rural et périurbain avec des pourcentages variant de 3% à 12%. L'espèce est reconnue comme vecteur de *L. infantum* au Maroc et en Tunisie, causant la leishmaniose viscérale (Guessous-Idrissi et al., 1997 ; Rioux et al., 1984). Ce parasite est également responsable de la leishmaniose cutanée transmise par *Phlebotomus langeroni* en Nord d'Afrique (Guerbouj et al., 2007). Dans le présent travail, cet insecte est observé sous ses deux genres, mâle et femelle, dans les zones périurbaines et rurales, avec des taux fluctuant de 1% à 18% des spécimens. Il est à rappeler que les femelles de cette espèce ne sont pas signalées dans les études antérieures et seuls les mâles sont trouvés à Tipaza, dans le Nord et à Ghardaïa dans le Sud avec des très faibles taux (Boubidi et al., 2011 ; Bennai et al., 2018). En revanche ; dans la présente étude ; plusieurs individus femelles sont trouvés dans les sites ruraux et périurbains. Ceci augmente la probabilité de transmission leishmaniose cutanée dans ces stations et les sites limitrophes. *Phlebotomus langeroni* est absente dans plusieurs régions de l'Algérie : au Nord-Est à Sétif, au Sud dans le Hoggar, au Centre-Est à Biskra, à Mila dans le Nord-Est et au Sahara (Benallal et al., 2013 ; Zeroual et al., 2016 ; Gherbi et al., 2020 ; Amira et al., 2022). Ces deux dernières études récentes ont mentionné la présence de *Phlebotomus longicuspis* ; l'agent vecteur de *L. infantum*. Dans le présent travail, cette espèce n'est présente que dans un seul site rural avec un taux de 17%. Le taux de cette espèce à Tipaza est de 21,92% (Bennai et al., 2018). A Ghardaïa, son taux ne dépasse pas 0,5% (Boubidi et al., 2011). Dans la même région, Boubidi et al. (2011) ont identifié *Phlebotomus sergenti* avec une fréquence centésimale de 12,9%, confirmant son rôle en tant que vecteur de *L. Killicki*. Cette espèce est également signalée à Djelfa, à la fois en milieu rural et urbain, avec des pourcentages variant de 6% à 11%. Les phlébotomes du genre *Sergentomyia* présentent des variations marquées dans leur répartition

et leur abondance. *Se. dreyfussi* affiche le pourcentage le plus faible, ne représentant que 0,03% dans un site rural de la région d'étude. Dans la région de Ghardaïa ; le taux de cette espèce est aussi faible soit 0,3% (Boubidi et al., 2011). Parmi les Sergentomies ; *Se. minuta* montre une amplitude notable dans la région d'étude, allant de 4,76% à 20,17%. Dans le Nord-Est à Sétif, le pourcentage de *Se. minuta* est aussi faible ; ne dépassant pas 1,5%. À Biskra, l'espèce est très répandue ; les chiffres varient considérablement d'un site à un autre entre 18,2% et 66,7% (Zeroual et al., 2016). Plusieurs études ont souligné que certaines espèces de ce genre pourraient potentiellement agir comme vecteurs de *Leishmania* (Kanjnopas et al., 2013 ; Senghor et al., 2016).

4.3. Discussion des résultats de la fréquence d'occurrence des phlébotomes

La fréquence d'occurrence montre que *Phlebotomus papatasi* est régulière dans tous les sites ruraux, urbains et périurbains, avec une valeur de 50 %. Néanmoins, Gherbi et al. (2020) ont trouvé l'occurrence de cette espèce est de 42,9 % ; pour ces auteurs *Ph. papatasi* est plutôt accessoire. Cependant, à Biskra, la même espèce est classée comme omniprésente (FO% = 100) dans tous les sites prospectés au cours de la période d'étude (Zeroual et al., 2016). La distribution de *Ph. papatasi* est très répandue dans les zones steppiques, dans la région du Tell et dans les Hauts Plateaux, ainsi dans le Nord du Sahara (Izri et al., 1992 ; Dedet et al., 1984). Dans le présent travail, *Ph. perniciosus* est trouvé accessoirement avec des fréquences variant entre 25 % et 42 % selon les sites. Une occurrence similaire est enregistrée à Biskra, avec une valeur de 40 % (Zeroual et al., 2016). En revanche, dans la région de Sétif, cette espèce est dite constante ; avec une fréquence de 87,5 % (Gherbi et al., 2020). Selon Lafri et Bitam (2021) ; *Ph. perniciosus* est largement répandue à travers tous les étages bioclimatiques en Algérie. De même ; dans la région d'étude, *Ph. sergenti* est trouvé accessoirement dans des sites urbains $25 \leq FO\% \leq 42$ et accidentellement dans un site rural (FO% = 8 %). En revanche, à Biskra, la même espèce se classe comme régulière (66,67 %) (Zeroual et al., 2016). A Sétif ; elle est plutôt accessoire (42,9 %) (Gherbi et al., 2020). Sa répartition s'étend depuis l'extrême Sud passant par l'Atlas saharien, les steppes pré-sahariennes jusqu'au Tell au Nord (Boubidi et al., 2011 ; Dedet et al., 1984). Pour *Ph. alexandri* dont $33 \leq FO\% \leq 50$; elle est dite accessoire. Ces résultats correspondent aux observations de Zeroual et al. (2016) à Biskra qui ont également trouvé cette espèce constante avec une fréquence de 33,33 %. Cet insecte est connu pour occuper différents types d'habitats ; naturels, périurbains et urbains (Li-Ren et al., 1986 ; Kiplagat et al., 2023 ; Azizi et al., 2006). En ce qui concerne ; *Ph. longicuspis* est figurée accidentellement dans un seul site rural (FO% = 17 %). Ces résultats sont en accord

avec les observations de Gherbi et *al.* (2020) à Sétif, qui ont trouvé cette espèce accidentelle avec une fréquence de 7,1 %. Cet insecte est habituellement observé dans les zones bioclimatiques arides de l'Afrique du Nord, comme indiqué par Dereure et *al.* (1986), Harrat et *al.* (1996) et Zhioua et *al.* (2007). Parmi les Sergentomies ; trouvés dans la région d'étude ; *Sergentomyia minuta*, s'affiche avec des valeurs d'occurrence fluctuant entre 33% et 50%. Elle est dite accessoire dans les sites ruraux, périurbains et urbains où elle est trouvée. Observée d'une manière régulière dans la région nord à Oum El Bouaghi, cette espèce montre une adaptation particulière au biotope ruraux (Kabbout et *al.*, 2016). En revanche, l'espèce du même genre *Se. dreyfussi*, figure accidentellement dans un seul site rural avec une FO% égale à 8 %. *Se. dreyfussi* est connue par sa distribution plus sporadique qui peut être rare voire même accidentelle dans le Sud de l'Algérie (Boukraa et *al.*, 2011 ; Boubidi et *al.*, 2011).

4.4. Discussion résultats de Shannon- Weaver

Les valeurs de diversité en espèces de phlébotomes varient de 0,543 bits à 1,812 bits dans les sites étudiés. Elle est significativement élevée dans les sites ruraux, atteignant 1,812 bits. En revanche, elle est plus faible dans les sites périurbains, mesurant 0,560 bits. Ces observations sont cohérentes avec celles rapportées dans les pays voisins. Au Maroc, l'indice de diversité de Shannon dépasse 1 bits dans les sites ruraux, ce qui indique une diversité élevée des phlébotomes (Al-Koleeby et *al.*, 2022). En Tunisie également, la diversité varie considérablement dans les sites ruraux, avec des valeurs d'indice de Shannon variant de 1 bits à 1,54 bits, ce qui indique une bonne diversité des espèces de phlébotomes dans ces régions (Weslati et *al.*, 2022).

4.5. Discussion résultats de l'indice d'équitabilité

En ce qui concerne l'équitabilité, les valeurs calculées pour chaque site de différents biotopes montrent que les effectifs des espèces de phlébotomes ne sont pas équitablement répartis dans les sites périurbains avec 0,494. En revanche, dans les sites urbains avec $E = 0,824$ et les ruraux avec $E = 0,845$, les effectifs des espèces de phlébotomes tendent à être en équilibre en eux. Cependant, dans Sud de l'Algérie à Biskra, les effectifs des phlébotomes semblent également être en équilibre dans les zones urbaines, dans les zones rurales et périurbaines avec 0,8 pour chaque site (Zeroual et *al.*, 2016). Dans le Nord-Est de l'Algérie, à Oum El Bouaghi, les effectifs de phlébotomes tendaient à être en équilibre dans les sites ruraux, avec des valeurs variant de 0,5 à 0,8 (Kabbout et *al.*, 2016). Ces observations concordent avec les résultats notés en Tunisie où les effectifs des phlébotomes piégés dans les

milieux ruraux ont une tendance à l'équilibre entre eux. La valeur notée est de 0,67 (Weslati et *al.*, 2022).

4.6. Discussion de l'indice de Simpson de dominance et de réciproque des phlébotomes

Les valeurs des indices Simpson de dominance (IDS) et de réciproque (IRS) montrent que la diversité des espèces est bonne dans les stations rurales tels qu'Ain El Bel (site 8 : IDS = 0,215, IRS = 4,647 ; site 7 : IDS = 0,290, IRS = 3,444) et Haniet Ouled Salem (site 10 : IDS = 0,258, IRS = 3,880). De même, la station en milieu urbain de Djelfa affiche également une diversité relativement élevée, le cas des site 6 (IDS = 0,285, IRS = 3,505). Ces résultats s'accordent avec ceux notés au Sud de l'Algérie à Biskra qui révèlent une bonne diversité, en milieu rural (IRS = 5,74) et en milieu urbain (IRS = 1,80) (Zeroual et *al.*, 2016). Dans le Nord-Est de l'Algérie à Oum El Bouaghi, les valeurs de l'indice de Simpson varient de 1 à 2,77 indiquant légère diversité dans les milieux ruraux (Kabbout et *al.*, 2016). Dans le pays voisin, le Maroc, une IDS atteignant 0,768 dans quelques sites ruraux ce qui indique un peuplement avec un petit nombre d'espèces avec une forte représentativité (Al-Koleeby et *al.*, 2022). Cependant, une faible diversité est observée dans les stations périurbaines d'Ain Oussera (site 1 : IDS = 0,721, IRS = 1,386 ; site 2 : IDS = 0,556, IRS = 1,799) et de Hassi Bahbah (site 3 : IDS = 0,713, IRS = 1,402 ; site 4 : IDS = 0,602, IRS = 1,661). Zeroual et *al.* (2016) ont signalé, en revanche, une bonne diversité dans les sites périurbains (IRS = 6,12).

4.7. Discussion des critères morphologiques de quelques espèces de phlébotomes

Les critères morphologiques des différentes espèces de phlébotomes sont recueillis de plusieurs clés d'identification (Abonnenc, 1972 ; Dedet et *al.*, 1984, El Sawaf et *al.*, 1985 ; Depaquit et *al.*, 1998). Parmi les espèces trouvées ; *Ph. papatasi* aperçue dans tous les sites prospectés. L'identification de cette espèce est faite par observation d'une spermathèque segmentée de moins de 20 segments avec un conduit non fusionné à la base avec des surfaces étroites et rayées ; d'après les critères de Dedet et *al.* (1984). Cependant, Abonnenc (1972) a mentionné d'autres critères d'identification tels que des ascoïdes de grande taille et une partie postérieure du pharynx faiblement distendue. Selon la même clé d'identification suivie pour les femelles, les mâles de *Ph. papatasi* s'identifient par l'observation d'un Gonostyle long et mince portant quatre épines courtes avec des épines médianes et apicales. En revanche, le nombre typique de 10 soies dans le coxite du lobe basal est un autre caractère qui peut différencier cette espèce au sein du genre *Phlebotomus* (Abonnenc, 1972).

Les femelles de *Ph. alexandri* dans ce travail sont identifiées par observation l'armature pharyngienne constituée de dents grossières, occupant $\frac{1}{4}$ du pharynx. La reconnaissance de ces femelles est faite en suivant les clés dichotomiques de Abonnenc (1972). Kiplagat et *al.* (2023) ont trouvé que la femelle a une armature pharyngienne de forme presque rectangulaire, presque rectiligne à l'arrière et une spermathèque segmentée de 8 à 9 avec un segment distal distinct. Concernant *Ph. langeroni* piégées sous ses genre mâle et femelle ; la femelle est identifiée par son spermathèque segmentée avec une base dilatée des conduits spermatiques dépourvue de structures latérales, ainsi qu'un conduit qui s'élargit progressivement selon les critères de Ortega et *al.* (1996). Diaz et *al.* (2018) ajoutent que le col de la spermathèque est plus long, atteignant les $\frac{2}{3}$ de la longueur totale de la spermathèque. Il est à rappeler que *Ph. langeroni* était précédemment connue seulement dans le Nord de l'Algérie, de la Tunisie et d'Égypte, où elle était considérée comme rare (Croset et *al.*, 1978). Selon ces auteurs ; il est très probable que s'était difficile de distinguer cette femelle des femelles de *Ph. longicuspis* et de *Ph. perniciosus*. Elle diffère de ces deux espèces par ses ailes plus courtes, mesurant 1,43 à 1,75 mm comparé à 1,8 à 2,5 mm chez *Ph. longicuspis* et 1,75 à 2,00 mm chez *Ph. perniciosus* ; par ces ascoids sur le segment IV antennaire qui sont plus longs (0,46 fois la longueur du segment) comparé à 0,3 fois chez *Ph. longicuspis* et 0,4 fois chez *Ph. perniciosus*. De même ; la formule palpale de *Ph. langeroni* présente un rapport de 1,6:1,7:1,6:4,2, alors que celle de *Ph. longicuspis* est de 3:3,4:2,6:7 et celle de *Ph. perniciosus* est de 3,2:3,6:3:7. Les mâles de *Ph. langeroni* sont identifiés par leurs Aedeagus terminés en biseau. Ce qui concorde avec les notes de El Sawaf et *al.* (1985) qui ont signalé que l'Aedeagus est un caractère déterminant pour reconnaître les mâles et ont reporté qu'il se rétrécit à l'extrémité. Concernant l'identification de *Se. minuta* dans cette étude, la femelle possède un conduit spermathèque large avec une surface lisse et fusionné à la base et une zone pigmentée qui s'étend sur les dents cibariales selon les clés dichotomiques de Rioux et *al.* (1975). Cette caractéristique correspond aux observations de Belazzoug et *al.* (1982) qui ont noté que les femelles se distinguent par la présence d'une tache pigmentée brun nette sur la partie droite des dents cibariales. En notant que les femelles du genre *Sergentomyia* ont des spermathèques tubulaires avec des parois lisses de largeur uniforme sur toute leur longueur, le segment antennaire 3 est plus court que les segments 4 et 5 ensemble et généralement plus court que le labrum (Benallal et *al.*, 2022).

4.8. Discussion de sex-ratio des phlébotomes

L'étude de la diversité des phlébotomes dans la région de Djelfa a montré une prédominance des femelles 76,69% par rapport aux mâles 23,31%. Ainsi, des variations dans la présence et l'absence des genres pour certaines espèces selon le site sont notées. En effet, une absence de femelles pour *Se. schwetzi*, *Se. antennata*. Cependant, *Se. schwetzi* est observée dans le Tassili N'Ajjer à Hoggar où deux individus sont trouvés à Iferniken en 2012 et 22 femelles en Hoggar en 2013 (Benallal et al., 2012 ; Benallal et al., 2013). De plus, il a été également noté la présence de trois femelles de *Se. antennata* à Iferniken (Benallal et al., 2012). La présence de la femelle de *Se. antennata* est ainsi signalée à Ghardaïa, au Sud de l'Algérie avec 5 individus (Boubidi et al., 2011). Ces derniers auteurs ont signalé la présence de mâles pour l'espèce *Se. minuta*, représentant 32,6% avec 778 individus. Cependant, les mâles de cette espèce sont absents dans la région d'étude. Au Ouest de l'Algérie, à Mostaganem, un seul mâle *Se. minuta* est signalé (Lafri et al., 2016). En Algérie, seuls des spécimens mâles de l'espèce *Ph. langeroni* sont documentés (Bennai et al., 2018 ; Berdjane-Brouk et al., 2012 ; Dedet et al., 1984). Cette étude est la première à mettre en évidence la présence de femelles de *Ph. langeroni*, représentant 74,16% avec 66 individus dans un seul site rural et un seul site périurbain.

4.9. Discussion des analyses du repas sanguin

Dans la présente étude, les résultats de l'identification moléculaire des sources de farine de sang ont révélé que 11 spécimens appartiennent aux espèces *Ph. papatasi* et *Ph. longicuspis* sont positifs aux mammifères hôtes potentiels tels que les moutons, les chèvres et l'être humain. En notant que la présence des bandes négatives pour quelques individus est peut-être justifiée par la faible concentration d'ADN, ou par la faible quantité de sang de l'hôte chez les phlébotomes ou par le fait que certaines espèces comme *Se. minuta* se nourrissent de non-mammifères comme le poulet et le lézard (Cotteaux-Lautard et al., 2016 ; Bongiorno et al., 2003). Dans le Nord de l'Algérie, à Tipaza, *Ph. perniciosus* ; *Ph. longicuspis*, *Ph. perfiliewi* se sont nourris du sang de *Homo sapiens* Linnaeus, 1758 et du mouton *Ovis aries* Linnaeus, 1758 de la chèvre *Capra hircus* Linnaeus, 1758 et de l'âne *Equus asinus* Linnaeus, 1758 mais le repas le plus commun était celui des petits ruminants (Bennai et al., 2018). Dans le Nord-Est de l'Algérie, à Bougaa et à Kherrata, les mêmes espèces de phlébotomes ont prélevés leurs repas sanguins sur des bovins domestiques *Bos taurus* Linnaeus, 1758 (Messahel et al., 2022).

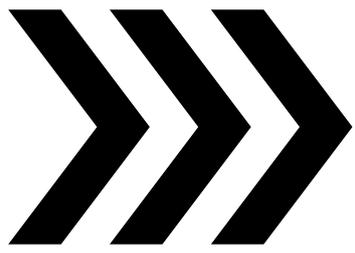
4.10. Discussion des corrélations de Pearson entre les facteurs climatiques et les phlébotomes

Les résultats de la corrélation de Pearson, qui ont exploré l'écologie et la distribution spatio-temporelle des populations de phlébotomes dans la région de Djelfa, ont révélé une association positive significative entre les espèces de phlébotomes et les températures, avec des valeurs de p entre de 0,05 et 0,001. Cela souligne l'importance de la température dans l'activité des phlébotomes, comme ce qui est observé en Turquie (Kasap & Alten, 2006) et au Maroc (El Omari et al., 2023). Les présents résultats suggèrent que les températures plus élevées favorisent l'activité et la prolifération des phlébotomes. Ceci est ainsi signalé par Ready (2013) qui rapporte que la température de la disponibilité des gîtes larvaires agit sur les cycles de vie des phlébotomes. En revanche, les précipitations n'ont pas montré de corrélation significative avec la faune des phlébotomes ($p > 0,05$), ce qui est en accord avec les études précédentes menées au Maroc du centre et du Sud, où les précipitations ne sont pas reconnues comme un facteur déterminant pour l'abondance des phlébotomes (Kahime et al., 2016 ; Talbi et al., 2020). Ces observations sont cruciales pour la mise en place des stratégies de contrôle des populations de phlébotomes, car elles indiquent que les interventions doivent s'adapter aux conditions climatiques locales. Par exemple, les périodes de températures élevées pourraient être ciblées pour des campagnes intensives de contrôle vectoriel, tandis que les mesures de gestion de l'eau dans les environnements périurbains pourraient aider à réduire les habitats de reproduction des phlébotomes (Maroli et al., 2013).

4.11. Discussion du diagramme de Venn pour les trois biotopes

Le diagramme de Venn a permis d'organiser les espèces de phlébotomes dans les stations d'étude entre les trois biotopes urbains, périurbain et rural. Selon ce diagramme, les trois biotopes partagent quatre espèces ; qui sont *Ph. papatasi*, *Ph. alexandri*, *Se. minuta* et *Se. antennata*. *Ph. papatasi* est connue pour son adaptation à différents environnements et sa capacité à se reproduire dans une variété de conditions écologiques (Ready, 2013). De plus, des études ont révélé que *Se. minuta*, bien qu'elle soit moins abondante, montre une distribution similaire en raison de sa tolérance à divers types de végétation et de sol (Maroli et al., 2013). *Ph. alexandri* est réputée par son adaptation à différents types d'habitats ; naturels, périurbains et urbains (Li-Ren et al., 1986 ; Kiplagat et al., 2023 ; Azizi et al., 2006). *Se. antennata* est trouvée dans des zones rocheuses en voisinage des rongeurs (Abbas et al., 2022). Cette distribution est cohérente avec les recherches antérieures menées dans des biotopes

similaires, qui ont démontré que plusieurs espèces de phlébotomes peuvent être présentes dans ces trois types de biotopes notamment *Ph. papatasi* et *Se. minuta* (Amira et al., 2022). Selon la répartition de Venn, les espèces trouvées que dans les sites ruraux sont *Se. fallax*, *Se. dreyfussi* et *Ph. longicuspis*. Les zones rurales, avec leur grande variété de niches écologiques et l'absence de perturbations anthropiques intenses, offrent un environnement propice à une plus grande diversité de phlébotomes (Alexander, 2000). Les espèces *Ph. ariasi* et *Ph. langeroni* sont communes entre zones périurbaines et rurales. La présence de végétation et d'habitations humaines dans les milieux périurbains créent des micro-habitats favorables pour ces espèces, bien que la diversité y soit généralement moindre comparée aux zones rurales (Killick-Kendrick, 1999). Selon le diagramme, les zones urbaines et rurales partagent trois espèces qui sont *Ph. perniciosus*, *Ph. sergenti* et *Se. schwetzi*. La répartition de ces espèces dans des environnements variés comme les zones urbaines et rurales peut être influencée par des facteurs tels que la disponibilité des hôtes, les conditions environnementales et les interactions compétitives entre espèces.



Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

L'étude de la diversité des phlébotomes vecteurs des *Leishmania* spp. est faite dans la région agropastorale de Djelfa, dont laquelle six différentes stations sont choisies le long d'un transect du Nord au Sud; Ain Oussera, Hassi Bahbah, Djelfa, Ain El Bel, Mlaga et Haniet Ouled Salem. Les résultats obtenus ont confirmé pour la première fois la présence de 12 espèces à Djelfa. Les espèces identifiées appartiennent aux deux genres, *Phlebotomus* et *Sergentomyia* sont trouvées dans trois types de biotopes ; périurbain, urbain et rural. Parmi les espèces capturées ; certaines sont observées uniquement dans une seule station telles que *Ph. longiscuspis* à Haniet Ouled Salem et *Se. dreyfussi* à Ain El Bel. D'autres espèces, telles que *Ph. papatasi*, *Ph. ariasi*, *Ph. alexandri*, *Ph. perniciosus*, *Se. antennata* et *Se. minuta* sont fréquentes dans plusieurs stations de différents biotopes. La présente étude a mis en évidence une nette dominance des femelles dans la population phlébotomienne capturée. Cette dominance est notée d'avantage chez *Ph. papatasi*, *Ph. alexandri*, *Ph. ariasi* et *Se. fallax*. Elle est absolue chez *Se. minuta* et *Se. dreyfussi*. Les deux espèces *Se. schwetzi* et *Se. antennata* font l'exception.

Par rapport aux richesses spécifiques, la valeur la plus élevée est observée dans la station rurale d'Ain El Bel. Alors que la richesse la plus faible est notée dans les stations périurbaines d'Ain Oussera. Ceci est confirmé par le calcul de l'indice de diversité qui montre que les sites ruraux présentent une grande diversité par rapport les périurbains. Ces résultats témoignent que les milieux ruraux de Djelfa offrent un environnement calme assurant des ressources alimentaires riches abondantes en particulier pour les femelles des phlébotomes. Dans ces milieux les effectifs des espèces de phlébotomes ont une tendance à être en équilibre.

En ce qui concerne les abondances relatives des espèces de phlébotomes, *Ph. papatasi*, le vecteur reconnu de *Leishmania major*, figure en tête de liste dans tous les sites de tous types de milieux prospectés. Le risque de la transmission de ce pathogène dans la région de Djelfa est important. *Ph. ariasi* et *Ph. alexandri* s'affichent avec des pourcentages assez élevés indiquant un risque de transmission de *L. major* et *L. infantum*. Les espèces *Ph. langeroni*, *Ph. longiscuspis*, *Ph. sergenti* impliquées dans la transmission de *L. infantum* et *L. killicki* doivent être contrôlées même si elles sont trouvées avec des taux faibles.

Conclusion et perspectives

Les Sergentomies identifiées *Se. minuta*, *Se. antennata*, *Se. schwetzi*, *Se. dreyfussi* et *Se. fallax* montrent une amplitude notable dans les trois biotopes étudiés. Certes que ces espèces présentent des taux faibles mais le risque de transmission de *Leishmania* peut se déclarer car les espèces de ce genre sont confirmées comme des vecteurs de ce pathogène dans les pays d'Afrique de l'Ouest et d'Asie.

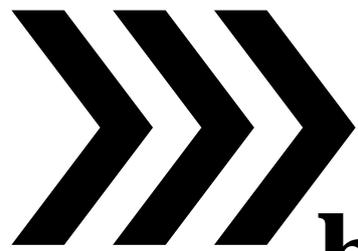
L'étude de la fréquence classe les espèces de phlébotomes dans différentes catégories d'occurrence. *Ph. papatasi* trouvée dans les dix sites explorés s'affiche toujours comme régulière. D'autres espèces changent l'occurrence selon le biotope, tel est le cas de *Ph. langeroni* qui passe de l'accessoire dans des sites ruraux à l'accidentelle dans les sites périurbains et de *Ph. alexandri* qui modifie son occurrence de l'accessoire dans les sites périurbains et ruraux au régulière dans les sites urbains. Ainsi que *Ph. sergenti* qui est accessoire dans les sites urbains et accidentelle dans les sites ruraux. Ainsi, dans le même type de milieu, l'espèce peut changer son occurrence selon le site. Le cas de *Se. fallax* qui est accessoire dans le premier site rurale et régulière dans le deuxième; de *Se. minuta* qui est accessoire dans le premier site urbain alors qu'elle est régulière dans le deuxième. D'autres espèces conservent la même catégorie d'occurrence dans le même type de milieu comme *Ph. alexandri* qui est régulière dans les deux sites urbains. Ces obtenus sont confirmés par les résultats de l'analyse visuelle de Venn qui classe les espèces de phlébotomes en quatre groupes. Les espèces *Ph. papatasi*, *Ph. alexandri*, *Se. minuta* et *Se. antennata* sont adaptées aux trois biotopes urbain, périurbain et rural. D'autres espèces, comme *Ph. perniciosus*, *Ph. sergenti* et *Se. schewtzi*, se trouvent en contraste dans les biotopes urbain et rural. Par ailleurs, *Ph. langeroni* et *Ph. ariasi* sont adaptées aux biotopes périurbain et rural. De plus, *Ph. longicuspis*, *Se. fallax* et *Se. dreyfussi* se rencontrent rassemblées dans le biotope rural. Le diagramme de Venn a permis de donner une image réelle des choix des phlébotomes en fonction des biotopes où ils s'installent. Les analyses statistiques sont encore complétées par le traitement avec la corrélation de Pearson qui montre que les températures ont une corrélation significative avec les effectifs des espèces capturés au long de la période d'échantillonnage à l'exception de *Ph. longicuspis* et *Se. dreyfussi*. En parallèle, une corrélation négative significative est trouvée avec les précipitations.

L'étude entomo-génétique a permis de déterminer la source du sang gorgé des deux espèces *Ph. papatasi* et *Ph. longicuspis*. Dans les milieux urbains et ruraux, les hôtes sanguins identifiés appartiennent à la classe des *Mammalia*. Les repas sanguins des

spécimens positifs sont pris principalement des moutons dans les milieux ruraux. Ces hôtes ; avec les chèvres très abondants et les personnes travaillant dans le secteur sont la source de nourriture des phlébotomes dans les milieux urbains. Cette situation est particulièrement préoccupante, car la faune phlébotomienne se concentre souvent dans les lieux à activité d'élevage intense dont les phlébotomes y trouvent des abris pour s'installer et une source constante de nourriture. Les modifications environnementales, telles que l'urbanisation et l'élevage intensif, augmentent la concentration des vecteurs en rendant les populations humaines plus vulnérables.

Les résultats obtenus dans le cadre de la présente étude affirment que ; avec son voisinage des foyers endémiques des *Leishmania* ; avec sa situation géographique au centre du pays ; avec sa position dans les étages bioclimatiques allant de l'aride au semi-aride créant des conditions climatiques variées et surtout avec sa vocation agropastorale d'excellence caractérisée par un nombre élevé de cheptel et des Fellah travaillant dans le secteur agropastoral, Djelfa est donc un environnement favorable aux développements des phlébotomes. Cela favorise la propagation de la leishmaniose dans toute hôtes sanguins la région et ses limitrophes. Les présents résultats offrent des data très utiles pour prévenir les infections et les risques de transmission et pour élaborer un programme efficace de lutte contre ces vecteurs de pathologie. Dans ce context, il est très recommandé de:

1. Étendre les recherches sur la diversité et la distribution des phlébotomes dans toute la région de Djelfa et ses limitrophes ;
2. Analyser en profondeur les préférences alimentaires des phlébotomes pour mieux comprendre leur rôle dans la transmission de la leishmaniose ;
3. Effectuer des études moléculaires pour identifier les espèces de *Leishmania* présentes chez les phlébotomes ;
4. Poursuivre l'étude des femelles de *Ph. langeroni* signalée pour la première fois en Algérie. Différents aspects sont envisagés pour son étude ; Bioécologie ; génétique et menu trophique.
5. Élaborer des stratégies de lutte ciblées basées sur les données épidémiologiques et écologiques obtenues.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

- 1 - Abbas M. A. S., Lachheb J., Chelbi I., Louati D., Dachraoui K., Ben-Miled S. et Zhioua E., 2022 - Independent Circulation of *Leishmania Major* and *Leishmania Tropica* in Their Respective Sandfly Vectors for Transmission of Zoonotic and Chronic Cutaneous Leishmaniasis Co-Existing in a Mixed Focus of Central Tunisia. *Pathogens*, 11(8): 1-16.
- 2 - Abonnenc E., 1972 - Les Phlébotomes de La Région Éthiopienne (Diptera, Psychodidae). *Cahiers de l'ORSTOM, Série Entomologie Médicale et Parasitologie*, 55: 1-239.
- 3 - Abranches P., Silva-Pereira M. C. D., Conceição-Silva F. M., Santos-Gomes G. M. et Janz J. G., 1991 - Canine leishmaniasis: pathological and ecological factors influencing transmission of infection. *The Journal of parasitology*, 77(4): 557-561.
- 4 - Addadi K. et Dedet J. P., 1976 - Epidemiology of leishmaniasis in Algeria. 6. Survey of clinical cases of infantile visceral leishmaniasis from 1965 to 1974. *Bulletin de la Societe de Pathologie Exotique et de ses Filiales*, 69(1): 68-75.
- 5 - Adel A., Boughoufalah A., Saegerman C., De Deken R., Bouchene Z., Soukehal A., Berkvens D. et Boelaert M., 2014 - Epidemiology of visceral leishmaniasis in Algeria: an update. *PLOS One*, 9(6): e99207.
- 6 - Akhoundi M., Kuhls K., Cannet A., Votýpka J., Marty P., Delaunay P. et Sereno D., 2016 - A historical overview of the classification, evolution, and dispersion of *Leishmania* parasites and sandflies. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 10(3):1-40.
- 7 - Alexander B., 1995 - A review of bartonellosis in Ecuador and Colombia. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 52(4): 354-359.
- 8 - Alexander B., 2000 - Sampling Methods for Phlebotomine Sandflies. *Medical and Veterinary Entomology*, 14(2): 109-122.
- 9 - Alexander B. et Maroli M., 2003 - Control of phlebotomine sandflies. *Medical and veterinary entomology*, 17(1): 1-18.
- 10 - Alkan C., Erisoz Kasap O., Alten B., Lamballerie X. et Charrel R. N., 2016 - Sandfly-borne phlebovirus isolations from Turkey: new insight into the sandfly fever Sicilian and sandfly fever Naples species. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 10(3): e0004519.
- 11 - Al-Koleeby Z., El-Aboudi A., Bortel W.V., Cloots K., Benkirane R., Faraj C. et Talbi F.Z., 2022 - Ecological Survey of the Peridomestic Sand Flies of an Endemic Focus of

- Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis in the South-East of Morocco. *The Scientific World Journal*, 2022 (1): e5098005.
- 12 - Alten B., Ozbel Y., Ergunay K., Kasap O. E., Cull B., Antoniou M., Velo E., Prudhomme J., Molina R., Bañuls A. L., Schaffner F., Hendrickx G., Van-Bortel W. et Medlock J.M., 2015 - Sampling strategies for phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in Europe. *Bulletin of entomological research*, 105(6): 664-678.
- 13 - Alvar J., Vélez I. D., Bern C., Herrero M., Desjeux P., Cano J., Jannin J., Boer M. et WHO Leishmaniasis Control Team, 2012 - Leishmaniasis worldwide and global estimates of its incidence. *PLOS One*, 7(5): e35671.
- 14 - Amaro F., Zé-Zé L. et Alves M. J., 2022 - Sandfly-Borne Phleboviruses in Portugal: Four and Still Counting. *Viruses*, 14(8): 1-17.
- 15 - Amira A., Bounamous A., Kouba Y., Kadjoudj N., Zeroual S., Boubendir A. et Boularouk Y., 2022 - Sand Flies (Diptera: Psychodidae): Fauna and Ecology in the Northeast of Algeria. *Journal of Medical Entomology*, 59(3): 855-864.
- 16 - Andayi F., Charrel R. N., Kieffer A., Richet H., Pastorino B., Leparç-Goffart I., Ammar A. A., Carrat F, Flahault A. et Lamballerie X., 2014 - A sero-epidemiological study of arboviral fevers in Djibouti, Horn of Africa. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 8(12): e3299.
- 17 - Aoun K. et Bouratbine A., 2014 - Cutaneous leishmaniasis in North Africa: a review. *Parasite*, 21(14): 2-9.
- 18 - Arsevska E., Hellal J., Mejri S., Hammami S., Marianneau P., Calavas D. et Hénaux, V., 2016 - Identifying areas suitable for the occurrence of Rift Valley fever in North Africa: implications for surveillance. *Transboundary and Emerging Diseases*, 63(6): 658-674.
- 19 - Ashford R. W., 2000 - The leishmaniasis as emerging and reemerging zoonoses. *International journal for parasitology*, 30(12-13): 1269-1281.
- 20 - Azizi K., Rassi Y., Javadian E., Motazedian M.H., Rafizadeh M.R., Ershadi Y. et Mohebbi M., 2006 - *Phlebotomus (Paraphlebotomus) Alexandri*: A Probable Vector of *Leishmania Infantum* in Iran. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*, 100 (1): 63-68
- 21 - Barchiche N. A. et Madiou M., 2009 - Outbreak of cutaneous leishmaniasis: about 213 cases in the wilaya of Tizi-Ouzou. *Pathologie biologique*, 57 (1): 65-70.
- 22 - Barhoumi W., Fares W., Cherni S., Derbali M., Dachraoui K., Chelbi I., Ramalho-Ortigao M., Beier J.C. et Zhioua E., 2016 - Changes of sand fly populations and

- Leishmania infantum* infection rates in an irrigated village located in arid Central Tunisia. *International journal of environmental research and public health*, 13(3): 1-12.
- 23 - Battisti J. M., Lawyer P. G. et Minnick M. F., 2015 - Colonization of *Lutzomyia verrucarum* and *Lutzomyia longipalpis* sand flies (Diptera: Psychodidae) by *Bartonella bacilliformis*, the etiologic agent of Carrion's disease. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 9(10): e0004128.
- 24 - Belazzoug S. D., Mahzoul K. A., Dedet J. P. et Touami M., 1982 - *Sergentomyia Minuta* Parroti (Adler et Théodor, 1927) En Algérie (Diptera, Psychodidae)-Systématique Infraspécifique et Répartition Géographique. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 57(6): 621-630.
- 25 - Belazzoug S. D., Lanotte G., Maazoun R., Pratlong F. et Rioux, J. A., 1985 - A new enzymatic variant of *Leishmania infantum* Nicolle, 1908, agent of cutaneous leishmaniasis in northern Algeria. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 60(1): 1-3.
- 26 - Benallal K. E., Benikhlef R., Garni R., Gassen B., Dedet J. P. et Harrat Z., 2017 - Presence of *Phlebotomus perniciosus* atypical form in Algeria. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 11(1): 139-146.
- 27 - Benallal K. E., Boubidi S. C. et Harrat Z., 2012 - Nouvelles Stations de *Sergentomyia Schwetzi* (Adler, Theodor & Parrot; 1929) Dans Le Tassili N'Ajjer. *Archives de Institut Pasteur d'Algérie*, 68: 131-137.
- 28 - Benallal K. E., Gassen B., Bouiba L., Depaquit J. et Harrat Z., 2013 - Entomological investigation following the resurgence of human visceral leishmaniasis in southern Algeria. *Acta tropica*, 128(3): 518-521.
- 29 - Benallal K.E., Garni R., Harrat Z, Volf P. et Dvorak V., 2022 - Phlebotomine Sand Flies (Diptera: Psychodidae) of the Maghreb Region: A Systematic Review of Distribution, Morphology, and Role in the Transmission of the Pathogens. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 16(1): e0009952.
- 30 - Benikhlef R., Aoun K., Boudrissa A., Ben Abid M., Cherif K., Aissi W., Benrekta S., Boubidi S.C., Späth G.F., Bouratbine A., Sereno D. et Harrat Z., 2021 - Cutaneous leishmaniasis in algeria; highlight on the focus of M'sila. *Microorganisms*, 9(5): 1-22.
- 31 - Benmebkhout S., Ismail Y., Bitam I. et Hakem A., 2023 - Epidemiological and clinical features of cutaneous leishmaniasis in central steppe in Djelfa (Algeria). *Agricultura*, 126: 107-120.

- 32 - Bennai K., Tahir D., Lafri I., Bendjaballah-Laliam A., Bitam I. et Parola P., 2018 - Molecular Detection of *Leishmania Infantum* DNA and Host Blood Meal Identification in *Phlebotomus* in a Hypoendemic Focus of Human Leishmaniasis in Northern Algeria. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 12(6): e0006513.
- 33 - Berdjane-Brouk Z., Charrel R.N., 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(1): 419-422.
- 34 - Bichaud L., Souris M., Mary C., Ninove L., Thirion L., Piarroux R. P. et Charrel R. N., 2011 - Epidemiologic relationship between Toscana virus infection and *Leishmania infantum* due to common exposure to *Phlebotomus perniciosus* sandfly vector. *PLOS neglected tropical diseases*, 5(9): e1328.
- 35 - Blondel J., 1975 - L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique I. la méthode des échantillonnages fréquents progressifs (E.F.P.). *Revue d'écologie (La Terre et la Vie)*, 29: 533-589.
- 36 - Blondel J., 1979 - *Biogéographie et écologie*. Ed. Masson, Paris, 173 p.
- 37 - Bongiorno G., Habluetzel A., Khoury C. et Maroli M., 2003 - Host Preferences of Phlebotomine Sand Flies at a Hypoendemic Focus of Canine Leishmaniasis in Central Italy. *Acta Tropica*, 88(2): 109-116.
- 38 - Boubidi S. C., Benallal K. E., Boudrissa A., Bouiba L., Bouchareb B., Garni R., Bouratbine A., Ravel C., Dvorak V., Votypka J., Volf P. et Harrat Z., 2011 - *Phlebotomus Sergenti* (Parrot, 1917) Identified as *Leishmania Killicki* Host in Ghardaïa, South Algeria. *Microbes and Infection*, 13(7): 691-696.
- 39 - Boukraa S., Boubidi S., Zimmer J. Y., Francis F., Haubruge E., Alibenali-Lounaci Z. et Doumandji S., 2011 - Surveillance des populations de phlébotomes (Diptera: Psychodidae), vecteurs des agents responsables des leishmanioses dans la région du M'Zab-Ghardaïa (Algérie). *Entomologie Faunistique= Faunistic Entomology*, 63(3): 97-101.
- 40 - Bravo-Barriga D., Ruiz-Arrondo I., Peña R. E., Lucientes J. et Delacour-Estrella S., 2022 - Phlebotomine sand flies (Diptera, Psychodidae) from Spain: an updated checklist and extended distributions. *ZooKeys*, 1106: 81-99.
- 41 - Cazan C. D., Sándor A. D., Kasap E. O., Alten B. et Mihalca A. D., 2021 - Sand fly fauna of South-Eastern Romania, with the description of *Phlebotomus*

- (*Transphlebotomus*) *simonahalepae* n. sp. (Diptera: Psychodidae). *Parasites & Vectors*, 14(448): 1-10.
- 42 - Charrel R. N., 2014. Toscana virus infection. In: Ergönül Ö., Can F., Madoff L., Akovaeds M., eds. *Emerging Infectious Diseases*. Cambridge: Academia press, p. 111-119.
- 43 - Chappuis F., Sundar S., Hailu A., Ghalib H., Rijal S., Peeling R. W., Alvar J. et Boelaert M., 2007 - Visceral leishmaniasis: what are the needs for diagnosis, treatment and control?. *Nature reviews microbiology*, 5(11): 873-882.
- 44 - Chelbi I., Abdi A., Depaquit J., Fares W., Abbas M. A. S., Dachraoui K. et Zhioua E., 2022 - Investigation of the Sandfly Fauna of Central Arid Areas and Northern Humid Regions of Tunisia, with Morphological and Molecular Identification of the Recently Established Population of *Phlebotomus (Larroussius) perfiliewi*. *Insects*, 13(11): e1057.
- 45 - Clark J. W., Kioko E., Odemba N., Ngere F., Kamanza J., Kerich G., Kimbita E. et Bast J. D., 2013 - First report of the visceral leishmaniasis vector *Phlebotomus martini* (Diptera: Psychodidae) in Tanzania. *Journal of medical entomology*, 50(1): 212-216.
- 46 - Cohnstaedt L. W., Caceres A. G., Beati L. et Munstermann L. E., 2012 - The population structure of *Lutzomyia verrucarum* (Diptera: Psychodidae), a *Bartonella bacilliformis* and *Leishmania peruviana* vector in Peru. *Journal of medical entomology*, 49(1): 77-84.
- 47 - Cotteaux-Lautard C., Leparc-Goffart L., Berenger J.M., Plumet S. et Pages F., 2016 - Phenology and Host Preferences *Phlebotomus Perniciosus* (Diptera: Phlebotominae) in a Focus of Toscana Virus (TOSV) in South of France. *Acta Tropica*, 153: 64-69.
- 48 - Coulibaly C. A., Sissoko I., Traore B., Diallo A., Samake S., Traore S. F. et Doumbia S., 2016 - Diversity of sand flies (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) in two different eco-climatic and endemic zones of cutaneous Leishmaniasis in Mali, West Africa. *Journal of medical entomology*, 53(4): 923-927.
- 49 - Croset H., Rioux J. A., Maistre M. et Bayar N., 1978 - Les Phlébotomes de Tunisie (Diptera, Phlebotomidae). Mise Au Point Systématique, Chorologique et Éthologique. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 53(6): 711-749.
- 50 - Dajoz R., 1971 - *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, 434 p.
- 51 - D.S.P., 2023- *Relevés Epidémiologiques Mensuels*. Ed. Directions de la Santé et de la Population, Djelfa, 1p.

- 52 - Dedet J.P., Addadi K. et Belazzoug S. 1984 - Les Phlébotomes (Diptera, Psychodidae) d'Algérie. *Cahiers de l'ORSTOM, Series Entomologie Médicale et Parasitologie*, 22 (2): 99-127.
- 53 - Depaquit J., Léger N. et Ferté H., 1998 - The Taxonomic Status of *Phlebotomus Sergenti* Parrot, 1917, Vector of *Leishmania Tropica* (Wright, 1903) and *Phlebotomus Similis Perfiliew*, 1963 (Diptera-Psychodidae). Morphologic and Morphometric Approaches. Biogeographical and Epidemiological Corollaries. *Bulletin de La Société de Pathologie Exotique*, 91 (4): 346-352.
- 54 - Dereure J., Velez I.D., Pratlong F., Denial M., Lardi M., Moreno G., Serres E., Lanotte G. et Rioux J.A., 1986 - La Leishmaniose Viscérale Autochtone Au Maroc Méridional. Présence de *Leishmania Infantum* MON-1 Chez Le Chien En Zone Présaharienne. In: Rioux J. A., eds. *Leishmania Taxonomie et phylogénèse Application éco-épidémiologique*. Montpellier: IMEEE, p. 421-425.
- 55 - Díaz S.V., Morillas-Márquez F., Merino-Espinosa G., Corpas-López V., Morales-Yuste M., Pesson B., Barón-López S., Lucientes-Curdi J. et Martín-Sánchez J., 2018 - *Phlebotomus Langeroni Nitzulescu* (Diptera, Psychodidae) a New Vector for *Leishmania Infantum* in Europe. *Parasitology Research*, 117: e1105-13.
- 56 - Dokhan M. R., Kenawy M. A., Doha S. A., El-Hosary S. S., Shaibi T. et Annajar B. B., 2016 - Entomological studies of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in relation to cutaneous leishmaniasis transmission in Al Rabta, North West of Libya. *Acta tropica*, 154: 95-101.
- 57 - Ducassou E., Migeon S., Mulder T., Murat A., Capotondi L., Bernasconi S. M. et Mascle J., 2009 - Evolution of the Nile deep-sea turbidite system during the Late Quaternary: influence of climate change on fan sedimentation. *Sedimentology*, 56(7): 2061-2090.
- 58 - Duvallet G., Fontenille D. et Robert V., 2017 - *Entomologie médicale et vétérinaire*. Ed. Editions Quae, Marseille, 686p.
- 59 - Dvorak V., Shaw J. et Volf P., 2018 - Parasite biology: the vectors. In: Bruschi F. et Gradoni L., eds. *The leishmaniasis: old neglected tropical diseases*. Cham: Springer, p. 31-77.
- 60 - E.C.D.P.C., 2014 - *Phlebotomine sand flies - Factsheet for experts*. European Center for Disease Prevention and Control, Solna, 245p.

- 61 - Eddaikra N., Ait-Oudhia K., Kherrachi I., Oury B., Moulti-Mati F., Benikhlef R., Harrat Z. et Sereno D., 2018 - Antimony susceptibility of *Leishmania* isolates collected over a 30-year period in Algeria. *PLOS neglected tropical diseases*, 12(3): e0006310.
- 62 - Eddaikra N., Oury B., Harrat Z. et Sereno D., 2013 - Retrospective and ongoing researches on *Leishmania* antimony resistance in Algeria. In: Vadivelu J., eds. *Microbial pathogens and strategies for combating them: science, technology and education*. Badajoz: Formatex Research Center, p. 678-689.
- 63 - El Hamouchi A., Daoui O., Ait Kbaich M., Mhaidi I., El Kacem S., Guizani I., Sarih M. et Lemrani M. 2019 - Epidemiological features of a recent zoonotic cutaneous leishmaniasis outbreak in Zagora province, southern Morocco. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 13(4): e0007321.
- 64 - El-Badry A., Al-Juhani A., Ibrahim E. K. et Al-Zubiany S., 2008 - Distribution of sand flies in El-Nekheil province, in Al-Madinah Al-Munawwarah region, western of Saudi Arabia. *Parasitology research*, 103: 151-156.
- 65 - El Omari H., Chahlaoui A., Talbi F. Z., Chlouchi A., El-Akhal F., Lahouiti K., Taroq A., Alaoui M. M. et Lalami A. E. O., 2023 - Entomological Survey and Impact of Climatic Factors on the Dynamics of Sandflies in Central Morocco. *The Scientific World Journal*, 2023(1): e6952992.
- 66 - El Sawaf B., Kassem H. A. et El Said S., 1985 - Description of the hitherto unknown female of *Phlebotomus langeroni* (Diptera: Psychodidae). *Journal of Medical Entomology*, 22(3): 312-314.
- 67 - El-Mouhdi K., Chahlaoui A. et Fekhaoui M., 2020 - The cutaneous leishmaniasis and the sand fly: knowledge and beliefs of the population in central Morocco (El Hajeb). *Dermatology Research and Practice*, 2020(1): e1896210.
- 68 - Es-sette N., Ajaoud M., Anga L., Mellouki F. et Lemrani M., 2015 - Toscana virus isolated from sandflies, Morocco. *Parasites & Vectors*, 8: 1-3.
- 69 - Es-Sette N., Ajaoud M., Charrel R. N. et Lemrani M., 2016 - Molecular epidemiology of phlebovirus in four provinces in Morocco. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 109: 143-150.
- 70 - Feliciangeli M. D., Arrivillaga J. C., Bravo A. et Arias F., 2004 - Activity of *Lutzomyia pseudolongipalpis* and *L. longipalpis* sl (Diptera: Psychodidae) in Venezuela. *Parasite*, 11(3): 273-278.

- 71 - Ferro C., López M., Fuya P., Lugo L., Cordovez J. M. et González C., 2015 - Spatial distribution of sand fly vectors and eco-epidemiology of cutaneous leishmaniasis transmission in Colombia. *PLOS One*, 10(10): e0139391.
- 72 - Gaouaoui R., Zeroual S. et Boudjelida H., 2017 - Association between climatic changes and leishmaniasis incidence in Biskra district, Algeria. *Journal of Entomology and Zoology Study*, 5: 43-49.
- 73 - Garni R., Tran A., Guis H., Baldet T., Benallal K., Boubidi S. et Harrat Z., 2014 - Remote sensing, land cover changes, and vector-borne diseases: Use of high spatial resolution satellite imagery to map the risk of occurrence of cutaneous leishmaniasis in Ghardaïa, Algeria. *Infection, Genetics and Evolution*, 28: 725-734.
- 74 - Gherbi R., Bounechada M., Latrofa M.S., Annoscia G., Tarallo V.D., Dantas-Torres F. et Otranto D., 2020 - Phlebotomine Sand Flies and Leishmania Species in a Focus of Cutaneous Leishmaniasis in Algeria. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 14(2): e0008024.
- 75 - González E., Álvarez A., Ruiz S., Molina R. et Jiménez M., 2017 - Detection of high *Leishmania infantum* loads in *Phlebotomus perniciosus* captured in the leishmaniasis focus of southwestern Madrid region (Spain) by real time PCR. *Acta tropica*, 171: 68-73.
- 76 - Guerbouj S., Chemkhi J., Kaabi B., Rahali A., Ben Ismail R. et Guizani I. 2007 - Natural Infection of *Phlebotomus (Larroussius) Langeroni* (Diptera: Psychodidae) with *Leishmania Infantum* in Tunisia. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 101 (4): 372-377.
- 77 - Guessous-Idrissi N., Hamdani A., Rhalem A., Riyad M., Sahibi H., Dehbi F., Bichichi M., Essari A. et Berrag B., 1997 - Epidemiology of Human Visceral Leishmaniasis in Taounate, a Northern Province of Morocco. *Parasite*, 4(2): 181-185.
- 78 - Hamel H., 1860 - *Étude comparée des boutons d'Alep et de Biskra*. Ed. Victor Rozier, Paris, 28p.
- 79 - Hamiroune M., Selt F., Senni Z., Saidani K. et Djemal M., 2019 - Situation épidémiologique de la leishmaniose cutanée humaine dans la région steppique de Djelfa en Algérie: Incidence et facteurs de variation. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 26(1): 253-261.
- 80 - Harrat Z., Addadi K., Belkaid M. et Tabet-Derraz O., 1992 - Visceral leishmaniasis in Algeria. Cases reported of visceral leishmaniasis (1985-1990). *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 85(4): 296-301.

Références bibliographiques

- 81 - Harrat Z., Boubidi S. C., Pratlong F., Benikhlef R., Selt B., Dedet J. P., Ravel C. et Belkaid M., 2009 - Description of a dermatropic *Leishmania* close to *L. killicki* (Rioux, Lanotte & Pratlong 1986) in Algeria. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 103(7): 716-720.
- 82 - Harrat Z., Pratlong F., Belazzoug S., Dereure J., Deniau M., Rioux J. A., Belkaid M. et Dedet, J. P., 1996 - *Leishmania infantum* and *L. major* in Algeria. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 90(6): 625-629.
- 83 - Hassan A. N., Kassem H. et El Sawaf B. M., 1999 - Species composition and abundance of sandflies at natural desert and modified agricultural lands at Nekhel, Sinai, Egypt. *Journal of the Egyptian German Society of Zoology*, 28(1): 37-47.
- 84 - Hotez P. J., Savioli L. et Fenwick A., 2012 - Neglected tropical diseases of the Middle East and North Africa: review of their prevalence, distribution, and opportunities for control. *PLOS neglected tropical diseases*, 6(2): e1475.
- 85 - I.N.S.P., 2020 - *Relevés Epidémiologiques Mensuels « R.E.M » Algérie*. Institut National de Santé Publique, Alger, 24p.
- 86 - Izri M. A. et Belazzoug S., 1993 - *Phlebotomus* (Larrousius) perfiliewi naturally infected with dermatropic *Leishmania infantum* at Tenes, Algeria. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 187: 399-399.
- 87 - Izri M. A., Belazzoug S., Boudjebba Y., Dereure J., Pratlong S., Delalbre-Belmonte A. et Rioux J. A., 1990 - *Leishmania infantum* MON-1 isolé de *Phlebotomus perniciosus*, en Kabylie (Algérie). *Annales de Parasitologie Humaine et comparée*, 65(3): 151-152.
- 88 - Izri M. A., Belazzoug S., Pratlong F. et Rioux J.A., 1992 - Isolation of *Leishmania Major* from *Phlebotomus Papatasi* in Biskra. Complition of an Epidemiological Saga. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 67(1): 31-32.
- 89 - Izri A., Temmam S., Moureau G., Hamrioui B., De Lamballerie X. et Charrel, R. N., 2008 - Sandfly fever Sicilian virus, Algeria. *Emerging Infectious Diseases*, 14(5): 795-797.
- 90 - Izri A., Bendjaballah A., Andriantsoanirina V. et Durand R., 2014 - Cutaneous leishmaniasis caused by *Leishmania killicki*, Algeria. *Emerging Infectious Diseases*, 20(3): 502-504.
- 91 - Izri A., Bendjaballah-Laliam A., Sereno D. et Akhoundi M., 2021 - Updates on geographical dispersion of *Leishmania* parasites causing cutaneous affections in Algeria. *Pathogens*, 10(3): 1-12.

Références bibliographiques

- 92 - Jaouadi, K., Haouas, N., Chaara, D., Gorcii, M., Chargui, N., Augot, D., Pralong F., Dedet J.P., Ettljani S., Mezhoud H., Babba, H., 2011 - First detection of *Leishmania killicki* (Kinetoplastida, Trypanosomatidae) in *Ctenodactylus gundi* (Rodentia, Ctenodactylidae), a possible reservoir of human cutaneous leishmaniasis in Tunisia. *Parasites & vectors*, 4(159): 1-3.
- 93 - Kabbout N., Merzoug D. et Chenchouni H., 2016 - Ecological Status of Phlebotomine Sandflies (Diptera: Psychodidae) in Rural Communities of Northeastern Algeria. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 10 (1): 1-24.
- 94 - Kahime K., Boussaa S., El Mzabi A. et Boumezzough A., 2015 - Spatial relations among environmental factors and phlebotomine sand fly populations (Diptera: Psychodidae) in central and southern Morocco. *Journal of Vector Ecology*, 40(2): 342-354.
- 95 - Kahime K., Boussaa S., Laamrani-El Idrissi A., Nhammi H. et Boumezzough A., 2016 - Epidemiological study on acute cutaneous leishmaniasis in Morocco. *Journal of Acute Disease*, 5(1): 41-45.
- 96 - Kanjanopas K., Siripattanapipong S., Ninsaeng U., Hitakarun A., Jitkaew S., Kaewtaphaya P., Tan-ariya P., Mungthin M., Charoenwong C. et Leelayoova S., 2013 - *Sergentomyia (Neophlebotomus) Gemmea*, a Potential Vector of *Leishmania Siamensis* in Southern Thailand. *BMC Infectious Diseases*, 13(1): 1-4.
- 97 - Kasap O. E. et Alten B., 2006 - Comparative Demography of the Sand Fly *Phlebotomus Papatasi* (Diptera: Psychodidae) at Constant Temperatures. *Journal of Vector Ecology*, 31(2): 378-385.
- 98 - Khan K., Sajjad M., Wahid S., Gul M., Khan L., Ullah I., Badshah N., Irfan I., Iqbal K., Shah I., Aziz S. T., Khan M. S. N., Shah S. U., 2022 - Bionomics of the unexplored sand flies fauna of District Mohmand, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan: assessing risk factors associated with cutaneous leishmaniasis. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 116(9): e832844.
- 99 - Khoury C., Cavallini C., Miceli N. et Maroli M., 1992 - Distribution and relative density of phlebotomine sandflies (Diptera: Psychodidae) in Rome, Italy. *Annales de parasitologie humaine et comparée*. 67(5): 151-154.
- 100 - Killick-Kendrick R., 1990 - Phlebotomine vectors of the leishmaniasis: a review. *Medical and veterinary entomology*, 4(1): 1-24.
- 101 - Killick-Kendrick R., 1999 - The Biology and Control of Phlebotomine Sand Flies. *Clinics in Dermatology*, 17(3): 279-289.

Références bibliographiques

- 102 - Killick-Kendrick M. et Killick-Kendrick., 1991 - The initial establishment of sandfly colonies. *Parassitologia*, 33(1): 315-320.
- 103 - Kiplagat S., Villinger J., Kigen C.K., Kidambasi K. O, Muema J. M., Mwangi S. M., Wangari M, Matoke-Muhia D., Masiga D. K. et Bargul J. L., 2023 - Discovery of the Vector of Visceral Leishmaniasis, *Phlebotomus* (Artemievus) *Alexandri* Sinton, 1928, in Kenya Suggests Complex Transmission Dynamics. *Current Research in Parasitology & Vector-Borne Diseases*, 28(4): 1-9.
- 104 - Lafri I. et Bitam I., 2021 - Phlebotomine Sandflies and Associated Pathogens in Algeria: Update and Comprehensive Overview. *Veterinaria Italiana*, 57(3): 175-180.
- 105 - Lafri I., Almeras L., Bitam I., Caputo A., Yssouf A., Forestier C. L., Izri A., Raoult D. et Parola P., 2016 - Identification of Algerian field-caught phlebotomine sand fly vectors by MALDI-TOF MS. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 10(1): 1-19.
- 106 - Lazar L. T. Y. et Abass K. S., 2020 - Morphology, life cycle, pathogenesis and virulence factors of genus *Leishmania*: a review. *Plant Archives*, 20(2): 4057-4060.
- 107 - Lemaire X., 1911 - Premiers cas de leishmaniose en Algerie. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 4: 554-563.
- 108 - Lewis D. J., 1971 - Phlebotomid sandflies. *Bulletin of the World Health Organization*, 44(4): 535-551.
- 109 - Li-Ren G., Yong-Xiang X., Bao-Shan L. et Jiang D., 1986 - The Role of *Phlebotomus Alexandri* Sinton, 1928 in the Transmission of Kala-Azar. *Bulletin of the World Health Organizatio*, 64(1): 107-112.
- 110 - Magnarelli L. A. et Modi G. B., 1988 - Caloric determinations of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae). *Journal of medical entomology*, 25(2): 127-130.
- 111 - Maia C., 2024 - Sand fly-borne diseases in Europe: epidemiological overview and potential triggers for their emergence and re-emergence. *Journal of Comparative Pathology*, 209: 6-12.
- 112 - Manseur H., Hachid A., Khardine A. F., Benallal K. E., Bia T., Temani M., Hakem A., Paz Sánchez-Seco M., Bitam I., Vázquez A. et Lafri I., 2022 - First Isolation of Punique Virus from Sand Flies Collected in Northern Algeria. *Viruses*, 14(8): 1-10.
- 113 - Mansouri R., Pralong F., Bachi F., Hamrioui B. et Dedet J. P., 2012 - The first isoenzymatic characterizations of the *Leishmania* strains responsible for cutaneous leishmaniasis in the Area of Annaba (Eastern Algeria). *The Open Conference Proceedings Journal*, 3(2): 6-11.

Références bibliographiques

- 114 - Marklewitz M., Tchouassi D. P., Hieke C., Heyde V., Torto B., Sang R. et Junglen, S., 2020 - Insights into the evolutionary origin of Mediterranean sandfly fever viruses. *MSphere*, 5(5): 1-12.
- 115 - 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): 123-147.
- 116 - Medlock J. M., Hansford K. M., Van Bortel W., Zeller H. et Alten B., 2014 - A summary of the evidence for the change in European distribution of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) of public health importance. *Journal of Vector Ecology*, 39(1): 72-77.
- 117 - Messahel N. E., Benallal K. E., Halada P., Lafri I., Manseur H., Hakem A., Hakem A., Houali K., Harrat Z., Volf P. et Dvorak V., 2022 - Identification of blood source preferences and Leishmania infection in sand flies (Diptera: Psychodidae) in north-eastern Algeria. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 31: e100729.
- 118 - Messaoudene F., Boukraa S., Boubidi S. C., Guertzou A. et Ouahabi A., 2023 - Human cutaneous leishmaniasis in north Africa and its threats to public health: A statistical study focused on Djelfa (Algeria). *Microorganisms*, 11(10): 1-14.
- 119 - Moriconi M., Rugna G., Calzolari M., Bellini R., Albieri A., Angelini P., Cagarelli R., Landini M. P., Charrel R. N. et Varani S., 2017 - Phlebotomine sand fly-borne pathogens in the Mediterranean Basin: Human leishmaniasis and phlebovirus infections. *PLOS Neglected tropical diseases*, 11(8): e0005660.
- 120 - Moureau G., Bichaud L., Salez N., Ninove L., Hamrioui B., Belazzoug S., Lamballerie X.D., Izri A. et Charrel R.N., 2010 - Molecular and Serological Evidence for the Presence of Novel Phleboviruses in Sandflies from Northern Algeria. *The Open Virology Journal*, 4: 15-21.
- 121 - Munstermann L. E., 2019 - Phlebotomine sand flies and moth flies (Psychodidae). In: Mullen G., R. et Durden L., A., eds. *Medical and veterinary entomology*. Cambridge: Academic Press, p.191-21.
- 122 - Nedjimi B., 2018 - Measurement of selenium in two Algerian chenopods (*Atriplex canescens* (Pursh.) Nutt. and *Suaeda fruticosa* (Linn.) Forssk). *Measurement*, 129: 256-259.
- 123 - O.N.S., 2018 - *Demographie Algerienne*. Office National des statistiques, Alger, 32p

Références bibliographiques

- 124 - Ortega E. M., Gallego E.C. et Lozano H.R., 1996 - *Phlebotomus (Larrousius) Langeroni* Nitzulescu, 1930 (Diptera, Psychodidae), Espèce Nouvelle Pour l'Espagne. *Parasite*, 3(1): 77-80.
- 125 - Ouanouki B., 2012 - Modélisation de la demande en eau dans une région aride. Cas de la Wilaya de Djelfa. *Nature & Technology*, 6: 93-105.
- 126 - Palumbo E., 2009 - Current Treatment for Cutaneous Leishmaniasis: A Review. *American Journal of Therapeutics*, 16: 178-182.
- 127 - Piscopo T. V. et Azzopardi C. M., 2006 - Leishmaniasis. *Postgraduate Medical Journal*, 82: 649-657.
- 128 - Prudhomme J., Depaquit J. et Robert-Gangneux F., 2024 - Phlebotomine sand fly distribution and abundance in France: A systematic review. *Parasite*, 31: 1-12.
- 129 - Ramade F., 1984 - *Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale*. Ed. Mc. Graw- Hill, Paris, 397 p.
- 130 - Rassi Y., Abai M. R., Javadian E., Rafizadeh S., Imamian H., Mohebbali M., Fateh M., Hajjaran H., Ismaili K., 2008 - Entomologie médicale : Molecular data on vectors and reservoir hosts of zoonotic cutaneous leishmaniasis in central Iran. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 101(5): 425-428.
- 131 - Ready P. D., 2013 - Biology of Phlebotomine Sand Flies as Vectors of Disease Agents. *Annual Review of Entomology*, 58(1): 227-250.
- 132 - Ready P. D., 2010 - Leishmaniasis Emergence in Europe. *Eurosurveillance*, 15 (10): 1-11.
- 133 - Rebollar-Téllez E. A., Orilla-Moguel H., Dzul-Manzanilla F. A., Che-Mendoza A., Manrique-Saide P. et Zapata-Peniche A., 2006 - An update on the phlebotomid sand fly (Diptera: Phlebotomidae) fauna of Yucatan, Mexico. *Entomological News*. 117(1): 21-24.
- 134 - Rigg C. A., Calzada J. E., Saldaña A., Perea M., Chaves L. F. et Valderrama A., 2019 - *Leishmania* spp. infection rate and feeding patterns of sand flies (Diptera: Psychodidae) from a hyperendemic cutaneous leishmaniasis community in Panamá. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 100(4): 798- 807.
- 135 - Rioux J. A., Jarry D. M., Lanotte G., Maazoun R. et Killick-Kendrick R., 1984 - Écologie des leishmanioses dans le sud de la France 18. Identification enzymatique de *Leishmania infantum* Nicolle, 1908, isolé de *Phlebotomus ariasi* Tonnoir, 1921 spontanément infesté en Cévennes. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 59(4): 331-333.

Références bibliographiques

- 136 - Rioux J. A. H. Léger C. N. et Maistre M., 1975 - Remarques Sur La Taxonomie Infraspécifique de *Sergentomyia Minuta*, *Sergentomyia Africana* et *Sergentomyia Antennata*. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 50 (5): 635-641.
- 137 - Rioux J. A., Velez I. D., Denial M., Dereure J., Perières J., Lanotte G. et El-Mellouki W., 1986 - The Presence of *Phlebotomus (Paraphlebotomus) Kazeruni* Theodor and Mesghali, 1964 in Morocco. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 61(4): 473-481.
- 138 - Robert L. L., Schaefer K. U. et Johnson R. N., 1994 - Phlebotomine sandflies associated with households of human visceral leishmaniasis cases in Baringo District, Kenya. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*, 88(6): 649-657.
- 139 - Sakhria S., Alwassouf S., Fares W., Bichaud L., Dachraoui K., Alkan C., Zoghalmi Z., Lamballerie X. D., Zhioua E. et Charrel R. N., 2014 - Presence of Sandfly-Borne Phleboviruses of Two Antigenic Complexes (Sandfly Fever Naples Virus and Sandfly Fever Sicilian Virus) in Two Different Bio-Geographical Regions of Tunisia Demonstrated by a Microneutralisation-Based Seroprevalence Study in Dogs. *Parasites & Vectors*, 7(476): 1-5.
- 140 - Saliba E. K. et Oumeish O. Y., 1999 - Reservoir hosts of cutaneous leishmaniasis. *Clinics in dermatology*, 17(3): 275-277.
- 141 - Sant'Anna M. R., Darby A. C., Brazil R. P., Montoya-Lerma J., Dillon V. M., Bates P. A. et Dillon R. J., 2012 - Investigation of the bacterial communities associated with females of *Lutzomyia* sand fly species from South America. *PLOS One*, 7(8): e42531.
- 142 - Sawalha S. S., Ramlawi A., Sansur R. M., Salem I. M. et Amr Z. S., 2017 - Diversity, ecology, and seasonality of sand flies (Diptera: Psychodidae) of the Jenin District (Palestinian Territories). *Journal of vector ecology*, 42(1): 120-129.
- 143 - Schlein Y. et Jacobson R.L., 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(1): 65-71.
- 144 - Sellali S., Lafri I., Hachid A., Ayhan N., Benbetka C., Medrouh B., Messahel N.E., Bekara M.E.A., Lafri M. et Charrel R.N., 2022 - Presence of the Sandfly-Borne Phlebovirus (Toscana Virus) in Different Bio-Geographical Regions of Algeria Demonstrated by a Microneutralisation-Based Seroprevalence Study in Owned Dogs. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 88(165): 1-9.

Références bibliographiques

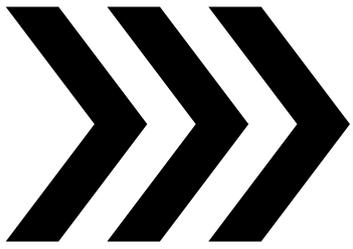
- 145 - Seltzer P., 1946 - *Le climat de l'Algérie : Travaux de l'Institut de météorologie et de physique du globe de l'Algérie, hors sér, Université d'Alger*. Ed. Impr. "La Typo-litho" & J. Carbonel, Alger, 219p.
- 146 - Senghor M. W., Niang A. A., Depaquit J., Ferté H., Faye M. N., Elguero E., Gaye O., Alten B., Perktas U., Cassan C., Faye B. et Banuls A. L., 2016 - Transmission of *Leishmania Infantum* in the Canine Leishmaniasis Focus of Mont-Rolland, Senegal: Ecological, Parasitological and Molecular Evidence for a Possible Role of *Sergentomyia* Sand Flies. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 10(11): e0004940.
- 147 - Sergent E. et Gueidon E., 1923 - Chronique Du Bouton d'Orient En Algérie Le Clou de Mila. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie*, 1: 1-3.
- 148 - Shimabukuro P. H. F., Andrade A. J. D. et Galati E. A. B., 2017 - Checklist of American Sand Flies (Diptera, Psychodidae, Phlebotominae): Genera, Species, and Their Distribution. *ZooKeys*, 67-106.
- 149 - Simpson E. H., 1949 - Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688-688.
- 150 - Singh S., 2006 - New Developments in Diagnosis of Leishmaniasis. *Indian Journal of Medical Research*, 123(3): 311-330.
- 151 - Solano-Gallego L., Morell P., Arboix M., Alberola J. et Ferrer L., 2001 - Prevalence of *Leishmania Infantum* Infection in Dogs Living in an Area of Canine Leishmaniasis Endemicity Using PCR on Several Tissues and Serology. *Journal of Clinical Microbiology*, 39(2): 560-563.
- 152 - Souttou K., Sekour M., Gouisseem K., Hadjoudj M., Guezoul O., Doumandji S. et Denys C., 2012 - Paramètres Écologiques Des Rongeurs Recensés Dans Un Milieu Semi Aride à Djelfa (Algérie). *Algerian Journal of Arid Environment*, 2(2): 28-41.
- 153 - Stewart P., 1969 - Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 59 (1-4): 23-36.
- 154 - Talbi F. Z., Aarab L., Faraj C., Idrissi A. J. et Lalami A. E. O., 2016 - Monitoring of Vector-Borne Diseases: Investigation of Feeding Preferences of the Sand Fly, *Phlebotomus Perniciosus* (Diptera: Psychodidae) in a Focus of Cutaneous Leishmaniasis in Aichoun, North Center of Morocco. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 41(2): 48-52.
- 155 - Talbi F. Z., Lalami A. E. O., Fadil M., Najy M., Ech-Chafay H., Lachhab M., Lotfi S., Nouayti N., Lahouiti K., Faraj C. et Idrissi A. J., 2020 - Entomological Investigations, Seasonal Fluctuations and Impact of Bioclimate Factors of Phlebotomines Sand Flies

Références bibliographiques

- (Diptera: Psychodidae) of an Emerging Focus of Cutaneous Leishmaniasis in Aichoun, Central Morocco. *Journal of Parasitology Research*, 1-10.
- 156 - 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): 227-234.
- 157 - Tebo-Nzesseu T.R., Aime T. N., Omer Bebe N., Cedric Y., Roland B., Cyrille N., Bamou R., Khan-Payne V. et Blaise D., 2024 - Distribution and Ecological aspects of Sand fly species from Kousseri, an endemic focus of Visceral Leishmaniasis in Northern Cameroon. *Frontiers in Tropical Diseases*, 5: e1371670.
- 158 - Theodor O. et Mesghali A., 1964 - On the phlebotominae of Iran. *Journal of medical entomology*, 1(3): 285-300.
- 159 - Tomás-Pérez M., Khaldi M., Riera C., Mozo-León D., Ribas A., Hide M., Barech G., Benyettou M., Seghiri K., Doudou S. et Fisa R., 2014 - First Report of Natural Infection in Hedgehogs with *Leishmania Major*, a Possible Reservoir of Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis in Algeria. *Acta Tropica*, 135: 44-49.
- 160 - Volf P. et Volfova V., 2011 - Establishment and Maintenance of Sand Fly Colonies. *Journal of Vector Ecology*, 36: 1-9.
- 161 - W.H.O., 2016 - Leishmaniasis in High-Burden Countries: An Epidemiological Update Based on Data Reported in 2014. *Weekly Epidemiological Record= Relevé Épidémiologique Hebdomadaire*, 91(22): 286-296.
- 162 - Weslati M., Ghrab J., Benabid M., Souissi O., Aoun K. et Bouratbine A., 2022 - Diversity, Abundance and *Leishmania Infantum* Infection Rate of Phlebotomine Sandflies in an Area with Low Incidence of Visceral Leishmaniasis in Northern Tunisia. *Microorganisms*, 10(5): 2-15.
- 163 - Yaghoobi-Ershadi M. R., 2016 - Control of phlebotomine sand flies in Iran: a review article. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 10(4): 429-444.
- 164 - Young D. G. et Duncan M. A., 1994 - *Guide to the identification and geographic distribution of Lutzomyia sand flies in Mexico, the West Indies, Central and South America (Diptera: Psychodidae)*. Ed. Associated publishers, Florida, 881p.
- 165 - Zait H., Ferhani Y., Achir I. et Hamrioui B., 2012 - Étude de 71 Cas de Leishmaniose Viscérale Diagnostiqués Au CHU Mustapha d'Alger Entre 1998 et 2009. *Médecine et Maladies Infectieuses*, 42(3): 119-125.

Références bibliographiques

- 166 - Zeroual S., Gaouaoui R. et Boudjelida H., 2016 - Diversity and Occurrence of Phlebotomine Sand Flies (Diptera: Psychodidae) in the Area of Biskra (Middle Eastern of Algeria). *Journal of Entomology and Zoology study*, 4(5): 890-895.
- 167 - Zhioua E., Kaabi B. et Chelbi I., 2007 - Entomological Investigations Following the Spread of Visceral Leishmaniasis in Tunisia. *Journal of Vector Ecology*, 32 (2): 371-374.
- 168 - Zhioua E., Moureau G., Chelbi I., Ninove L., Bichaud L., Derbali M., Champs M., Cherni S., Salez N. et Cook S., 2010 - Punique Virus, a Novel Phlebovirus, Related to Sandfly Fever Naples Virus, Isolated from Sandflies Collected in Tunisia. *Journal of General Virology*, 91 (5): 1275-1283.



Résumés

العنوان : دراسة تصنيفية وايكولوجية لذباب الرمل (Diptera : Psychodidae) ; أهم النواقل لليشمانيا في منطقة الجلفة.

الملخص

كان الهدف من هذه الدراسة هو القيام بجرد أنواع ذبابة الرمل الخاصة بالجلفة، خاصة في المناطق الموبوءة بداء الليشمانيا. اختيرت محطات الدراسة على تدرج محوري من شمال الجلفة إلى جنوبها وفقاً لنوع الوسط (حضري وشبه حضري وريفي). تم أخذ العينات باستخدام مصاد CDC في الفترة من شهر أغسطس 2021 إلى يوليو 2022. أكدت النتائج التي تم الحصول عليها لأول مرة وجود 12 نوعاً من أجناس *Phlebotomus* و *Sergentomyia*، مع هيمنة واضحة للإناث في أعداد ذباب الرمل الملتقطة بنسبة 76.69٪، وخاصة *Se. minuta* و *Se. dreyfussi* بنسبة 100٪، و *Ph. papatasi* بنسبة 70.52٪، و *Ph. fallax* بنسبة 88.12٪ و *Ph. langeroni* بنسبة 74.16٪. من حيث وفرة الأنواع، لوحظت أعلى قيمة وفرة في الموقعين الريفيين بـ 9 في عين الإبل، بينما لوحظت أقل قيمة وفرة في المواقع شبه الحضرية في عين وسارة بـ 3، وهذا ما يؤكد حساب مؤشر التنوع الذي يظهر أن المواقع الريفية ذات تنوع عالٍ للموقع 7 بـ 1.604 bits وللموقع 8 بـ 1.812 bits مقارنة بالمواقع شبه الحضرية للموقع 1 بـ 0.543 bits وللموقع 3 بـ 0.560 bits. تُظهر قيم الوفرة النسبية أن *Ph. papatasi* تهيمن في جميع المواقع على وجه التحديد في الموقع 1 شبه الحضري بنسبة 84.23٪ والموقع 5 الحضري بنسبة 47.86٪ وللموقع 9 الريفي = 60.77٪. تليها *Ph. alexandri* بنسبة 18.81٪ في الموقع 5 الحضري و *Ph. ariasi* بنسبة 12.06٪ في الموقع 2 شبه الحضري. أنواع *Sergentomies*، وتحديداً *Se. minuta* بنسبة تتراوح بين 4.76٪ إلى 20.17٪، و *Se. fallax* من 7.62٪ إلى 21.05٪ ممثلة بشكل كافٍ في الأوساط الحيوية الثلاثة المدروسة. أما بالنسبة لتواجد *Ph. papatasi* في المواقع العشرة التي شملتها الدراسة فهي تمثل نسبة تواجد 50٪. وتظهر الأنواع الأخرى تفاوتاً في التواجد تبعاً للوسط الحيوي، حيث تتراوح من 8٪ بالنسبة لـ *Se. dreyfussi* إلى 42٪ بالنسبة لـ *Se. minuta* و *Ph. ariasi*. وقد مكنت الدراسة الجينية الحشرية من تحديد المضيفين لوجبة الدم محتمل لنوعي *Ph. longiscuspis* و *Ph. papatasi* في الأوساط الحضرية والريفية، حيث تنتمي الأنواع التي تم تحديدها إلى فئة الثدييات. وفقاً لتحليلات الحمض النووي هذه، فإن الدم الملتهم مأخوذ من الأغنام والماعز والإنسان. كما أظهر التحليل الإحصائي أنه، باستثناء نوعين *Ph. longiscuspis* و *Se. dreyfussi* اللذين لم يلاحظ وجود علاقة ذات دلالة إحصائية ($p > 0.05$) و تبين أن ذباب الرمل يرتبط ارتباطاً قوياً وكبيراً بدرجات الحرارة القصوى والمتوسطة والدنيا. ($p < 0.001$) من ناحية أخرى، لم تلاحظ أي علاقة ذات دلالة إحصائية مع هطول الأمطار ($p > 0.05$). وأظهر مخطط Venn البياني أن الأوساط الحيوية الثلاثة الحضرية وشبه الحضرية والريفية في محطات الدراسة تشترك في أربعة أنواع. وهذه الأنواع هي *Ph. papatasi* و *Ph. alexandri* و *Ph. minuta* و *Se. antennata*.

الكلمات المفتاحية: ذباب الرمل، *Ph. langeroni*، تصنيف، الليشمانيا، الجلفة، الجزائر

Titre : Étude systématique et bio-écologique des phlébotomes (Diptera : Psychodidae) ; principaux vecteurs des *Leishmania* dans la région de Djelfa.

Résumé

Le présent travail a pour but de réaliser un inventaire de la faune phlébotomienne spécifique à Djelfa, en particulier dans les communes endémiques à la leishmaniose. Les stations d'étude sont choisies sur un gradient axial du Nord au Sud de Djelfa selon le type de milieu (urbain, périurbain et rural). L'échantillonnage est réalisé en utilisant les pièges CDC d'août 2021 à juillet 2022. Les résultats obtenus confirment pour la première fois la présence de 12 espèces de deux genres *Phlebotomus* et *Sergentomyia*, avec une nette dominance des femelles dans la population de phlébotomes capturés (76,69%) en particulier *Se. minuta* (100%) ; *Se. dreyfussi* (100%), *Ph. papatasi* (70,52%), *Ph. alexandri* (94,52%), *Ph. ariasi* (98,13%), *Se. fallax* (88,12%) et *Ph. langeroni* (74,16%). En ce qui concerne la richesse spécifique, la valeur la plus élevée est observée dans les deux sites ruraux S=9 à Ain El Bel, alors que la richesse la plus faible est notée dans les sites périurbains à Ain Oussera avec 3. Ceci est confirmé par le calcul de l'indice de diversité qui montre que les sites ruraux ont une diversité élevée ($S7=1,604$ bits ; $S8=1,812$ bits) par rapport aux sites périurbains ($S1=0,543$ bits ; $S3=0,560$ bits). Les valeurs des abondances relatives montrent que *Ph. papatasi* domine dans tous les sites ($S1$ périurbain= 84,23% ; $S5$ urbain= 47,86% ; $S9$ rural= 60,77%). Elle est suivie par *Ph. alexandri* (18,81%) dans $S5$ urbain et par *Ph. ariasi* (12,06%) dans $S2$ périurbain. Les espèces *Ph. langeroni*, *Ph. longiscuspis*, *Ph. sergenti* sont trouvées avec des taux faibles. Les Sergentomies, identifiées comme *Se. minuta* (4,76% à 20, 17%), *Se. dreyfussi* (0, 37%) et *Se. fallax* (7,62% à 21, 05%) sont ainsi bien représentés dans les trois biotopes étudiés. Les valeurs de l'occurrence sont de FO % = 50% pour *Ph. papatasi* dans les dix sites prospectés. Les autres espèces montrent des variations d'occurrence en fonction du biotope allant de 8% pour *Se. dreyfussi* à 42% pour *Se. minuta* et *Ph. ariasi*. L'étude entomo-génétique a permis de déterminer les hôtes sanguins des repas des deux espèces *Ph. papatasi* et *Ph. longiscuspis* dans les milieux urbains et ruraux où les espèces identifiées appartiennent à la classe des *Mammalia*. Selon ces analyses d'ADN ; le sang gorgé peut être prélevés des moutons, des chèvres et des êtres humains. L'analyse statistique a montré que, à l'exception de *Ph. longiscuspis* et de *Se. dreyfussi* pour lesquels aucune relation significative n'est observée ($p > 0,05$), les phlébotomes sont fortement et significativement corrélés avec les températures maximales, moyennes et minimales. ($p < 0,001$). En revanche ; aucune relation significative n'est observée avec les précipitations ($p > 0,05$). Le Diagramme Venn a montré que les trois biotopes urbain, périurbain et rural des stations d'étude partagent quatre espèces. Ces espèces sont *Ph. papatasi*, *Ph. alexandri*, *Ph. minuta* et *Se. antennata*.

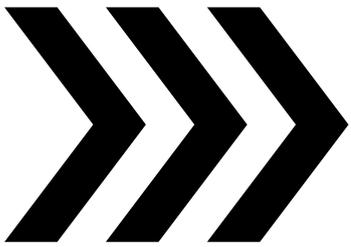
Mots clés : Phlébotomes, *Ph. langeroni*, Systématique, *Leishmania*, Djelfa, Algérie

Title : Systematic and bioecological study of sand flies (Diptera: Psychodidae) ; the main vectors of *Leishmania* in Djelfa region.

Abstract

The aim of this study is to carry out an inventory of the phlebotomine fauna specific to Djelfa, in particular in the communes leishmaniasis-endemic. The study stations were selected on an axial gradient from the north to the south of Djelfa according to the type of environment (urban, peri-urban and rural). Sampling is carried out using CDC traps from August 2021 to July 2022. The results obtained confirm for the first time the presence of 12 species of two genera, *Phlebotomus* and *Sergentomyia*, with a clear dominance of females in the population of sandflies caught (76.69%), in particular *Se. minuta* (100%); *Se. dreyfussi* (100%), *Ph. papatasi* (70.52%), *Ph. alexandri* (94.52%), *Ph. ariasi* (98.13%), *Se. fallax* (88.12%) and *Ph. langeroni* (74.16%). Regarding species richness, the highest value was observed in the two rural sites S=9 at Ain El Bel, whereas the lowest richness was noted in the peri-urban sites at Ain Oussera with 3. This is confirmed by the calculation of the diversity index which shows that the rural sites have a high diversity (S7=1.604 bits; S8=1.812 bits) compared with the peri-urban sites (S1=0.543 bits; S3=0.560 bits). The values of relative abundance show that *Ph. papatasi* dominates in all sites (S1 periurban= 84.23%; S5 urban= 47.86%; S9 rural= 60.77%). It is followed by *Ph. alexandri* (18.81%) in S5 urban and by *Ph. ariasi* (12.06%) in S2 peri-urban. The species *Ph. langeroni*, *Ph. longiscuspis* and *Ph. sergenti* were found at low levels. Sergentomies, identified are well represented in the three biotopes studied as *Se. minuta* (4.76% to 20.17%) *Se. dreyfussi* (0.37%) and *Se. fallax* (7.62% to 21.05%). Occurrence values for *Ph. papatasi* are FO% = 50% in the ten sites surveyed. The other species show variations in occurrence depending on the biotope, ranging from 8% for *Se. dreyfussi* to 42% for *Se. minuta* and *Ph. ariasi*. The entomo-genetic study made it possible to determine the blood meal hosts of the two species *Ph. papatasi* and *Ph. longiscuspis* in urban and rural environments, where the species identified belong to the class *Mammalia*. According to these DNA analyses, gorged blood can be taken from sheep, goats and humans. Statistical analysis showed that, with the exception of *Ph. longiscuspis* and *Se. dreyfussi* for which no significant relationship was observed ($p > 0.05$), sand flies were strongly and significantly correlated with maximum, mean and minimum temperatures ($p < 0.001$). On the other hand, no significant relationship was observed with rainfall ($p > 0.05$). The Venn Diagram showed that the three urban, peri-urban and rural biotopes of the study stations share four species. These species are *Ph. papatasi*, *Ph. alexandri*, *Ph. minuta* and *Se. antennata*.

Key words: Sand flies, *Ph. langeroni*, Systematics, *Leishmania*, Djelfa, Algeria



Annexe

Tableau 1 – Liste des espèces choisies pour les analyses sanguines

Number	Code	Espèce	Description	Biotope	Réservoirs potentiels
1	ALG.DJL.S5	<i>Ph. papatasi</i>	Engorgée	Urbain	Moutons et chèvres
2	ALG.DJL.S5	<i>Ph. papatasi</i>	Engorgée	Urbain	Moutons et chèvres
3	ALG.DJL.S5	<i>Se. minuta</i>	Engorgée	Urbain	Moutons et chèvres
4	ALG.DJL.S6	<i>Ph. perniciosus</i>	Engorgée	Urbain	Être humain
5	ALG.HTO	<i>Ph. papatasi</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
6	ALG.HTO	<i>Ph. perniciosus</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
7	ALG.HTO	<i>Ph. papatasi</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
8	ALG.HTO	<i>Ph. alexandri</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
9	ALG.HTO	<i>Ph. alexandri</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
10	ALG.HTO	<i>Ph. papatasi</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
11	ALG.HTO	<i>Ph. longicuspis</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
12	ALG.HTO	<i>Ph. longicuspis</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
13	ALG.HTO	<i>Ph. longicuspis</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
14	ALG.HTO	<i>Ph. longicuspis</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
15	ALG.HTO	<i>Ph. longicuspis</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
16	ALG.HTO	<i>Ph. longicuspis</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
17	ALG.HTO	<i>Ph. longicuspis</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
18	ALG.HTO	<i>Ph. longicuspis</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
19	ALG.HTO	<i>Ph. longicuspis</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
20	ALG.HTO	<i>Ph. longicuspis</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
21	ALG.HTO	<i>Ph. longicuspis</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
22	ALG.HTO	<i>Ph. longicuspis</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
23	ALG.MLG	<i>Ph. papatasi</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
24	ALG.MLG	<i>Ph. papatasi</i>	Engorgée	Rural	Moutons et poulets
25	ALG.OSS. S1	<i>Ph. papatasi</i>	Engorgée	Périurbain	Moutons et chèvres
26	ALG.OSS. S1	<i>Ph. papatasi</i>	Engorgée	Périurbain	Moutons et chèvres
27	ALG.OSS. S1	<i>Ph. papatasi</i>	Engorgée	Périurbain	Moutons et chèvres
28	ALG.OSS. S2	<i>Ph. papatasi</i>	Engorgée	Périurbain	Être humain
29	ALG.OSS. S2	<i>Ph. papatasi</i>	Engorgée	Périurbain	Être humain
30	ALG.HBB.S3	<i>Ph. papatasi</i>	Engorgée	Périurbain	Être humain