

N° d'ordre: 3707

THESE

En vue de l'obtention du : **DOCTORAT**

Structure de Recherche: Botanique et Valorisation des Ressources Végétales et Fongiques

Discipline: Biologie

Spécialité: Ecologie

Présentée et soutenue le 05 /11/2022 par :

Zal Alham Mohammed Daif Allah AL-KOLEEBY

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'ECOLOGIE DES VECTEURS DES LEISHMANIOSES AU SUD DU MAROC

JURY

Zine Elabidine TRIQUI	PES, Université Mohammed V- Faculté des Sciences - Rabat	Président
Souad SKALLI	PH, Université Mohammed V- Faculté des Sciences - Rabat	Rapporteuse / Examinatrice
Oumnia HIMMI	PES, Université Mohammed V- Institut Scientifique - Rabat	Rapporteuse / Examinatrice
Driss BELGHYTI	PES, Université Ibn Tofail- Faculté des Sciences - Kenitra	Rapporteur / Examineur
Youssef EL GUAMRI	PH, Centre Régional des Métiers d'Éducation et de Formation - Marrakech	Examineur
Majda LABOUDI	PA, Institut national d'hygiène - Rabat	Invité
Fatima Zahra TALBI	PA, Université Hassan I- Faculté des Sciences et Techniques - Settat	Co- Directeur de Thèse
Ahmed EL ABOUDI	PES, Université Mohammed V- Faculté des Sciences - Rabat	Directeur de Thèse

Année Universitaire: 2021-2022

Dédicaces

Je dédie ce travail

Aux êtres les plus chers à mon cœur, mes parents

Mon mari & Mes enfants

AMAL, MOHAMMED, HAWAZIN et ILYAS

Mes chers frères et sœurs

A tous mes amis

A tous ceux qui ont contribué de manière directe ou indirecte à la

réalisation de ce travail.

Remerciements

Les travaux présentés dans le mémoire ont été effectués au laboratoire de Botanique, Mycologie et Environnement à la faculté des sciences de Rabat sous la direction du Professeur Ahmed EL ABOUDI et du co-encadrement du Docteur Chafika FARAJ et du Professeur Fatima Zahra TALBI, de laboratoire d'Entomologie Médicale de l'Institut National d'Hygiène.

Avant d'exposer les résultats de mes recherches, il m'est agréable d'exprimer ma reconnaissance à tous ceux qui, à titres divers, m'ont aidé à les réaliser ou qui m'ont fait l'honneur de les juger.

*Mes chaleureux remerciement vont à Mr **Ahmed EL ABOUDI**, professeur d'enseignement supérieur à l'Université MOHAMMED V, qui m'a soutenu, aidé, encouragé, encadré durant ces cinq années de thèse et qui a accepté de prendre la direction de cette thèse en cours de route, transformant ainsi les difficultés rencontrées en une expérience enrichissante. Il m'a toujours accordé généreusement le temps nécessaire pour partager avec moi ses idées. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.*

*Je dois une vive reconnaissance à mon Co-encadrante Madame **Chafika FARAJ**, Chef responsable de laboratoire d'entomologie médicale à l'Institut National d'Hygiène de Rabat, qui a bien voulu de diriger cette thèse, et m'a fait bénéficier de son expérience dans le domaine de la Recherche Scientifique. Elle m'a inculqué le sens de l'ordre et d'une méthodologie de travail rigoureuse. Je ne pourrai jamais oublier votre aide précieuse, votre générosité, votre gentillesse, votre patience, votre disponibilité, votre compréhension et les critiques constructives pour que ce travail soit le plus minutieux et le plus parfait possible. Je tiens à lui exprimer toute ma gratitude et mon respect et lui souhaiter tout le bonheur, la santé et la prospérité.*

*Je suis particulièrement reconnaissant à ma Co-encadrante Madame **FATIMA ZAHRA TALBI**, Professeur de la Faculté des Sciences et Techniques; Université Hassan I, pour l'intérêt incessant qu'elle a porté au suivi de ce travail, en dépit de ses occupations. Elle a toujours su prendre le temps de m'écouter, de me conseiller et de m'encourager pour aller plus loin dans mon travail de recherche. Je la remercie pour ses aides multiples, sa confiance, sa générosité, sa gentillesse, sa compétence scientifique et son soutien inconditionnel. Je tiens à lui exprimer toute ma gratitude et mon respect et lui souhaiter tout le bonheur, la santé et la prospérité.*

Je remercie mon président de jury à Monsieur **ZineElabidine TRIQUI**, Professeur de la Faculté des Sciences de Rabat ,pour avoir accepté de présider ce jury de thèse et ce, malgré ses nombreuses autres obligations, qu'il soit assuré de mon respectueux dévouement et ma haute considération.

Je tiens à vous adresser mes vifs remerciements, à Madame **Souad SKALLI**, Professeur de la Faculté des Sciences de Rabat ,pour avoir accepté de donner de vos temps pour évaluer ce travail et pour m'avoir apporté en retour des commentaires et remarques enrichissants et constructifs. Veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect.

Je voudrais également exprimer ma profonde gratitude à Madame **HIMMI Oumnia**, Professeur chercheur au département de Zoologie et écologie animale à l'Institut Scientifique .Vous nous faite l'honneur d'accepter avec une très grande amabilité de siéger parmi notre jury de thèse. Veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect.

Je tiens à vous adresser mes vifs remerciements,à Monsieur **Driss BELGHYTI**, Professeur de la Faculté des Sciences de Kenitra.Je voudrais vous exprimer mon grand respect et ma profonde estime. Je suis très sensible par l'honneur que vous m'avez fait en acceptant d'être parmi les évaluateurs de ma thèse. Veuillez accepter ce travail en gage de notre grand respect et notre profonde reconnaissance.

Je tiens à vous adresser mes vifs remerciements, à Monsieur **Youssef EL GUAMRI**, Professeur de Centre Régional des Métiers d'Éducation et de Formation de Marrakech. Vous nous faite l'honneur d'accepter avec une très grande amabilité de siéger parmi notre jury de thèse. Veuillez accepter ce travail en gage de notre grand respect et notre profonde reconnaissance. Veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect

Il m'est particulièrement agréable de remercier, à Madame **Majda LABOUDI**, Professeur de l'Institut National d'Hygiène de Rabat. Vous avez spontanément accepté de faire partie de notre jury. Nous apprécions vos qualités professionnelles et humaines. Veuillez trouver ici, l'expression de notre profond respect.

Par la même occasion je tiens à remercier **Oumayma NEAOUI, Mohammed El KOHLI et Lhoussine LAQRAA**, techniciens au niveau l'unité d'Entomologie médicale de l'Institut National d'Hygiène, qui m'ont aidé pendant mon stage au laboratoire.

Résumé

Les leishmanioses restent une cause de morbidité et de mortalité non négligeable à l'échelle mondiale. Cette parasitose transmise par des phlébotomes est responsable de manifestations cutanées, cutanéo-muqueuse ou viscérales. En absence de vaccin et devant l'émergence de nouveaux foyers, les programmes de lutte antivectorielle restent les principales pratiques applicables pour contrôler voire éliminer cette parasitose. La réussite d'un programme de lutte contre ces maladies nécessite une connaissance préalable du profil épidémiologique de la leishmaniose et une étude éco-entomologique approfondie des phlébotomes. C'est dans cette optique que nous avons mené la présente étude épidémiologique et éco-entomologique dans la province de Zagora. Cette province constitue un foyer endémique, avec des pics épidémiques répétitifs, de leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) à *Leishmania major* depuis le lancement du programme national de lutte contre les leishmanioses en 1997. Le nombre de cas a atteint 5675 cas en 2018 soit plus de 63% du total des cas de LCZ reporté au Maroc. Ce travail de thèse a permis d'établir la liste des espèces phlébotomiennes présentes et d'identifier les vecteurs potentiels. Il a permis également de déterminer les périodes de développement des populations de phlébotomes et d'étudier l'activité saisonnière des espèces les plus abondantes. Enfin nous avons analysé la répartition spatio-temporelle des espèces de phlébotomes les plus représentées en fonction de quelques variables abiotiques. L'étude des caractéristiques climatiques et environnementales de Zagora a montré qu'elle représente un terrain propice pour la transmission de la LCZ. Les caractéristiques climatiques de la région mettent en évidence la tendance au réchauffement et à l'allongement de la saison chaude. Ce qui est favorable à la multiplication des parasites et à la prolongation de l'activité des vecteurs et des réservoirs. En outre, certains comportements de la population locale, comme passer la nuit à l'extérieur des maisons pendant la saison chaude et certaines activités humaines et particulièrement les activités agricoles augmentent le risque d'exposition de l'homme à la transmission de cette affection. Par ailleurs, l'élevage des ovins et caprin et le mode de vie essentiellement rural constituent des facteurs favorables aux différents acteurs du cycle leishmanien. L'étude entomologique a été effectuée dans douze localités au cours de l'année 2019, en utilisant la technique des pièges lumineux. Les résultats indiquent la présence de dix-huit espèces, appartenant aux genres *Phlebotomus* et *Sergentomyia*. Les espèces *Phlebotomus papatasi*, *Ph. longicuspis* et *Ph. alexandris* sont les plus dominantes représentant respectivement 43.1%, 17.0 % et 18.8% par rapport au total des phlébotomes capturés. Ces trois espèces sont présentes de Mai à Novembre avec deux pics importants de densité. L'étude de la saisonnalité de ces trois espèces fait ressortir deux périodes annuelles à haut risque leishmanien dans la province de Zagora: Octobre-Novembre et Mai-Juin-Juillet.. Les corrélations de l'abondance et de l'activité des phlébotomes avec les facteurs climatiques et environnementaux confirment que *Ph. papatasi* présente une résistance et une forte adaptation ce qui explique sa forte abondance et sa longue période d'activité. Etant ubiquiste, elle est récoltée dans tous les biotopes prospectés. En considérant la grande spécificité vecteur-parasite connue en épidémiologie des leishmanioses ainsi que l'abondance des espèces capturées pendant la saison favorable à la transmission, *Ph. papatasi* et *Ph. longicuspis* seraient respectivement les vecteurs des leishmanioses à *L. major* et à *L. infantum* dans la région étudiée. Le risque de transmission de la maladie serait plus grand durant le deuxième pic de densité en fin été- début automne. Cette thèse apporte des résultats inédits qui constitueraient des données de base importantes pour la planification des interventions de lutte. Selon ces résultats, des actions de lutte antivectorielle programmées deux fois par an au moment des pics de densité permettraient de contrôler la transmission de la maladie si elles sont correctement coordonnées avec le traitement des cas (malades) et l'adoption d'un contrôle adapté du réservoir. La sensibilisation de la population locale aux mesures de prévention contre la maladie est également importante pour le succès d'un programme de lutte contre les épidémies.

Mots-clés : Biodiversité, Diptera, Phlebotominae, Leishmaniose, Ecologie, Zagora, Maroc.

Abstract

Leishmaniasis remains a significant cause of morbidity and mortality worldwide. This parasitosis transmitted by sandflies is responsible for cutaneous, mucocutaneous or visceral manifestations. In the absence of a vaccine and in view of the emergence of new outbreaks, vector control programs remain the main practices applicable to control or even eliminate this parasite. The success of a control program against these diseases requires a prior knowledge of the epidemiological profile of leishmaniasis and a thorough eco-entomological study of sandflies. With this in mind, we conducted this epidemiological and eco-entomological study in the province of Zagora. This province constitutes an endemic focus, with repetitive epidemic peaks, of zoonotic cutaneous leishmaniasis (CLZ) with *Leishmania major* since the launch of the national program of control of leishmaniasis in 1997. The number of cases reached 5675 cases in 2018 or more than 63% of the total cases of CLZ reported in Morocco. This thesis work allowed to establish the list of phlebotomies species present and to identify the potential vectors. It also allowed us to determine the periods of development of sandfly populations and to study the seasonal activity of the most abundant species. Finally, we analyzed the spatio-temporal distribution of the most represented sandfly species according to some abiotic variables. The study of the climatic and environmental characteristics of Zagora showed that it represents a favorable terrain for the transmission of CLZ. The climatic characteristics of the region highlight the tendency to warming and lengthening of the hot season. This is favorable to the multiplication of parasites and the prolongation of the activity of vectors and reservoirs. In addition, certain behaviors of the local population, such as spending the night outside the house during the hot season and certain human activities, particularly agricultural activities, increase the risk of human exposure to the transmission of this disease. In addition, sheep and goat breeding and the essentially rural way of life constitute factors favorable to the different actors of the leishmanial cycle. The entomological study was carried out in twelve localities during the year 2019, using the light trap technique. The results indicate the presence of eighteen species, belonging to the genera *Phlebotomus* and *Sergentomyia*. The species *Phlebotomus papatasi*, *Ph. longicuspis* and *Ph. alexandris* are the most dominant representing respectively 43.1%, 17.0% and 18.8% of the total number of sandflies captured. These three species are present from May to November with two important density peaks. The study of the seasonality of these three species shows two annual periods of high leishmanial risk in Zagora province: October-November and May-June-July. Correlations of sandfly abundance and activity with climatic and environmental factors confirm that *Ph. papatasi* is resilient and highly adaptive, which explains its high abundance and long activity period. Being ubiquitous, it is collected in all the biotopes surveyed. Considering the high vector-parasite specificity known in leishmaniasis epidemiology as well as the abundance of species caught during the season favorable to transmission, *Ph. papatasi* and *Ph. longicuspis* would be respectively the vectors of *L. major* and *L. infantum* leishmaniasis in the studied region. The risk of disease transmission would be greater during the second density peak in late summer-early fall. This thesis provides novel results that would constitute important baseline data for planning control interventions. According to these results, vector control actions scheduled twice a year at the time of peak densities would control disease transmission if properly coordinated with treatment of (sick) cases and adoption of appropriate reservoir control. Raising awareness of the local population on preventive measures against the disease is also important for the success of an epidemic control program.

Keywords: Biodiversity, Diptera, Phlebotominae, Leishmaniasis, Ecology, Zagora, Morocco.

Liste des abréviations

- ACP** : Analyse des Composantes Principales.
- CDC** : Center for Disease Control.
- DELM** : Direction d'Epidémiologie et de Lutte contre les maladies.
- I.N.S.P** : Institut National de Santé Public.
- INH** : Institut National d'Hygiène
- LC** : Leishmaniose cutanée.
- LCD** : Leishmaniose cutanée diffuse.
- LCM** : Leishmaniose cutanéomuqueuse.
- LCZ** : Leishmaniose cutanée zoonotique.
- LV** : Leishmaniose viscérale.
- MSP** : Ministère de Santé Publique.
- O.M.S** : Organisation Mondiale de la Santé.
- PA** : Piège Adhésif.
- PCR** : Polymerase Chain Reaction.
- Ph** : Phlebotomus.
- PL** : Piège Lumineux.
- S** : Sergentomyia.
- V.I.H.** : Virus de l'Immunodéficience Humaine.
- W.H.O** : World Health Organisation.

Liste des figures

Figure 1: Cycle de vie du parasite <i>Leishmania</i>	12
Figure 2: (A) Forme promastigote ; (B) Forme amastigote (Ajaoud, 2015).....	12
Figure 3: Répartition géographique de la Leishmaniose cutanée, dans le monde. (Ruiz-Postigo et al., 2020).....	13
Figure 4: Distribution mondiale de la leishmaniose viscérale, (Ruiz-Postigo et al., 2020).....	14
Figure 5: Phlébotome spp, vue latérale(B), femelle de phlébotome. (A), derniers segments abdominaux du mâle (photo personnelle).	18
Figure 6: Morphologie générale d'un phlébotome(A) male ;(B) femelle (photo personnelle).....	18
Figure 7: Photo de la tête, de <i>Phlebotomus papatasi</i> (photo personnelle).....	19
Figure 8: Morphologie d'un phlébotome adulte(photo personnelle)	20
Figure 9: Morphologie d'un phlébotome adulte. (A). Génitalia mâle. (B). Spermathèques. (photo personnelle).....	21
Figure 10: Cycle de vie des phlébotomes.(Talbi,2016)	22
Figure 11: Répartition des principaux genres de phlébotomes dans le monde (Léger et Depaquit, 2002) (Adapté par Bounamous., 2010).	25
Figure 12: Situation de la leishmaniose au Maroc Bilan des cas déclarés en 2006, d'après la Direction de l'Epidémiologie et de la Lutte Contre les Maladies parasitaires (DELM) Ministère de la santé publique.....	31
Figure 13: Situation géographique de la Province de Zagora.	38
Figure 14: Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls & Goussen (1953) de la période d'étude (2004-2020) établis pour les stations de la région Zagora	45
Figure 15: Place des stations dans le climagramme d'Emberger	48
Figure 16: Sites d'échantillonnages au sein du village Timarighine (Photo personnelle) (A , B)	51
Figure 17: Sites d'échantillonnages au sein du village Ait Oulahyan (Photo personnelle) (C , D).....	52

Figure 18: Sites d'échantillonnages au sein du village Ait ali ouhassou (E ,F)	53
Figure 19: Sites d'échantillonnages au sein du village Touna Niaaraben (J ,H).	53
Figure 20: Sites d'échantillonnages au sein du village Tassaounte (K ,L).	54
Figure 21: Sites d'échantillonnages au sein de la village Tasla (I ,J)	54
Figure 22: Sites d'échantillonnages au sein du village Ksar Mougni (M ,N).	55
Figure 23: Sites d'échantillonnages au sein du village Bleida (O, P).	56
Figure 24: Sites d'échantillonnages au sein du village Zaouite Leftah(Q ,R,S)	56
Figure 25: Sites d'échantillonnages au sein de la village Zaouite Sidi Salah (T ,V)	57
Figure 26: Sites d'échantillonnages au sein de la village Timgit (W ,X).	58
Figure 27: Sites d'échantillonnages au sein de la Localité de Taghbalat (L ,P).	58
Figure 28: Sites d'échantillonnages au sein de la village Ifert (Ifred) (Y ,Z)	59
Figure 29: Piège lumineux de type CDC (a,b).	63
Figure 30: Les pièges adhésifs (c,d).	64
Figure 31: Répartition annuelle des leishmanioses durant 1997-2018.	76
Figure 32: Répartition des cas de leishmaniose cutanée selon les villages(2017-2018).....	80
Figure 33: Critères d'identifications morphologiques de <i>Phlebotomus papatasi</i> : Genitalia mâle; A.1,2,3 Soies ,Styles, épines; B.4 ,5 Le paramère ,lobe latéral,C.6, La valve pénienne ; D.7 pharynx denticulations de la femelle ; E. 8,Furca ;F.9 Spermathèques. (Photos personnelles).....	89
Figure 34: Critères d'identifications morphologiques de <i>Phlebotomus bergeroti</i> :.....	91
Figure 35: Critères d'identifications morphologiques de <i>Phlebotomus sergenti</i> : Genitalia mâle (A)1, 2,3 Le lobe basal, les épines, La valve pénienne ; Génitale femelle,4,5 Pharynx, Spermathèques. (Photo personnelles).	93
Figure 36: Critères d'identifications morphologiques de <i>Phlebotomus alexandri</i> : Genitalia mâle (A) 1, Le épine; Génitale femelle (B,C), Pharynx, Spermathèques. (Photo personnelles).	94

Figure 37: Critères d'identifications morphologiques de <i>Ph. chabaudi</i> . Génitalia mâle(A) ; Génitale femelle, (B)Pharynx, (C)Spermathèques (Faraj & Himmi, 2020). L'intérêt médical et la répartition géographique.....	95
Figure 38: Critères d'identifications morphologiques de <i>Phlebotomus kazeruni</i> : Genitalia mâle (A) Le épine; Génitale femelle(B,C,D), Tête de femelle, Spermathèques. (Photo personnelles).....	96
Figure 39: Critères d'identifications morphologiques de <i>Phlebotomus longicuspis</i> : Genitalia mâle(A)1,2 Les sosies, Le épine ; Génitale femelle(B,C,D), Pharynx de femelle, Spermathèques , basale du conduit. (Photo personnelles).	98
Figure 40: Critères d'identifications morphologiques de <i>Phlebotomus chadlii</i> (A) Genitalia mâle ; Génitale femelle(B), Spermathèques. (Faraj & Himmi, 2020).	99
Figure 41: Critères d'identifications morphologiques de <i>Phlebotomus langeroni</i> : Genitalia mâle ; Génitale femelle(B), Spermathèques. (Faraj & Himmi, 2020).	100
Figure 42: Critères d'identifications morphologiques de <i>Phlebotomus minuta</i> parroti: (A) ,Genitalia mâle ,B pharynx de mâle ; Génitale femelle(C),Spermathèques ,(D) Le pharynx . (Photo personnelles).....	102
Figure 43: Critères d'identifications morphologiques de <i>Phlebotomus antennata</i> (A,B).Genitalia mâle .Le pharynx; (C ,D).Génitale femelle ,Spermathèques,Le pharynx. (Photo personnelles).....	104
Figure 44: Critères d'identifications morphologiques de <i>Sergentomyia fallax</i> : A.Génitalia mâle, B. Pharynx de mâle; C. Cibarium de femelle; D. Spermathèque . (Photo personnelles).	105
Figure 45: Critères d'identifications morphologiques de <i>Sergentomyia schwetzi</i> : (A) Génitalia mâle; B. Cibarium de femelle; C. Spermathèque. (Photos personnelles).	106
Figure 46: Critères d'identifications morphologiques de <i>Sergentomyia lewisi</i> : (A) Génitalia mâle; Pharynx de femelle, D. Cibarium de femelle; D,E. Spermathèque . (Photos personnelles).....	107
Figure 47: Critères d'identifications morphologiques de <i>Sergentomyia africana</i> : (A) Génitalia mâle; B. Spermathèque de femelle;D.Cibarium de femelle. (Faraj & Himmi, 2020).	108

Figure 48: Critères d'identifications morphologiques de <i>Sergentomyia dreyfussi</i> : A .Génitalia mâle; B.Pharynx de femelle; C.Cibarium de femelle; D. Spermathèque. (Photo personnelles).....	109
Figure 49: Critères d'identifications morphologiques de <i>Sergentomyia clyde</i> : A ,B . Génitalia mâle; C. Cibarium de femelle; D. Spermathèque. (Photo personnelles).....	110
Figure 50: Critères d'identifications morphologiques de <i>Sergentomyia christophersi</i> : A,B. Génitalia mâle; C. Cibarium de femelle; D. Spermathèque. (Faraj & Himmi, 2020).....	111
Figure 51: Distribution spatiale des phlébotomes collectés au niveau de la Province de Zagora pendant la période d'Avril à Octobre 2019	119
Figure 52: Nombre de phlébotomes par piège dans les différents villages (Intradomestique, Péridomestique).....	120
Figure 53: Nombre de phlébotomes par espèce dans les différents milieux	120
Figure 54: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Ifred.	121
Figure 55: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Ait Ali Ouassou.....	122
Figure 56: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Timarighine.	122
Figure 57: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Tasla.	123
Figure 58: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Tassaouante.	124
Figure 59: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Ksar Mougni.	124
Figure 60: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Touna Niaraaben.	125
Figure 61: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Zaouite Leftah.	126
Figure 62: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Zaouit Sidi Saleh.	126
Figure 63: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Bleida.	127
Figure 64: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Timtig.....	128
Figure 65: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Ait Oulahyane.	128
Figure 66: Etude de la dynamique de la faune phlébotomienne de Zagora pendant la période de Mai à Octobre 2019.....	132
Figure 67: Fluctuations saisonnières des phlébotomes dans les localités de Tasla et Ifred. ..	134

Figure 68: Fluctuations saisonnières des phlébotomes dans les localités de Timarighine et Tassaouante.	135
Figure 69: Fluctuations saisonnières des phlébotomes dans les localités de Ait Ali Ou hassou et Zaouite Leftah.	136
Figure 70: Fluctuations saisonnières des phlébotomes dans les localités de Zaouit Sidi Saleh et Ksar Mougni.	137
Figure 71: Fluctuations saisonnières des phlébotomes dans les localités de Touna Niaraben et Bleida.	138
Figure 72: Fluctuations saisonnières des phlébotomes dans les localités de Timtig et Ait Oulahyane.	139
Figure 73: Abondance des phlébotomes de la province de Zagora (2019).....	145
Figure 74: Distribution mensuelle de l'abondance relative des phlébotomes de la Province de Zagora en 2019 (de Janvier à Octobre)	146
Figure 75: Fluctuation saisonnière des phlébotomes, (A : genre <i>Phlebotomus</i> , B : genre <i>Sergentomyia</i>) collectés de différentes localités de la Province de Zamora durant l'année 2019.	147
Figure 76: Diagramme ombrothermique de la province de Zagora (2004-2020).....	151
Figure 77: Effet de la température moyenne mensuelle sur l'abondance des phlébotomes. .	152
Figure 78: Effet des Précipitations mensuelles sur l'abondance des phlébotomes de la Province de Zagora.....	152
Figure 79: Analyse factorielle des correspondances espèce/station.....	159

Liste des Tableaux

Tableau 1: Espèces de <i>Leishmania</i>	10
Tableau 2: classification de <i>leishmania</i> selon l'espèce.	14
Tableau 3: Distribution des espèces dans les différentes régions du Maroc (Zouirech,2016). 33	
Tableau 4: Les phlébotomes du Maroc (Faraj & Himmi, 2020).	34
Tableau 5: Réservoirs des leishmanies au Maroc (OMS, 2010).	35
Tableau 6: Températures moyennes mensuelles de MODIS 2004/2020.	41
Tableau 7: Moyenne mensuelle des précipitations de CHIRPS 2004/2020	42
Tableau 8: Humidité relative (HR%) de la région de Zagora pour la période de 2017à 2019. 43	
Tableau 9: Classification climatique en fonction de l'échelle de Martonne.	46
Tableau 10: Indice d'aridité de la région de Zagora pour les années 2004-2020.	46
Tableau 11: Classification climatique en fonction de l'échelle de Martonne	46
Tableau 12: Caractéristiques bioclimatiques des stations étudiées.	47
Tableau 13: caractéristique des sites choisis dans la région d'étude.....	51
Tableau 14: Abondance des cas des LC dans la province de Zagora (1997 à 2018).	75
Tableau 15: Variation annuelle de l'incidence des cas de LC durant la période d'étude (1997-2018).....	77
Tableau 16: Nombre de cas de LC dans les communes de Zagora Entre octobre 2017 et mars 2018.	78
Tableau 17: Incidence annuelle de la LCZ dans les localités étudiées dans la province de Zagora (2018).	79
Tableau 18: Inventaire systématique des dix-huit espèces de phlébotomes, regroupées en deux genres et sept sous-genres des différentes stations de la Province de Zagora.....	86
Tableau 19: Inventaire systematique des phlebotomes collectes dans les douze villages.	115
Tableau 20: Abondances des genres et sous-genre de phlébotomes récoltés au niveau des différentes localité de la zone d'étude, Province de Zagora.	116

Tableau 21: Population (Totale) et abondance (AB%) des espèces de phlébotomes dans les douze villages étudiés (TA : Abondance totale, SR :Sex-Ratio : ,FR :Fréquence relative%) 118

Tableau 22: Sex ratio (mâles/femelles) des espèces collectées..... 148

Tableau 23: Fréquence d'occurrence et distribution des espèces de phlébotomes dans la zone d'étude 149

Tableau 24: Richesse totale (s), indice de diversité de Shannon et Simpson, (E), équipartition des peuplements. 150

Tableau 25: Les coefficients de corrélations entre les espèces et les paramètres géographiques et climatiques..... 155

Tableau 26: Caractéristiques descriptives des villages choisis dans la région d'étude..... 157

Table des matières

<i>Dédicaces</i>	I
<i>Remerciements</i>	II
<i>Résumé</i>	IV
Abstract	V
Liste des abréviations	VI
Liste des figures	VII
Liste des Tableaux	XII
Table des matières	XIV
Introduction générale	1
Partie 1 :	6
Synthèse bibliographique	6
Chapitre I : Les leishmanioses	7
1. Les leishmanioses	8
1.1. Généralités et Historique	8
1.2. Agent pathogène :le parasite Leishmania	9
1.2.1. Taxonomie	9
1.2.2. Morphologie et cycle évolutif des leishmanies	10
1.2.3. Diagnostic de Leishmania sp	12
1.2.4. Distribution géographique des leishmanioses	12
Chapitre II: Les phlébotomes	16
1. Généralités	17
2. Morphologie	18
3. Cycle de vie des phlébotomes	21
3.1. L'œuf	22
3.2. La larve	22
3.3. La nymphe	23
3.4. L'imago	23

4. Ecologie et comportement des phlébotomes.....	23
5. Distribution géographique des phlébotomes.....	24
6. Préférence trophique des phlébotomes.....	25
7. Locomotion	26
8. L'activité de phlébotomes	26
8.1. L'activité journalière	26
8.2. L'activité saisonnière	26
8.3. Impact des conditions météorologiques sur l'activité	27
9. Statut du parasite Leishmania au Maroc	28
9.1. Leishmaniose cutanée à <i>L. major</i>	29
9.2. Leishmaniose cutanée à <i>L. tropica</i>	30
9.3. Leishmaniose à <i>L. infantum</i>	30
10. Les phlébotomes au Maroc	31
.10.1 Liste des phlébotomes du Maroc.....	33
11. Réservoirs.....	34
Partie 2 :	36
Milieu, Matériel et méthodes.....	36
Chapitre I : Milieu physique, biotique et humain.....	37
1. Zone d'étude	38
2. Géologie de la région d'étude	39
3. Climat	40
3.1. La température	40
3.2. Les précipitations	42
3.3. L'humidité relative.....	42
3.4. Vents	43
3.5. Évaporation.....	43
3.6. Les indices climatiques.....	43
3.6.1. Détermination de la période sèche	43

3.6.2.	Indice d'aridité de De Martonne.....	45
3.6.3.	Détermination de l'étage bioclimatique.....	47
4.	Pédologie.....	48
5.	Hydrologie.....	48
6.	Végétation.....	49
7.	La faune de la région de Zagora.....	49
8.	Les stations d'études des phlébotomes.....	49
8.1.	Localité d'Ait ouallal.....	51
8.2.	Localité de N'Kob.....	52
8.3.	Localité de Taftechna.....	53
8.4.	Localité de Tansifte.....	54
8.5.	Localité de Bouzeroual.....	55
8.6.	Localité de Bleida.....	55
8.7.	Localité de Errouha.....	56
8.8.	Localité de Tagounite.....	57
8.9.	Localité de Tamegroute.....	57
8.10.	Localité de Taghbalat.....	58
Chapitre II : Matériel et méthodes.....		60
1.	Technique de capture des phlébotomes.....	61
1.1.	Les pièges lumineux.....	61
1.2.	Les pièges adhésifs.....	63
2.	Etude des phlébotomes au laboratoire.....	64
2.1.	Conservation des phlébotomes.....	64
2.2.	Technique de la préparation des lames.....	64
2.2.1.	Éclaircissement.....	64
2.2.2.	Montage.....	65
2.2.2.1.	Montage dans la gomme au chloral.....	65
2.2.2.2.	Montage dans le baume de Canada.....	65

2.2.3.	Dissection des phlébotomes.....	66
2.2.4.	Identification des spécimens	66
2.2.5.	Analyses des données entomologiques	67
2.2.5.1.	<i>Abondance relative</i>	67
2.2.5.2.	<i>Sex-ratio</i>	67
2.2.5.3.	<i>La densité des phlébotomes</i>	67
2.2.5.4.	<i>Richesse spécifique</i>	68
2.2.5.5.	<i>Fréquence d'occurrence</i>	68
2.2.5.6.	<i>L'indice de Simpson</i>	69
2.2.5.7.	<i>L'indice de diversité de Shannon-Wiener</i>	69
2.2.5.8.	<i>Equitabilité</i>	69
2.2.6.	Analyse statistique	70
2.2.6.1.	<i>Analyse en Composantes Principales (ACP)</i>	70
Partie 3 :	.....	71
Résultats et discussions	.....	71
Chapitre I :Etude épidémiologique des leishmanioses dans la Province de Zagora	.....	73
Résumé	.....	74
1. Introduction	.....	75
2. Résultats	.....	75
2.1. Caractéristiques liées à la maladie des leishmanioses	.....	75
2.1.1. Abondance des leishmanioses	.....	75
2.2. Répartition temporelle des leishmanioses	.....	76
2.2.1. Répartition annuelle des cas des leishmanioses	.....	76
2.2.2. Incidence annuelle	.....	77
2.3. Répartition spatiale des cas des leishmanioses	.....	77
2.3.1. Répartition des cas des leishmanioses cutanées selon les communes	.....	77
2.3.2. Répartition spatiale de l'incidence de la LCZ dans les communes rurales de Zagora	79	

2.3.3. Répartition spatiale des cas de leishmaniose cutanée dans les localités de Zagora	80
3. Discussion	80
Conclusion	83
Chapitre II : Taxonomie, répartition géographique et intérêt médical des espèces de phlébotomes collectées dans la province de Zagora	84
Résumé	85
1. Résultats	86
1.1. Inventaire taxonomique des phlébotomes	86
1.2. Monographie des phlébotomes collectés	87
1.2.1. Genre <i>Phlebotomus</i> Rondani et Berte, 1840	87
1.2.1.1. Sous-genre <i>Phlebotomus Rodani et Berte, 1840</i>	87
1.2.1.2. Sous-genre <i>Paraphlebotomus Theodor, 1948</i>	91
1.2.1.3. Sous-genre <i>Larroussius Nitzulescu 1931</i>	97
1.2.2. Genre <i>Sergentomyia</i>	101
1.2.2.1. Sous-genre <i>Sergentomyia</i>	101
1.2.2.2. Sous-genre <i>Parrotomyia</i>	107
1.2.2.3. Sous-genre <i>Grassomyia</i>	108
1.2.2.4. Sous-genre <i>Sintonius</i>	110
Conclusion partielle	112
Chapitre III : Etude de la distribution géographique des phlébotomes dans la Province Zagora	113
Résumé	114
1. Résultats	115
1.1. Composition de la population étudiée	115
1.2. Fréquence des phlébotomes de la population étudiée selon le genre	115
1.3. Abondance et étude de la distribution spatiale des espèces	117
1.3.1. Distribution des phlébotomes selon le type de biotope	119
1.3.2. Répartition spatiale des phlébotomes dans la région de l'étude par localité	120
2. Discussion	129

Chapitre IV: Etude de la dynamique saisonnière des vecteurs potentiels des leishmanioses au niveau de la Province Zagora	130
Résumé	131
1. Résultats	132
1.1. Caractéristiques de la population étudiée	132
1.1.1. Effectif des phlébotomes et densité des phlébotomes	132
2. Discussion	139
Chapitre V : Etude de l'impact des facteurs écologiques sur la répartition spatio-temporelle des phlébotomes au niveau de la Province Zagora.....	142
Résumé	143
1. Introduction	144
2. Résultats	144
2.1. Distribution mensuelle de l'abondance relative des phlébotomes dans la Province de Zagora	144
2.2. Etude des fluctuations saisonnières des phlébotomes	146
2.2.1. Etude des fluctuations saisonnières du genre <i>Phlebotomus</i>	146
2.2.2. Comportement du peuplement phlébotomien et indices écologiques	148
2.3. Effet des paramètres climatiques sur la distribution des phlébotomes de la Province de Zagora	151
2.3.1. Diagramme ombrothermique de la Province de Zagora	151
2.3.2. Effet des paramètres bioclimatiques sur l'évolution temporelle des phlébotomes	151
2.4. Analyse statistique de l'impact des facteurs abiotiques	153
2.4.1. Analyse en composantes principales	153
2.4.2. Graphe des corrélations	153
2.4.3. Graphe des localisations.....	156
2.5. Biotypologie des Phlébotomes de la région d'étude.....	156
2.5.1. Les analyses factorielles des correspondances (A.F.C.) appliquées aux différences entre les abondances relatives des espèces dans les localités enquêtées	156
3. Discussion	160

Conclusion, perspectives et recommandations	163
Références bibliographiques	166
Listes d'annexes.....	184
Liste des articles publiés	190



Introduction générale

Les leishmanioses représentent un problème majeur de santé. Ce sont des maladies vectorielles dues à un protozoaire flagellé du genre *Leishmania* appartenant à la famille des trypanosomatidae et qui affecte une variété de populations humaines et animales à travers le monde. L'épidémiologie des leishmanioses est très complexe: 20 espèces de *Leishmania* sont pathogènes à l'homme et 30 espèces de phlébotomes sont des vecteurs prouvés (Parrot, 1941). Elles peuvent être à l'origine d'atteintes muqueuses, ou bien de lésions cutanées qui se résorbent d'elles mêmes, ou encore des formes viscérales mortelles sans traitement.

Plus de 800 espèces de phlébotomes sont actuellement décrites à travers le monde. Parmi elles, environ 10 % ont été incriminées comme vecteur des leishmanioses. Cependant, le rôle vecteur a été confirmé seulement pour une trentaine d'espèces (Lane, 1993; Bates, 2007). Les maladies à transmission vectorielle sont très sensibles aux conditions environnementales. Plusieurs facteurs sont impliqués dans leur répartition géographique à savoir les conditions climatiques, bioécologiques qui aboutissent à la modification de l'écosystème et par voie de conséquence la migration des vecteurs et donc, la leishmaniose (Desjeux, 2001). Les équilibres entre les facteurs écologiques du milieu et les hôtes assurent la permanence du cycle épidémiologique (Palvosky, 1966). Le cycle parasitaire est lié essentiellement à la présence du phlébotome, il constitue l'élément focal. L'importance médicale des phlébotomes vient du fait que toutes les formes des leishmanioses sont transmises par leurs piqûres. Chaque espèce se caractérise par son aire d'extension en comparant avec celui des autres espèces et parfois dans certaines régions ces aires se superposent.

Ces parasitoses sont répandues sur tous les continents à l'exception de l'Océanie, elles sont endémiques dans les régions tropicales et subtropicales du globe, 88 pays sont touchés (66 pays dans l'Ancien Monde (Sud de l'Europe, Afrique, Proche-Orient et Asie) et 22 dans le Nouveau Monde (Amériques du Sud et Amérique centrale) (Desjeux, 2001). Les leishmanioses sont classées comme la deuxième cause de morbidité et de mortalité parasitaire après le paludisme. La prévalence mondiale est estimée à 12 millions de cas humains, avec une incidence annuelle de 1,5 à 2 millions de nouveaux cas et 350 millions de personnes seraient exposées au risque (Desjeux, 1996; OMS, 2010).

Le Maroc est considéré parmi les pays les plus menacés en Afrique du Nord par le fléau de leishmaniose. Le climat du Maroc est méditerranéen, caractérisé surtout par un été chaud et sec et un hiver doux et pluvieux. Cette alternance climatique saisonnière constitue, dans certaines régions du pays, un terrain favorable pour les maladies à transmission

vectorielle. Il est considéré parmi les pays d'Afrique du Nord menacés par le fléau des leishmanioses. Le Maroc, comme tous les pays du bassin méditerranéen, est touchée par les leishmanioses avec une prévalence qui varie d'une région à une autre. Le premier cas de leishmaniose cutanée due à *Leishmania. tropica* a été identifié en France en 1987 chez un enfant marocain ayant séjourné à Tanant dans la Province d'Azilal (Marty et al., 1987). Le premier cas marocain de la leishmaniose cutanée (LC) à *L. infantum* a été dépisté, dans le Rif central à Taounate (Rioux et al., 1996). La situation épidémique n'a pris de l'ampleur qu'au début des années 90 avec des flambés de foyers (Smimou, Alnif, Taza, Tanant, etc.) et l'aggravation de l'incidence (Rhajaoui et al., 2009).

Pour mieux cerner ce problème sanitaire, le Maroc a adhéré au programme de la lutte instauré par l'OMS et par la suite la leishmaniose est devenue une maladie à déclaration obligatoire depuis 1995 (arrêté ministériel n° 683-95 du 31 Mars 1995). A partir de cette date, le Ministère de la Santé du Maroc a pris en charge cette pathologie par l'intégration du programme de la lutte contre les leishmanioses dans les activités sanitaires.

Les leishmanioses sont représentées sous différentes formes et elles sont endémiques dans de nombreuses régions au Maroc (Faraj et al., 2012).

- La forme cutanée anthroponotique (LCA) dont le vecteur est *Phlebotomus. sergenti* est hypoendémique dans le centre s'étendant aux zones semi-arides sous forme d'un macro-foyer, allant des plateaux du Tadla jusqu'Agadir en passant par le Haut Atlas (Azilal, Beni Mellal, El Kelaa, Chichaoua, Essaouira et Marrakech) ;
- La forme cutanée zoonotique (LCZ) dont le vecteur est *Ph. papatasi* évolue sous forme des petites épidémies localisées, dans un macro-foyer de la côte Atlantique au Sud de l'Anti-Atlas jusqu'à Oujda en passant par les zones sahariennes au Sud du Haut et de l'Anti-Atlas et à l'Est du Moyen-Atlas;
- La forme viscérale (LV) dont les vecteurs incriminés sont *Ph. longicuspis*, *Ph. perniciosus* et *Ph. ariasi*, sévit sous un état hypo-endémique dans le Nord et les régions du Rif et du pré-Rif (Tétouan, Nador, Al Hoceima, Taza, Taounate, Fès, et Meknès).

La connaissance des foyers de leishmanioses et de la transmission nécessite des approches intégrant d'une part, la caractérisation des parasites, l'identification des réservoirs et des hôtes et d'autre part l'étude des phlébotomes. En effet, l'identification de/ou des espèces vectrices, leur distribution, leur dynamique, leur écologie, leur habitat, leurs préférences trophiques et

bien sûr leur capacité vectorielle sont indispensables pour comprendre comment se déroule la transmission.

Des épidémies majeures se sont produites récemment, selon le Programme national de lutte contre la leishmaniose (PNLL) ; 53193 cas de LC ont été signalés entre 2008 et 2017 à l'échelle nationale. LCZ et LCA représentent respectivement 56% et 44% des cas enregistrés (MMPH ,2019). En 2018, le PNLL rapportait 8901 et 2909 cas causés respectivement par *L. major* et *L. tropica* (Bouhout et al ;2018). Plus de 80 % des cas de LCZ signalés sont regroupés dans la région de Deraa Tafilalt au sud-est du pays composé de cinq provinces (Errachidia, Tinghir, Midelt, Zagora et Ouarzazate). Parmi les 8901 cas recensés en 2018, 5675 cas (64%) ont été diagnostiqués dans la province de Zagora, située au sud de la région (El Alem et al ;2018).

Le choix de la région de Zagora comme zone d'étude se justifie par: la situation épidémique de la région, considérée comme le principal foyer de la maladie et la vulnérabilité de cette région à la propagation des maladies à transmission vectorielle en général. Différents facteurs contribuent à cette situation: le type de sol, la végétation, les conditions climatiques, les activités humaines particulièrement celles liées à l'utilisation des terres et aux pratiques agricoles, qui influencent les conditions environnementales et augmentent ainsi le degré de vulnérabilité de cette région. La lutte antivectorielle reste un élément clé de nombreux programmes de lutte contre la leishmaniose. Plus précisément, les pulvérisations intérieures à effet rémanent et les moustiquaires imprégnées d'insecticide sont actuellement au premier plan comme mesures de lutte contre les maladies. Au niveau de Zagora, pour contribuer au renforcement du programme de la lutte contre les leishmanioses, il a été jugé important de mener des études éco-entomologiques au niveau des principaux foyers de la Province.

C'est dans ce cadre que s'inscrit l'objectif général de notre étude intitulé : « **Contribution à l'étude de l'écologie des vecteurs des leishmanioses au sud du Maroc** ». Ainsi, nous avons proposé de réaliser en premier temps une étude rétrospective des cas des leishmanioses recensés au niveau de la Province de Zagora durant la période de 1997 à 2018 afin de mieux comprendre la situation et le profil épidémiologique de cette zone. En deuxième temps nous avons entrepris une enquête éco-entomologique au niveau de différentes localités de la province afin de dresser un inventaire de la faune phlébotomienne et d'étudier l'activité spatio-temporelle, la dynamique ainsi que la relation entre les différentes

espèces de phlébotomes et les facteurs environnementaux. Afin de répondre à ces objectifs, nous avons répartis notre thèse en trois parties :

- La première partie présente une synthèse bibliographique sur les leishmanioses et leurs vecteurs « les phlébotomes » ;
- La deuxième partie présente les matériels et méthodes adoptés pour la réalisation de ces études. Cette partie est répartie en deux grands chapitres :
 - ✓ Chapitre I : Présentation du milieu d'étude, les caractéristiques physiques, abiotiques et humaines.
 - ✓ Chapitre II : Exposé des matériels et des méthodes utilisés afin d'accomplir ce travail.
- La troisième partie est consacrée à la présentation des résultats et discussions des différentes études réalisées . Cette partie est répartie en cinq grands chapitres :
 - ✓ Le premier chapitre concerne une étude rétrospective épidémiologique sur les leishmanioses dans la province de Zagora.
 - ✓ Le deuxième chapitre présente la liste des espèces de phlébotomes identifiées dans la région d'étude tout en élaborant un Atlas détaillé pour chacune d'entre elles..
 - ✓ Le troisième chapitre décrit le suivi de la dynamique des peuplements phlébotomiens dans différentes localités de Zagora durant 2019.
 - ✓ Le quatrième chapitre présente une analyse de la répartition spatio-temporelle des espèces de phlébotomes les plus représentées en fonction de quelques facteurs climatiques et environnementaux.
 - ✓ Le cinquième chapitre a pour but d'étudier les facteurs écologiques et leurs impacts sur la dynamique des phlébotomes de la province de Zagora durant l'année 2019.

Enfin, une synthèse globale discute ce qu'apportent ces recherches en matière de lutte contre les leishmanioses et une conclusion générale mettant l'accent sur les perspectives et les travaux qui restent à réaliser. Les résultats de ces recherches seront présentés sous la forme de trois publications dont ils ont fait l'objet.



Partie 1 :
Synthèse bibliographique

Chapitre I : Les leishmanioses

1. Les leishmanioses

La leishmaniose est une infection parasitaire causée par des protozoaires intracellulaires obligatoires du genre *Leishmania*, généralement transmise par la piqûre de diverses espèces de phlébotomes. La manifestation clinique de l'infection à *Leishmania* varie d'une lésion cutanée chronique (LC), à une membrane muqueuse érosive avec destruction progressive du nasopharynx et une défiguration faciale sévère au cours de la leishmaniose cutanéomuqueuse (MCL), et à une infection systémique menaçant le pronostic vital avec hépato-splénomégalie au cours de la leishmaniose viscérale (LV). Dans la leishmaniose zoonotique, les hôtes réservoirs sont des animaux sauvages ou domestiques, tandis que dans la leishmaniose anthroponotique, l'hôte réservoir est l'homme (Dedet, 2009). Elle est actuellement considérée comme une parasitose opportuniste à part entière vu sa fréquence et sa gravité chez les sidéens (Pratlong et al., 1997). La pathologie induite dépend d'une interaction complexe entre l'espèce infectante de *Leishmania*, le statut génétique et immunologique de l'hôte, le changement climatique et/ou l'adaptation des parasites à un environnement changeant.

1.1. Généralités et Historique

La leishmaniose cutanée est l'une des maladies parasitaires décrites dans l'ancien et le nouveau monde, des cas de personnes atteintes ayant été notés depuis l'Antiquité. En 1900, William Leishman découvrit des corps ovoïdes incriminés dans la leishmaniose viscérale dans des frottis de la rate d'un soldat mort en Inde, qui souffrait de fièvre, anémie, atrophie musculaire et de gonflement de la rate. Leishman a décrit cette maladie comme «fièvre dum dum» et a publié ses découvertes en 1903 (Jarry, 1999). Charles Donovan a également reconnu ces symptômes chez d'autres patients kala-azar et a publié sa découverte quelques semaines après Leishman et il a trouvé les mêmes résultats que Leishman. Ces résultats ont été connus plus tard sous le nom de Leishman-Donovan. En 1920, le rôle du phlébotome a été prouvé comme vecteur du parasite *Leishmania*, lorsque les deux scientifiques français frères Edmond Sergent et Étienne Sergent, ont pu mener une expérience qui a prouvé le rôle des phlébotomes dans la transmission du parasite *Leishmania* à l'être humain, et cela a été prouvé de manière concluante par le parasitologue britannique Saul Adler. En 1941 lorsqu'il a infecté avec succès cinq volontaires avec des phlébotomes infectés expérimentalement par *L. tropica* en laboratoire (Dedet, 2006). Au Maroc, la première signalisation de leishmaniose infantile a été faite par Remlinger en (1913). D'autres observations ont été rapportées à Meknès, Ouazzane et kalaat Sraghna (El Jaoudi, 2000 ; El Ouardi, 2002). À partir de 1955, les

leishmanioses sont devenues des maladies à déclaration obligatoire ce qui a contribué à une meilleure connaissance de leur profil épidémiologique à l'échelle nationale (Dedet, 2001). La transmission de la leishmaniose est sensible aux conditions environnementales et climatiques. L'un des facteurs les plus importants dans la propagation de la leishmaniose sont les changements différents paramètres à savoir, la température, les précipitations, la vitesse de vent et l'humidité. Ces facteurs climatiques ont des impacts importants sur le développement et la distribution des vecteurs et des réservoirs. Même de modifications de la température avoir un effet sur le cycle de développement des promastigotes de *Leishmania* dans les phlébotomes.

1.2. Agent pathogène : le parasite *Leishmania*

1.2.1. Taxonomie

Les leishmanies constituent des protozoaires du genre *Leishmania* (Ross., 1903). Ils présentent au cours de leur cycle, deux stades évolutifs distincts: le stade promastigote dans le tube digestif du phlébotome et le stade amastigote intracellulaire chez l'hôte vertébré. Ils se multiplient aux deux stades par division binaire simple (Dedet, 2009). La position de ce genre dans la classification de Levine et al (1980) :

- ❖ Règne : Protista Haeckel, 1866
- ❖ Embranchement : Sarcostigophora Honigberg et Balamuth, 1963
- ❖ Classe : Zoomastigophorea Calkins, 1909
- ❖ Ordre: Kinetoplastida Honigberg, 1963 emend. Vickerman, 1976
- ❖ Famille : Trypanosomatidae Doflein, 1901 emend. Grobden, 1905
- ❖ Genre: *Leishmania* Ross, 1903

Une nouvelle classification a été élaborée par Adl *et al.*, (2005) en se basant sur l'étude de l'ultrastructure de Levine et al., (1980), ainsi que des études moléculaires phylogénétiques:

- ❖ Ordre : Euglenozoa Cavalier-Smith, 1981, emend. Simpson, 1997;
- ❖ Sous-ordre : Kinetoplastea Honigberg, 1963;
- ❖ Famille: Metakinetoplastina Vickerman in Moreira, Lopez-Garcia, and Vickerman, 2004;
- ❖ Genre: *Leishmania*

Les deux types de *Leishmania* sont *Leishmania* et *Phlebotomus* selon l'évolution du parasite chez le phlébotome. Le sous-type *Leishmania* ne se développe que dans certaines parties du tube digestif chez les vecteurs normaux, en amont de la porte à la jonction de l'intestin moyen

(mésentère) et de l'intestin postérieur, alors que le sous-génome-gène *Viana* est présent dans les deux. L'intestin moyen et l'intestin postérieur. Ces parasites existent chez plusieurs espèces, et sont à l'origine de manifestations cliniques qui vont de lésions cutanées résolutives à des infections viscérales mortelles en passant par des exacerbations inflammatoires entraînant des défigurations sévères. Selon la similitude biochimique entre des enzymes similaires, les espèces de *Leishmania* sont regroupées en complexes (Tableau 1).

Tableau 1: Espèces de *Leishmania*

Sous-genre	Complexe	Espèce	Localité
<i>Leishmania</i> (Ross, 1903)	<i>L. donovani</i>	<i>L. donovani</i> (Laveran et Mesnil, 1903)	Inde, Chine, Bangladesh
		<i>L. archibaldi</i> (Castellani et Chalmers, 1919)	Soudan, Ethiopie, Centre Nord de l'Asie, Nord-Ouest de la Chine,
	<i>L. infantum</i>	<i>L. infantum</i> (Nicolle, 1908)	Moyen-Orient, Sud de l'Europe, Nord-Ouest de l'Afrique
		<i>L. chagasi</i> (Cunha et Chagas, 1937)	Amérique du Sud et Centrale
	<i>L. tropica</i>	<i>L. tropica</i> (Wright, 1903)	Milieus urbains du Moyen-Orient et l'Inde
		<i>L. killicki</i> (Rioux, Lanotte et Pratlong, 1986)	Tunisie
	<i>L. major</i>	<i>L. major</i>	Afrique, Moyen-Orient, Asie soviétique
	<i>L. gerbilli</i>	<i>L. gerbilli</i> (Wang, Qu et Guan, 1973)	Chine, Mongolie
	<i>L. arabia</i>	<i>L. arabica</i> (Peters, Elbihari et Evans, 1986)	Arabie Saoudite
	<i>L. aethiopica</i>	<i>L. aethiopica</i> (Bray, Ashford et Bray, 1973)	Ethiopie, Kenya
	<i>L. mexicana</i>	<i>L. mexicana</i> (Biagi, 1953)	Mexique, Belize, Guatemala, centre Sud des Etats-Unis
		<i>L. amazonensis</i> (Lainson et Shaw, 1972)	Bassin Amazonien, Brésil
		<i>L. venezuelensis</i> (Bonfante-Garrido, 1980)	Venezuela
	<i>L. enrietti</i>	<i>L. enrietti</i> (Muniz et Medina, 1948)	Brésil
<i>L. hertigi</i>	<i>L. hertigi</i> (Herrer, 1971)	Panama, Costa Rica	
	<i>L. deanei</i> (Lainson et Shaw, 1977)	Brésil	
<i>Viannia</i>	<i>L. braziliensis</i>	<i>L. braziliensis</i> (Viannia, 1911)	Brésil
		<i>L. peruviana</i> (Velez, 1913)	Ouest des Andes
	<i>L. guyanensis</i>	<i>L. guyanensis</i> (Floch, 1954)	Guyane Française, Guyane, Surinam
		<i>L. panamensis</i> (Lainson et Shaw, 1972)	Panam, Costa Rica

(d'après Roberts et Janovy, 2000 in Forget, 2004)

1.2.2. Morphologie et cycle évolutif des leishmanies

Les *Leishmania* se présentent chez leurs hôtes sous deux stades morphologiques distincts : les amastigotes et les promastigotes. Le parasite a un cycle de vie dimorphique qui nécessite deux hôtes, l'insecte phlébotome et un mammifère. Le cycle évolutif de *Leishmania* correspond au passage alterné du vecteur (stade promastigote) et au vertébré (stade amastigote) (Figure 2). Les promastigotes métacycliques, virulents, sont inoculés dans la peau des sujets à l'occasion de la piqûre du phlébotome. La multiplication intracellulaire des amastigotes reste en général localisée aux macrophages et aux cellules dendritiques du site d'inoculation, aboutissant au développement d'une lésion cutanée localisée. Dans d'autres cas, les parasites diffusent à l'ensemble des organes du système des phagocytes mononuclés, donnant lieu à la leishmaniose viscérale. Plus rarement, les parasites peuvent être transportés aux ganglions lymphatiques drainants et diffusés à d'autres sites cutanés comme pour la Leishmaniose Cutanée Diffuse (LCD). Cette éventualité rare en général est liée à un défaut de l'immunité cellulaire de l'hôte. Le cycle est achevé quand une autre femelle de phlébotome vient prendre un repas de sang sur un mammifère hôte infecté et absorbe avec le sang; des phagocytes contenant des parasites de *leishmania*. Dans le tube digestif de l'insecte, les parasites se transforment à nouveau en promastigotes. Après la phase d'incubation (12h à 18h) les promastigotes se multiplient et migrent vers les glandes salivaires et la trompe en attendant un nouveau repas sanguin (Schuster et al., 2002).

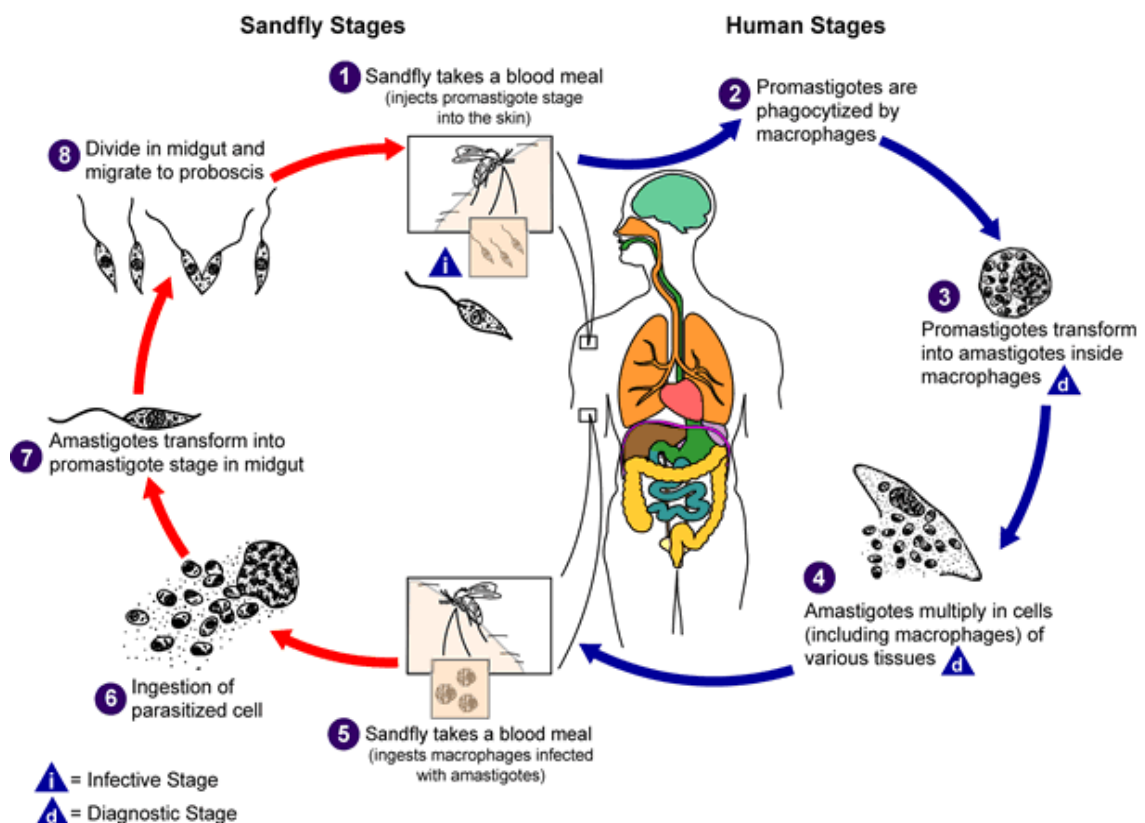


Figure 1: Cycle de vie du parasite *Leishmania*

(www.dpd.cdc.gov/dpdx)

Le phlébotome (1) injecte les promastigotes (formes infectantes) durant le repas sanguin. (2) Les promastigotes sont phagocytés par les macrophages (3) et se transforment en amastigotes. (4) Les amastigotes se multiplient dans les cellules infectées et infectent différents tissus, en fonction (en partie) de l'espèce de leishmanie. Ceci est à l'origine des différentes manifestations cliniques des leishmaniasis. (5, 6) Le phlébotome s'infecte en prenant un repas sanguin sur un hôte infecté (il ingère les macrophages infectés par des amastigotes). (7) Dans l'intestin du phlébotome, le parasite se différencie en promastigotes, (8) qui se multiplient et migrent vers les glandes salivaires et les trompes.



Figure 2: (A) Forme promastigote ; (B) Forme amastigote (Ajaoud, 2015).

1.2.3. Diagnostic de *Leishmania* sp

Impossibles de différencier les leishmanies par leur morphologie, les *Leishmania* ont nécessité pour leur identification l'utilisation de critères extrinsèques (manifestations cliniques, distribution géographique, nature de l'hôte et cycle épidémiologique), puis de critères intrinsèques (dimension, fonction, structure moléculaire). Les frottis sanguins sont une technique simple, directe et pratique de la détection des parasites par l'examen d'un frottis sanguin coloré au Giemsa sous le microscope photonique. Les leishmanies au stade amastigote s'observent dans les macrophages des lamelles examinées à travers le cytoplasme bleu avec un noyau rosé et kinétoplaste (Schuster et al., 2002). Une autre méthode de diagnostic, le test d'anticorps Immuno-Fluorescence Indirecte (IFI), qui sert à identifier les anticorps polyvalents contre les *Leishmania*. La PCR, la technique la plus rapide en termes de spécificité et de sensibilité pour la détection de l'ADN de *Leishmania*. Des recherches (Roura et al., 1999 et Fisa et al., 2001 ; Lachaud et al., 2001) ont mis au point une nouvelle technique PCR en temps réel qui garantissent encore plus la réalisation des mesures très spécifiques de l'ADN spécifiques de *Leishmania* spp. (Francino et al., 2006).

1.2.4. Distribution géographique des leishmanioses

La leishmaniose est une maladie globale et existe sous ses diverses formes (VL, CL, MCL et DCL) sur tous les continents à l'exception de l'Australie et de l'Antarctique, reparti

sur 88 pays:16 pays développés au Nouveau Monde (Amérique du Nord, du Sud et Centrale)et 72 pays appartiennent a l’Ancien Monde (sud de l’Europe, Afrique, Proche-Orient et Asie) et il y a environ 350 millions de personnes à risque de leishmaniose dans ces régions. Les pays tropicaux et subtropicaux sont les plus touchés par cette maladie(Figure 3). Chaque année,90% des cas de LC surviennent en Afghanistan, en Algérie, au Brésil, en Iran, au Pérou et en Arabie saoudite, tandis que 90% des cas de LV surviennent au Bangladesh, en Inde, au Népal, Soudan et Brésil.Quatre-vingt-dix pour cent des MCL se trouvent en Amérique centrale et du Sud, en Bolivie, au Pérou et au Brésil, et en Afrique de l’Est. (Bhattari et al., 2012)(Figure 4).

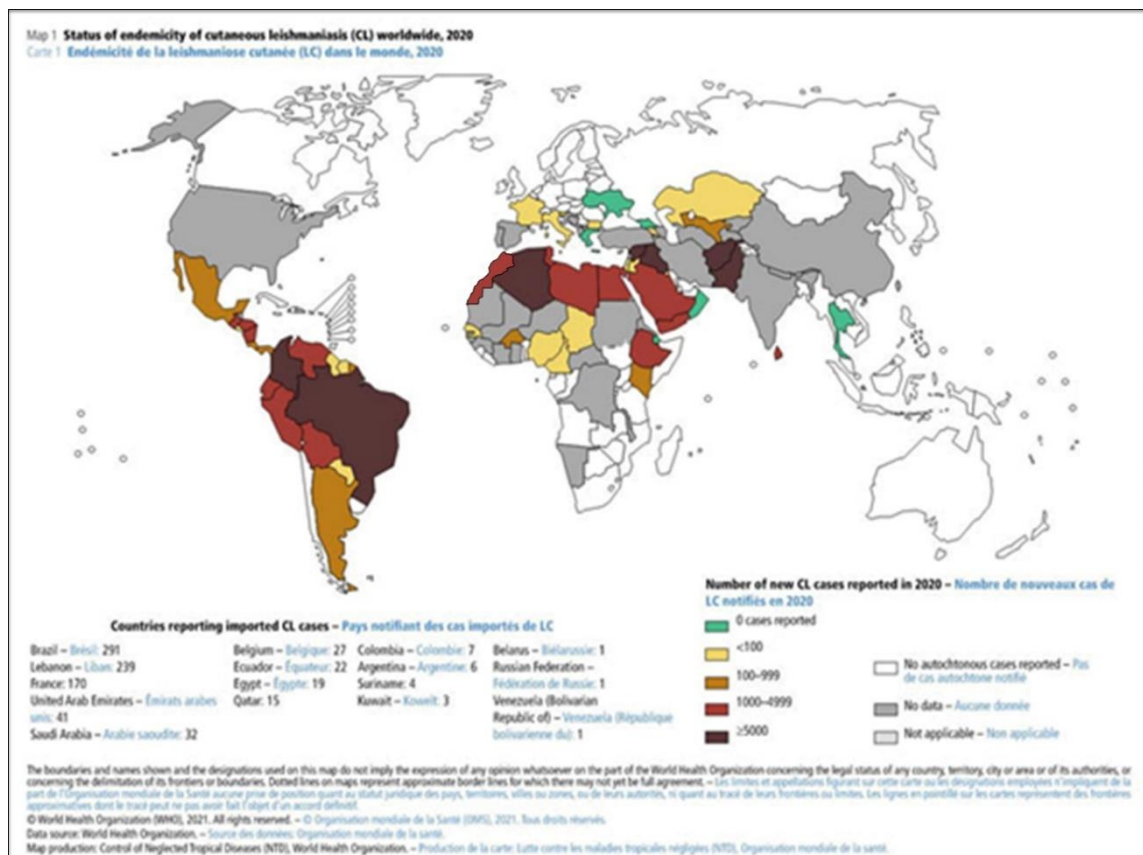


Figure 3: Répartition géographique de la Leishmaniose cutanée, dans le monde. (Ruiz-Postigo et al., 2020).

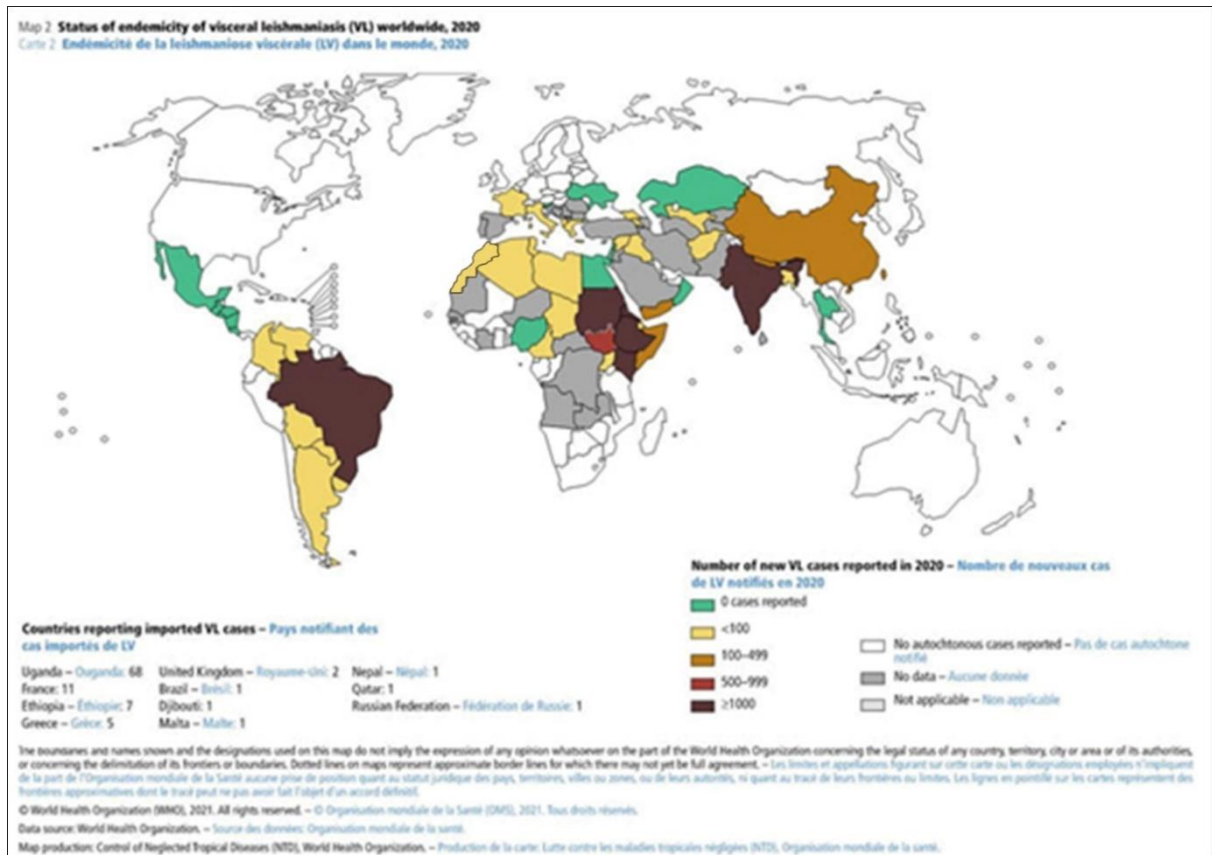


Figure 4: Distribution mondiale de la leishmaniose viscérale, (Ruiz-Postigo et al., 2020)

Bien que les phlébotomes se trouvent principalement dans les régions chaudes du monde, leur répartition s'étend vers le nord jusqu'à juste au-dessus de la latitude 50°N dans le sud-ouest du Canada, et leur répartition méridionale atteint environ la latitude 40°S (Killick-Kindrick, 1999). Ainsi, la leishmaniose est une maladie largement répandue et affecte un nombre énorme de pays, principalement dans les régions tropicales et subtropicales, et la distribution de la leishmaniose à travers le monde est affectée par plusieurs facteurs, notamment : la topographie, la migration de la population, les facteurs d'hygiène, les facteurs micro environnementaux, les facteurs d'hôte, les facteurs météorologiques et le réchauffement climatique. Tous ces types de manifestations cliniques se produisent dans l'ancien et les nouveaux mondes et sont causés par différentes espèces de parasites, comme résumé dans le tableau (2).

Tableau 2: classification de *leishmania* selon l'espèce.

Manifestations cliniques	Espèce	Localité
Leishmaniose viscérale Kala-azar	<i>L. donovani</i> Ross, 1903	Inde, Népal, Bangladesh, Chine, Irak., Soudan,

		Ethiopie, Kenya.
	<i>L. infantum</i> Nicolle, 1909	Afrique du Nord, Soudan
	<i>L. chagasi</i> Cunha et Chagas, 1938	Sud du Amérique
Leishmaniose cutanée (LC)	<i>L. tropica</i> Wright, 1903	De l'Inde au Maroc, régions sèches
	<i>L. aethiopica</i> Bray et al., 1973	Ethiopie, Kenya, Yémen, (régions montagneuses)
	<i>L. major</i> Yakimoff et Schokhor, 1914	Asie centrale, Moyen Orient, Afrique du Nord, Sahel
	<i>L. mexicana</i> Biagi, 1953	du Texas à l'Amérique centrale
Leishmaniose mucocutanée (LCM)	<i>L. braziliensis</i> Vianna, 1911	de l'Amérique centrale au nord de l'Argentine

(WHO, 2004; Gramiccia, 2005).

Chapitre II: Les phlébotomes

1. Généralités

Les phlébotomes ou mouches de sable sont des insectes de petite taille, appartenant à la famille des Psychodidae Bigot, 1845 et à la sous-famille des Phlebotominae Kertész, 1904. Ils ont une couleur pâle, ils ont le corps garni de poils et des ailes en forme de lancéolées dressées. L'ensemble des pièces buccales forme une trompecourte (Killick-Kendrick, 1999). Les mâles ont des segments génitaux bien développés. Les adultes ont une activité nocturne et crépusculaire. Leur vol est silencieux considérés actuellement les seuls vecteurs connus capables d'assurer l'évolution normale des leishmanies, ainsi que d'autres pathogènes. *Phlebotomus papatasi* a été le premier phlébotome découvert d'Italie (Scopoli, 1783), aujourd'hui on en compte près de 800 espèces et sous espèces des phlébotomes sont actuellement décrites. Les phlébotomes sont présents dans les régions tempérées et tropicales. Ils fréquentent aussi le bassin méditerranéen et l'Afrique du Nord. Les phlébotomes n'ont pas été signalés dans les pays Nordiques, très rares en Amérique du Nord, peu abondants en Australie, le développement de leur larves terricoles, exige une température relativement constante, voisine de 28 C°, et un degré d'humidité voisin de la saturation (Abonnenc, 1972 ; Dolmatova et Demina, 1971). L'importance médicale des phlébotomes provient du rôle vecteur que joue certaines espèces dans la transmission d'affections humaines et animales. Ils peuvent transmettre la fièvre des trois jours, ou fièvre à pappataci dans le Bassin Méditerranéen oriental, la verruga péruvienne en Amérique du Sud et les leishmanioses cutanées et viscérales de l'homme et du chien dans l'Ancien et le Nouveau Monde (Figure 5).



(A)



(B)

Figure 5: Phlébotome spp, vue latérale(B), femelle de phlebotome.(A), derniers segments abdominaux du mâle(photo personnelle).

2. Morphologie

Les phlébotomes sont des insectes un corps grêle et allongé de très petite taille, de 1 à 4 mm de long couleur pâle. Leur corps est couvert d'une pilosité épaisse qui leur permet un vol silencieux (Leger et Depaquit, 2001). Ils se caractérisent par leurs ailes velues denses qui sont tenues en forme de V dressé sur le corps et les antennes sont formées de 12 à 30 articles, verticillés et munies d'organes sensoriels spéciaux. La tête forme un angle de 45° avec le corps, donnant à l'insecte une allure bossue, (Abonnenc, 1972). Les phlébotomes mâles et femelles se distinguent par la paire proéminente de fermails à l'extrémité du mâle l'abdomen (Figure 6-A) (Gossage, 2004) alors que pour la femelle les pièces buccales sont modifiées pour couper la peau des vertébrés (Lewis, 1975). Les phlébotomes se reproduisent dans les zones sombres et humides avec un source de matière organique comme les terriers de rongeurs et la litière de feuilles. Le phlébotome femelle est le seul transmetteur du parasite *Leishmania* car il se nourrit de repas de sang de vertébrés comme source de protéines pour le développement des œufs. (Figure 6 -B).

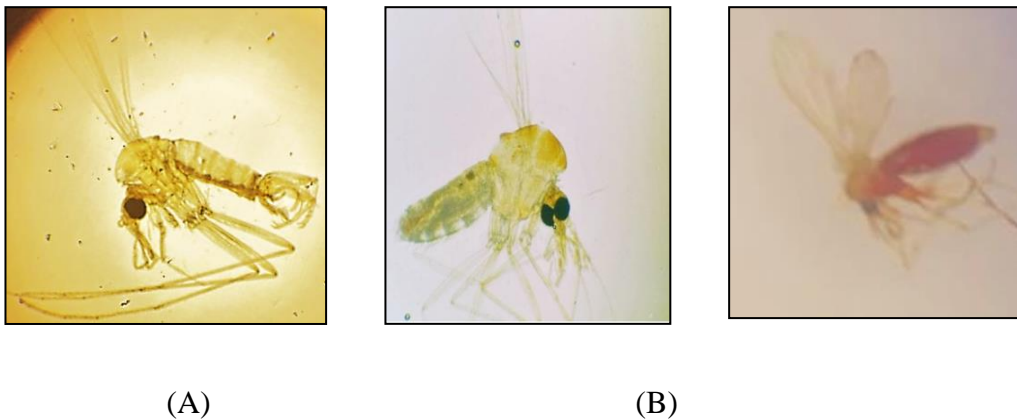


Figure 6: Morphologie générale d'un phlébotome(A)mâle ;(B) femelle (photo personnelle).

Le corps de phlébotome adulte est subdivisé en trois principales parties: tête, thorax et abdomen. La tête est formée en grande partie par une capsule chitineuse (épiscrane), limitée de chaque côté par un grand œil composé (Figure 7). Sur la région frontale s'insère deux antennes formées chacune de seize segments: deux segments basaux, et quatorze segments beaucoup plus longs et minces, constituant le flagellum. L'ensemble des pièces buccales forme une trompe courte. Les mandibules sont absentes chez le mâle qui n'est pas hématophage (Abonnenc, 1972). Seules les femelles portent des mandibules dentelées. La tête

contient de nombreux critères taxonomiques importants, notamment dans le cibarium, du pharynx et des antennes. Le cibarium et du pharynx sont armés de dents et d'autres structures sclérifiées. Le nombre, la taille et la disposition des dents cibarial et pharyngial sont d'une importance considérable dans les genres distinctifs (Lane,1993).

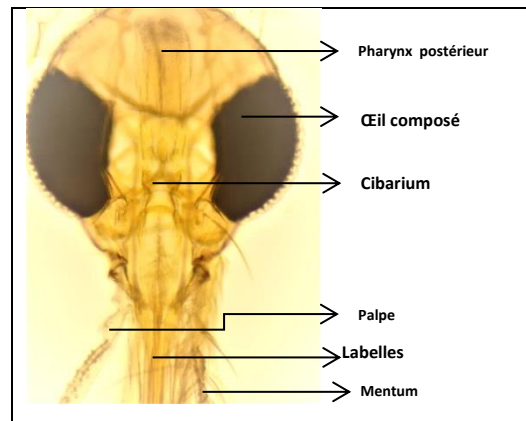


Figure 7: Photo de la tête, de *Phlebotomus papatasi*(photo personnelle).

Le thorax est convexe et bien développé comme chez tous les diptères (Léger et Depaquit, 2001). Il est constitué de prothorax, mésothorax et métathorax. Les deux ailes et les balanciers sont insérés en position dorso-latérale et permettent d'assurer l'équilibre de l'insecte pendant le vol. Ses ailes sont de forme lancéolée et possèdent neuf nervures longitudinales et transversales (Léger et Depaquit, 2001) (Figure 8). A chacun des 3 segments thoraciques soudés est insérée une paire de pattes articulées, longues, minces et recouvertes de soies (Léger et Depaquit, 2001). La disposition des nervures des ailes est très utilisée pour différencier les genres et différencier les espèces. En général, *Sergentomyia* a des ailes plus étroites et plus pointues que *Phlebotomus* et *Lutzomyia*. En outre, les rapports de longueur dans les combinaisons de veines d'ailes, d'antennes et de segments de pattes ou de pièces buccales sont utilisés pour la différenciation des espèces.

L'abdomen, étroit et allongé, est constitué de dix segments. Les 3 derniers sont remaniés pour constituer les parties génitales (hypopygium) qui permettent d'assurer les fonctions sexuelles. Les tergites de II à VII sont ornés de stigmates constituant des caractères spécifiques. Chez les mâles, l'armature des organes génitaux est puissante, constituée de trois paires de prolongements homologues.

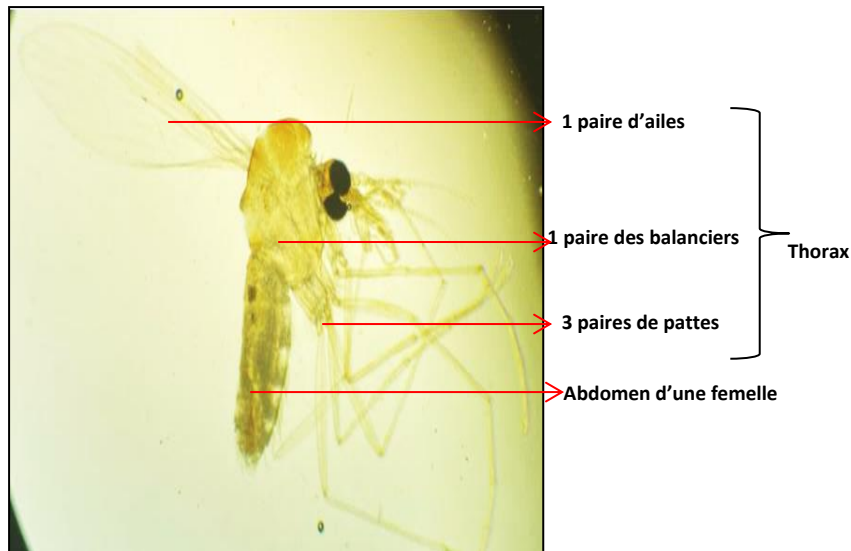


Figure 8: Morphologie d'un phlébotome adulte(photo personnelle)

Deux coxites sur lesquels s'articulent les styles (figure 9.A) ; deux pièces médianes .les paramères se dressent à la base des coxites ; deux appendices ventraux nommés lobes latéraux et finalement, soudées à la partie interne de ceux-ci, deux lames membraneuses, les lamelles submédianes entre lesquelles s'ouvre l'anus. Entre ces derniers apparaissent les gaines ou fourreaux du pénis qui protègent deux filaments génitaux. Chez la femelle, les appareils génitaux internes sont constitués de 3 organes appariés: 2 ovaires, 2 glandes accessoires et 2 spermathèques (Figure 9 B). Chaque ovaire est prolongé par un court oviducte qui s'ouvre dans une chambre génitale soutenue par une furca. Les spermathèques s'ouvrent également dans la chambre génitale. La furca peut être utilisée pour localiser la sortie des spermathèques. Les spermathèques sont formées chacune d'une capsule chitineuse, de morphologie variable, suivie d'un conduit plus ou moins long, qui vient déboucher dans l'atrium génital. L'armature génitale mâle, les spermathèques et l'armature buccale femelle ont une morphologie variable et sont employées pour la détermination et la classification des espèces. (Boussaa, 2008).

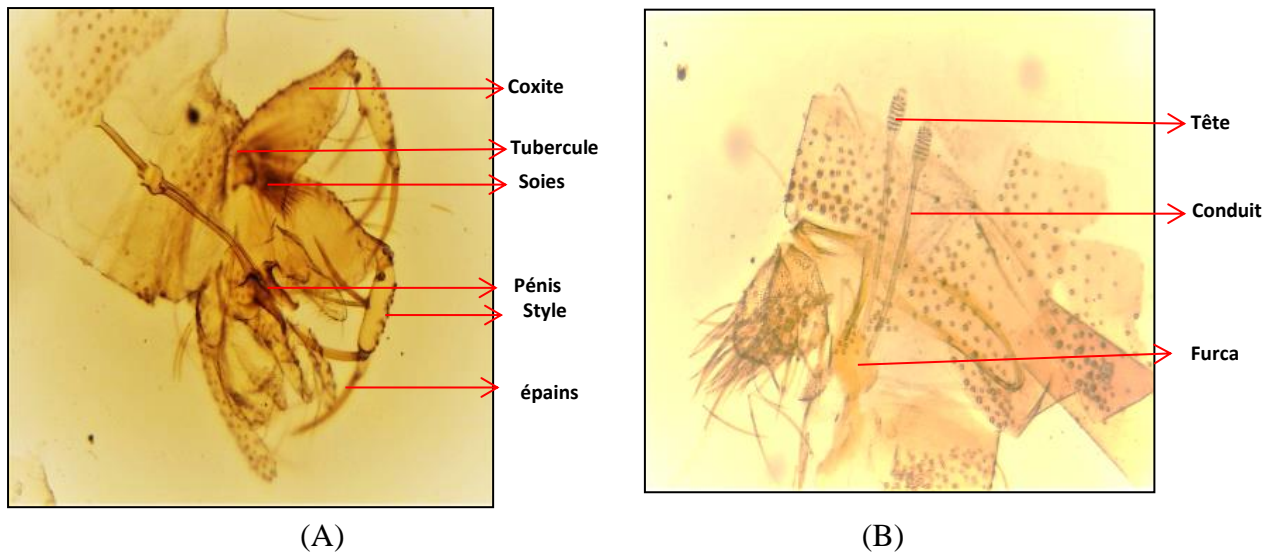


Figure 9: Morphologie d'un phlébotome adulte. (A). Génitalia mâle. (B). Spermathèques. (photo personnelle).

3. Cycle de vie des phlébotomes

Les phlébotomes sont des insectes holométaboles qui subissent métamorphose complète de la larve à l'adulte. Le développement des phlébotomes se déroule dans des milieux riches en substances organiques (Young et al., 1980 ; Killick-Kendrick, 1987a). Dans les conditions optimales la durée du cycle des phlébotomes de l'éclosion de l'oeuf à l'émergence de l'adulte varie de 20 à 75 jours selon les conditions climatiques (Berthet-Beaufils, 2010) et comporte quatre phases (oeuf, larve, nymphe) dans le milieu terrestre et (Imago) dans le milieu aérien (Dedet, 2009). La copulation intervient selon les espèces, juste avant ou aussitôt après le premier repas sanguin qui dure généralement de 30 secondes à 5 minutes. La femelle pond 80 à 100 oeufs dans un environnement tranquille, abrité du vent, humide et sombre (Killick-Kendrick, 1987b; Schlein et al., 1999). L'oeuf est elliptique, légèrement incurvé. A la déposés les oeufs sont de couleur blanchâtre ou jaune clair qui vire au brun foncé (Leger et Depaquit, 1999). Chaque oeuf donne, en 3 à 16 jours, naissance à une larve, les larves muent trois fois avant de se transformer en nymphes fixées au substrat par l'intermédiaire de la dernière exuvie larvaire qui persiste à la partie postérieure de l'abdomen. 7 à 10 jours plus tard, l'adulte émerge dans les gîtes larvaires (Rhodain et Perez, 1985 ; Ward, 1985). Il peut s'agir de terriers de micromammifères, de nids d'oiseaux, creux d'arbres, anfractuosités du sol ou de murs. Ceci parce qu'il a besoin de l'abri et de l'humidité fournis par ces environnements pour développement des œufs. (OMS, 1990).

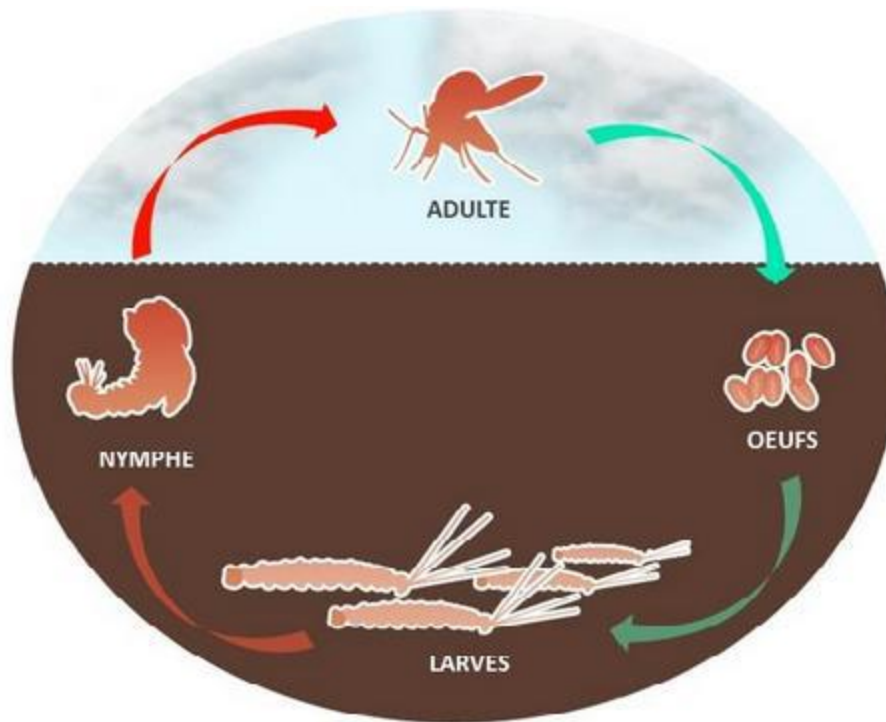


Figure 10: Cycle de vie des phlébotomes.(Talbi,2016)

3.1. L'œuf

Pour obtenir les nutriments essentiels à la maturation des œufs, les femelles prennent un repas de sang sur des vertébrés. La durée entre le repas sanguin et la maturation des œufs est liée à la température environnante. Les femelles déposent leurs œufs (jusqu'à 100 œufs) dans des lieux humides qui vont permettre de maintenir des conditions idéales pour les stades pré-imaginaux (sol, écorce d'arbres, vieux bâtiments, fissures dans les murs des maisons, litière d'animaux). En effet, la survie et le développement des œufs dépendent de conditions appropriées d'humidité et de température (26-30°). L'incubation de ces œufs varie en fonction de la température, allant de quatre à dix-sept jours. Les œufs se trouvent sous la forme d'une ellipse allongée, de couleur blanchâtre au moment de leur émission, prennent cinq à six jours après la ponte, et se pigmentent de brun au contact de l'air. (Lawyer et Young, 1991)

3.2. La larve

La larve est vermiforme, l'extrémité caudale se terminant généralement par 2 paires de longues soies. Les gîtes larvaires diffèrent selon les espèces. Ils peuvent être présentés par le sol, dans des terriers, des nids, des poussières de crevasses de rochers ou de vieux murs, des tas de débris végétaux. Tous ces gîtes représentent des micro-habitats qui bénéficient de conditions constantes : lieux calmes, à l'abri des courants d'air, humides et sombres. Ces

larves se nourrissent de débris organiques spécialement végétaux (Jebbouri, 2013). La larve passe par quatre stades larvaires qui durent de 30 à 60 jours selon l'espèce, la température et la quantité de nourriture disponible. La durée précise de chaque stade ne peut être donnée car elle est affectée par la température ambiante. Une température basse augmente la durée de chaque stade larvaire alors qu'une température élevée la diminue (Killick-Kendrick, 1999).

3.3. La nymphe

La nymphe est immobile, attachée par son extrémité postérieure au substrat. Elle ne se nourrit pas pendant la durée de ce stade qui est de 6 à 15 jours (Bencherif, 2010), de couleur blanc-jaunâtre mesurant 3mm de longueur (Abonnec, 1972). Elle est plus grande que la larve et est adaptée à un environnement aérien sec. De même que les œufs, il a besoin d'être protégé de la lumière du soleil et de tout autre facteur météorologique soudain. (Lawyer et Perkins, 2000; Rutledge et Gupta, 2009).

3.4. L'imago

Dans l'imago, l'adulte émerge de la chrysalide après environ 10 jours. Les mâles émergent avant les femelles (Cadoumi, 1995), leurs organes génitaux subissent une torsion de 180° pendant les premières 24 heures, après ce laps de temps, ils sont capables de s'accoupler. Dans l'imago, la durée de vie varie en fonction de l'espèce mais aussi de la température et de l'humidité. Le seuil thermique inférieur varie selon l'espèce. L'élévation de la température accélère le développement mais diminue la vitalité, tandis que son abaissement ralentit le développement et affaiblit également la vitalité. La cause de la mortalité des phlébotomes peut aussi être due à des situations défavorables du microclimat des abris journaliers, la faim, les attaques des ennemis.

4. Ecologie et comportement des phlébotomes

Il a été observé que différents facteurs déterminent les sites de repos et de ponte des phlébotomes. En général, l'habitat des phlébotomes est conditionné par trois besoins vitaux étroitement liés (Abonnec, 1972) : un hôte vertébré sur lequel les femelles doivent se nourrir, un environnement sombre, humide et tempéré où la ponte a lieu et où les jeunes larves sont protégées des prédateurs et des agents extérieurs et un environnement nutritif larvaire approprié. Pour ce qui est des adultes, quelques espèces sont attirées par la lumière, généralement de faible intensité, et certaines sont endophiles et entrent facilement dans les maisons ou les abris pour animaux, alors que d'autres sont exophiles. Au cours de la journée,

ils se réfugient dans des lieux isolés, tranquilles, sombres et relativement humides (sol, végétation dense, trous dans les arbres, granges, terriers de rongeurs et autres mammifères, termitières et même dans les maisons) (Bettini et al., 1986 ; Bettini, 1989 ; Killick-kendrick 1987, 1999). Les préférences trophiques des femelles, qui sont rarement strictes, conditionnent l'habitat de chaque espèce. Parmi les espèces, on distingue :

- Les phlébotomes endophages, qui vivent associés aux hommes et aux animaux domestiques, à l'intérieur de leurs habitations ou dans des sites non éloignés de celles-ci.
- Les phlébotomes exophages qui vivent dans des biotopes sauvages comme la forêt et sont accidentellement associés à l'homme.
- Les phlébotomes intermédiaires qui vivent plus loin des habitations humaines mais y pénètrent pour trouver un repas de sang ou un abri temporaire.

Dans le cas des formes pré-imaginales de phlébotomes, cependant, on sait peu de choses sur les facteurs qui attirent et stimulent les phlébotomes femelles à pondre des œufs. Le principal facteur étant la disponibilité de la matière organique (Yaich, 1987). Dans la littérature, plusieurs études ont identifié des habitats particuliers que les phlébotomes utilisent pour se reposer ou se reproduire (Schlein et al., 1990). Les phlébotomes femelles ont tendance à se reposer et à se reproduire dans des zones où l'humidité relative est élevée, comme les berges des rivières ou près des réservoirs d'eau (Yatch, 1987; Mukhopadhyay et al 1990).

5. Distribution géographique des phlébotomes

La distribution des phlébotomes apparaît être régie par de multiples facteurs écologiques. Une température optimale d'environ 20° C et plus, en absence de vent (limite : 1km/sec) et en présence d'une humidité relative supérieurs à 45 %, sont des facteurs favorisent la pullulation des phlébotomes tout au long de l'année dans les zones tropicales. Dans les zones tempérées, des conditions climatiques plus variables limitent leur pullulation à la saison estivale (mai à octobre). Par ailleurs, dans la région méditerranéenne et sous l'effet du climat, on observe un passage d'une végétation riche en plantes hydrophiles à une végétation composée de plantes xérophiles (Izri et al., 2006).

Au sein d'une même région, la répartition des espèces n'est pas uniforme et dépend de la géographie et de l'environnement. En effet, l'existence de niches écologiques sauvages est conditionnée par la nature du sol, de la flore, de la faune et du climat. Ainsi, dans les régions steppiques, les terriers de *P. obesus* ne se trouvent que dans des sols sableux où poussent des chenopodiacées qui constituent la nourriture de base du rongeur. La présence de nappes

phréatiques ou de points d'eau favorise la croissance de ces plantes et donc celle des rongeurs et des phlébotomes (Mazelet, 2004).

D'une région à l'autre, ces conditions géographiques et climatiques peuvent changer considérablement et les populations animales peuvent être totalement différentes. Ainsi, alors que *P. papatasi*, *P. alexandri* et *P. sergenti* sont présents aussi bien dans la partie occidentale que dans la partie orientale du bassin méditerranéen, ce n'est pas le cas pour les autres espèces dont les distributions sont plus restreintes. Par exemple, *P. ariasi* ou *P. perniciosus* n'existent qu'en Méditerranée occidentale alors que *P. neglectus* ou *P. tobbi* sont des espèces plus orientales (Sangare, 2009). (Figure 11)

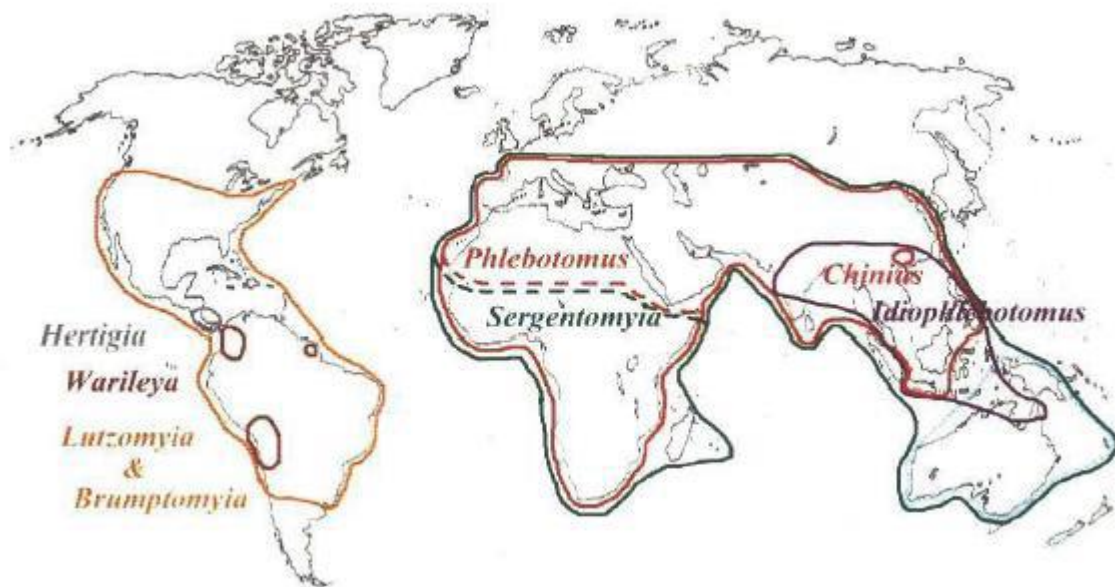


Figure 11: Répartition des principaux genres de phlébotomes dans le monde (Léger et Depaquit, 2002) (Adapté par Bounamous., 2010).

6. Préférence trophique des phlébotomes

Le mâle et la femelle se nourrissent de sucre provenant de sources naturelles telles que sucres floraux et fruitiers, et de miellat de pucerons, fournissant aux phlébotomes l'énergie dont ils ont besoin pour le développement des parasites dans leur intestin, (par exemple *P. ariasi*, *P. perniciosus*, *P. perfiliewi* se nourrissent de miellat). En plus de ces sucres, les femelles prennent un à plusieurs repas de sang par cycle gonotrophique selon leur espèce. Elles prennent le sang en déchirant les tissus superficiels de leurs hôtes avec leur trompe. Elles se nourrissent sur des mammifères (homme, rongeurs, chien etc). Ces besoins en protéines sont souvent nécessaires à

la production d'œufs. Certaines espèces sont capables de produire les premiers œufs sans prendre de repas sanguin, ils sont autogènes. C'est ainsi que la femelle qui vit 1 à 3 mois peut se nourrir sur plusieurs hôtes. La fréquence des repas sanguins augmente le contact entre le vecteur et les vertébrés, et par conséquent, rendre une bonne efficacité de la transmission de la leishmaniose (Killick-Kendrick, 1999).

7. Locomotion

Les phlébotomes ne se déplacent que par temps absolument calmes, par des vols courts et silencieux avec des arrêts fréquents. Le vol est réalisé par des sauts rapides sur des parois verticales de bas en haut lorsqu'elles sont perturbées. En plus, on a constaté que les phlébotomes femelles parcourent des plus grandes distances que les mâles, ce qui est peut-être dû à leurs zones de recherche plus larges pour les repas de sang (Connelly, 2005).

8. L'activité de phlébotomes

8.1. L'activité journalière

En ce qui concerne les cycles d'activité quotidiens, les phlébotomes ont tendance à devenir actifs immédiatement après coucher du soleil lorsque le temps devient plus frais dans les zones semi-arides chaudes, augmenter vers minuit, puis commencer à diminuer jusqu'à s'arrêter totalement après le lever du soleil lorsque la température recommence à augmenter (Cross et Hyams, 1996 ; Sawalha et al., 2003 ; Mohscn, 1983 ; Hanafi et al., 2007 ; EI-Badry et al., 2008). Une étude de Whelan (2003) a révélé que la plupart des activités de phlébotome et des morsures ont commencé une heure de chaque côté du coucher du soleil et en ont arrêté une heure après le lever du soleil. Guernaoui et al. (2006) ont suivi les activités des phlébotomes à Chichaoua Gouvernorat, Maroc, pendant la journée. Leurs résultats ont montré que les phlébotomes sont devenus actifs directement après le coucher du soleil et atteint un pic entre 19h00 et 21h00, pas de phlébotomes actifs ont été observés après le lever du soleil (5h00 à 7h00) lorsque la température a commencé à augmenter et l'humidité relative diminue. Une étude similaire de *P.papatasi* en Tunisie n'a également trouvé aucune activité enregistrée après 5h00 du matin (Chahed, 2010-2011).

8.2. L'activité saisonnière

Sur les pays du pourtour méditerranéen, les phlébotomes sont présents de manière saisonnière sur une période de Mai à Septembre, voire au plus tôt en Avril et au plus tard en Décembre. Il s'agit de la période où les conditions climatiques sont favorables au

développement et à la survie de ces insectes. (Alten et al., 2016). la température contrôle les variations saisonnières de l'activité des phlébotomes. Boussaa et al. (2005) ont étudié les populations de phlébotomes à Marrakech, au cours de la période entre Octobre 2002 et Septembre 2003. Les phlébotomes étaient actifs tout au long de l'année mais avec deux périodes principales d'Octobre à Novembre et d'Avril à Juillet. La température a fluctué entre 23 et 36°C dans le premier et entre 11 et 19°C dans le le dernier. Il a également été conclu qu'il y avait une sensibilité plus élevée à la température pour les hommes que les phlébotomes femelles. Une étude de Narvaez et al.(2003) ont étudié la corrélation possible entre les conditions climatiques et les taux de transmission de la leishmaniose au Mexique au cours de la période entre Février 1993 et Mars 1995. Ils ont constaté qu'il y avait un taux de transmission élevé entre Novembre et Mars lorsque la température était plus basse et l'humidité relative plus élevée, créant un environnement écologique idéal pour la transmission de maladies.

8.3. Impact des conditions météorologiques sur l'activité

L'évolution récente du climat semble avoir favorisé le développement des maladies climato-dépendantes comme celles des maladies à transmission vectorielle parmi lesquelles la leishmaniose, ont découvert que les changements de température jouent un rôle vital dans les maladies à transmission vectorielle et les distributions, alimentation et morsure. La leishmaniose est connue pour être une maladie très sensible au climat(Killick-Kendrick, 1999 ; OMS, 2014c). En Asie du Sud-Ouest a souligné que les conditions climatiques l'un des facteurs les plus importants dans la prévalence de la CL. Ils ont également déclaré que la température et l'humidité relative ont eu une influence significative sur le cycle de vie des phlébotomes et le développement, car les larves sont très sensibles aux températures élevées et à la faible humidité et meurent si la température est élevée et l'humidité inférieure à 33 % (Silverman et al., 1981). Cross et Hyams (1996) ont effectué un test de simulation de température en laboratoire sur des phlébotomes adultes et a constaté que tous sont morts dans les deux heures à des températures supérieures à 40°C.

Ils aussi a déclaré que les températures inférieures à 10 °C sont défavorables à la survie des phlébotomes, mais ne conduire nécessairement à la mort des larves car elles peuvent entrer en dormance jusqu'à la les conditions convenables reviennent.Singh (1999) a étudié l'influence de la température sur l'apparition de huit phlébotomes espèce au Rajasthan, en Inde. Ces espèces n'ont été trouvées qu'à des températures allant entre 17 et 36°C, avec une occurrence maximale de phlébotomes (39,5 %) enregistrée à 32°C, combiné avec une

humidité relative de 58%, et le plus bas (1,2%) en Janvier avec une température moyenne de 20,8°C et humidité relative de 46,3%. Yaghoobi et al., (1999) ont étudié l'association entre la présence de phlébotomes et climat en Iran entre Mai 1995 et Mai 1996. Leur étude a rapporté que le phlébotome (*P.papatasi*) la prévalence était la plus élevée entre fin Avril et Octobre avec deux pics dans Juin et Septembre. Ils ont également noté qu'il y avait eu une baisse importante du nombre de phlébotomes de mois d'Octobre à Mars lorsque le temps était plus froid et la saison des pluies commence. Ils ont suggéré que le temps froid retarde les stades de développement des phlébotomes et la pluie détruit les sites de reproduction (Hunter, 2003). Une étude en laboratoire de Kasap & Alten (2005) en Turquie visait à évaluer ces influences. Ils ont utilisé des œufs de phlébotomes provenant de colonies de *P.patasi* et exposé les œufs à six régimes de température constante de 15, 18, 20, 25, 28 27 et 32°C pendant 14 heures par jour avec une plage d'humidité relative comprise entre 65 et 75 %. À 32°C, les phlébotomes ont émergé en environ 28 jours, à 18°C cela a pris environ 245 jours pour le développement des œufs en phlébotomes adultes et aucune émergence de phlébotomes adultes n'a été observée à 15°C.

Une étude similaire de Safyanova (1946) a trouvé les étapes de développement pour *P.papatasi* à des températures comprises entre 25 et 28°C a pris 49 jours, avec un temps plus long de 84 jours nécessaires à des températures comprises entre 23 et 24°C. Ces constatations sont appuyées par d'autres études qui ont également constaté qu'à mesure que la température diminue, la durée de le développement des phlébotomes augmente (Dryden, 1988; Dryden, 1993). De plus, la température contrôle les variations saisonnières et quotidiennes de l'activité des phlébotomes. Boussaa et al., (2005) ont étudié les populations de phlébotomes à Marrakech, au cours de la période entre Octobre 2002 et Septembre 2003. Les phlébotomes étaient actifs tout au long de l'année mais avec deux périodes principales d'Octobre à Novembre et d'Avril à Juillet. La température a fluctué entre 23 et 36°C dans le premier et entre 11 et 19°C dans le dernier. Il a également été conclu qu'il y avait une sensibilité plus élevée chez les mâles par rapport aux femelles des phlébotomes.

9. Statut du parasite Leishmania au Maroc

La présence de phlébotomes a été déclarée au Maroc dès le début du 20^{ème} siècle, bien qu'à cette période la leishmaniose ne représentait pas un problème majeur de santé publique. Dès le début des années 1970, la situation des leishmanioses au Maroc est devenue préoccupante, ce qui a poussé à la mise en place d'un programme national de lutte contre les

leishmanioses en 1997 qui a amené à analyser les divers foyers leishmaniens et montrer la répartition des différentes formes de leishmaniose. *L. major*, *L. tropica* et *L. infantum* ont été identifiés comme les espèces parasitaires responsables de ces maladies (Figure 12) (MSP, 2001). Selon le Ministère de la santé marocaine, les leishmanioses se manifestent avec une panoplie de signes cliniques. Selon leur localisation profonde ou superficielle, elles vont déterminer deux entités nosoclinique bien distinctes: les leishmanioses viscérales (LV) et les leishmanioses cutanées (LC). La caractérisation de la maladie dépend de l'espèce de leishmanie, la réponse immunitaire du patient ainsi que d'autres facteurs (Lawyeret perkins, 2000).

9.1. Leishmaniose cutanée à *L. major*

C'est le pathogène de la leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) au Maroc. Elle est aussi appelée leishmaniose cutanée humide rurale. Après une période d'incubation courte, la lésion typique se présente sous la forme d'une croûte ulcérée recouverte d'une épaisse croûte brune. La maladie a évolué sous forme d'épidémies alternante dans le temps avec des périodes d'accalmie. Le début du foyer a été identifié dans le sud de l'Anti-Atlas, dans les palmeraies d'Oued Tata, où une importante épidémie de LC a eu lieu à la fin des années 1970. Après cette épidémie de Tata, deux autres foyers ont été identifiés, l'un à Ouarzazate et l'autre dans le gouvernorat d'Oujda (Rioux et al., 1986a).

L. major est situé dans un macro-foyer qui comprend la côte atlantique au sud de l'Anti-Atlas jusqu'à la région d'Oujda, en traversant les zones sahariennes au Sud du Haut et de l'Anti-Atlas et à l'Est du Moyen Atlas, notamment dans les provinces d'Errachidia, Jerada, Ouarzazate, Tata et Zagora (vallée du Draa) (Guessouss-Idrissi N. et al., 2008b ; Rhajaoui M., 2009). L'analyse enzymatique des isolats obtenus au tout début de l'épidémie a permis d'identifier *L. major* MON-25 (Maazoun et al., 1986), le seul zymodème impliqué dans toute la région méditerranéenne. Sur les 1673 femelles de *Phlebotomus spp.* disséquées, seul *P. papatasi* était porteur de promastigotes de *L. major* (Rioux et al., 1986b). Il s'agissait toujours de zymodèmes MON-25. Il s'agissait d'un cycle zoonotique qui impliquait un réservoir de rongeurs de la famille des Gerbillidae. Près de 500 rongeurs ont été capturés dans les palmeraies du sud (genres *Mus*, *Rattus*, *Acomys*, *Meriones*, *Gerbillus*, *Eliomys*, *Atlantoxerus*). Seule l'espèce *Meriones shawi* grandis était infestée. Son infection est marquée par une longue durée de tolérance se terminant par une phase de diffusion, très infestante pour le

vecteur qui a conféré à *M. shawi* le statut de "véritable réservoir" de *L. major* MON-25 (Rioux et al. 1982).

9.2. Leishmaniose cutanée à *L. tropica*

C'est l'agent qui cause la leishmaniose cutanée anthroponotique (LCA) au Maroc, caractérisée par des lésions sèches et non croûteuses sur le visage et les membres. Le premier foyer de *L. tropica* à Tanant dans la région d'Azilal, et identifier un autre foyer, similaire à celui de Tanant, dans la région d'Essaouira (Ramaoui K. et al., 2008 ; Boussa S. et al., 2009 ; Anonyme., 2010). *L. tropica* est une anthroponose dont l'espèce *P. sergenti* est vecteur du parasite et dont l'homme le seul réservoir. Au Maroc, le polymorphisme enzymatique de *L. tropica* s'est révélé très important (*L. tropica* MON-102, MON-107, MON-112, MON-113, MON-122, MON-123) (Pratlong et al., 1991). Les zymodèmes MON-112 et MON-123, sont isolés de *P. sergenti* (Guilvard et al., 1991). Dans la Banlieue de Taza, il a été connu une épidémie de LC due à *L. tropica*. Aussi en 2000, à Chichaoua, une LC à *L. tropica* a affecté plus de 300 personnes. Dans la province de Sefrou, 213 cas ont été enregistrés. La province de Settat a enregistré pour la première fois l'apparition de cas de LC, où le chiffre des malades a atteint environ 200 cas (Guessous Idrissi et al., 1997a). En général, cette forme de la maladie se produit de manière éparse dans les zones semi-arides du pays, du plateau du Tadla à la région d'Agadir, mais tous ces cas d'épidémie à *L. tropica* ne sont pas exclus de la présence de cas sporadiques de LC dans de nombreuses provinces du Maroc.

9.3. Leishmaniose à *L. infantum*

L. infantum est commun dans le bassin méditerranéen et est aussi connu sous le nom de Kala-Azar ou "fièvre Dum-Dum" ou "fièvre noire". Le premier cas marocain a été détecté dans le Rif à Taounate. Au Maroc, trois espèces du sous-genre *Larroussi* sont suspectées de transmettre *L. infantum*. Il s'agit de *P. perniciosus*, *P. ariasi* et *P. longicuspis* (Rioux et al., 1986c). Le réservoir de parasites est le chien et le vecteur le plus fortement suspecté est *Phlebotomus longicuspis*. Au Maroc, l'identification enzymatique du parasite a montré la présence de deux formes cliniques viscérale appartiennent aux zymodèmes MON-1 (homme et chien) et MON-24 (homme). Il affecte les organes internes. En l'absence de traitement, la LV est presque toujours mortelle et touche fréquemment les régions centrales du pays, mais elle est endémique dans les zones subhumides de la façade nord du pays, couvrant les régions de Chefchaouen, Tétouan, Fès, Ouezzane, Al Hoceima, Taza, Taounate, Nador et Meknès (Rhajaoui et al., 2007 ; Rioux et al., 1996).

Au Maroc, la leishmaniose viscérale a connu une évolution de l'endémicité au fil du temps, en raison des changements écologiques créant des microclimats humides favorables au développement des phlébotomes et donc aux cycles de la leishmaniose. L'incidence annuelle était de 30 cas dans les années 1970. Actuellement elle atteint plus d'une centaine de cas par an avec un maximum de cas enregistrés en 2006 (170 cas)(Izri et al., 1992). La leishmaniose cutanée à *L. infantum* est causé par le zymodème MON-24, qui se manifeste au Sud du Maroc (Laamrani et al., 1999), mais son cycle de transmission reste inconnu.

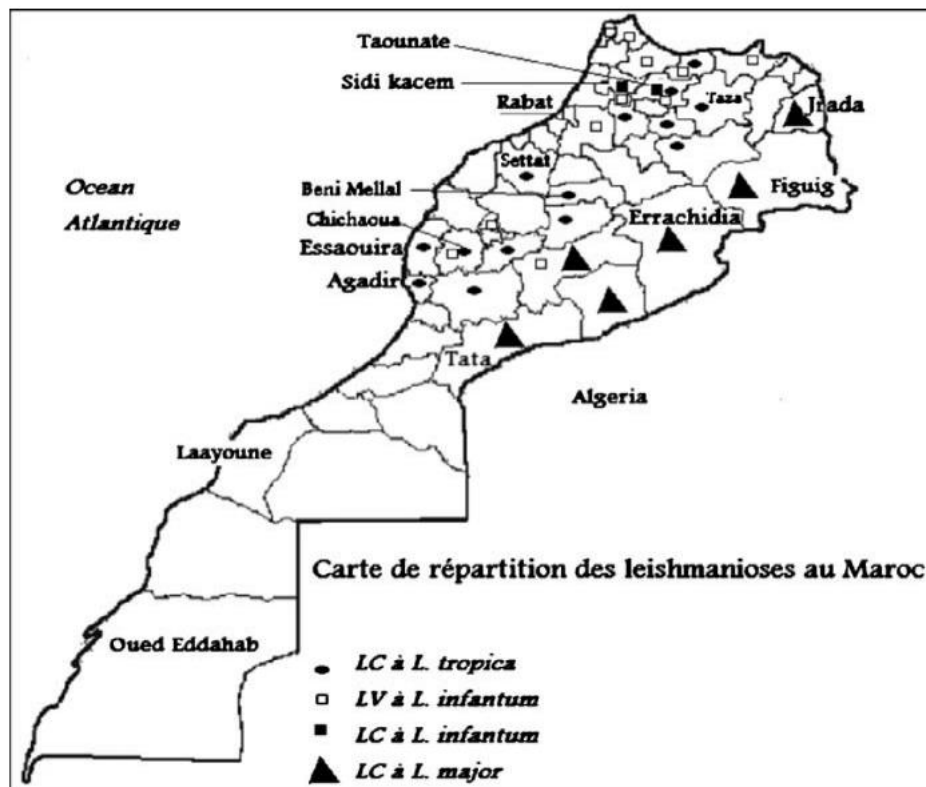


Figure 12: Situation de la leishmaniose au Maroc Bilan des cas déclarés en 2006, d'après la Direction de l'Epidémiologie et de la Lutte Contre les Maladies parasitaires (DELM) Ministère de la santé publique

10. Les phlébotomes au Maroc

Au Maroc, Les phlébotomes et leur distribution géographique ont été étudiés par plusieurs auteurs depuis le début du siècle. Après les premières analyses partielles de Delanoe, (1916) et Vialatte et Parrot, (1920), Ristorcelli publia quatre notes successives sur les récoltes faites par Langeron dans le sud et dans le Maroc oriental (Ristorcelli 1941, 1945, 1947). La première étude de Gaud, réalisée en 1947 sur des récoltes venant de régions plus

variées du Maroc, où il met pour la première fois en évidence la présence et l'abondance de certaines espèces de phlébotomes dans le Maroc atlantique. En 1954, il fait une synthèse sur la répartition régionale et la fréquence saisonnière et locale des phlébotomes du Maroc, basée sur la récolte de 4509 phlébotomes dans l'ensemble du pays. Il faut enfin rappeler les recherches de l'Institut Pasteur d'Algérie effectuées par Parrot et Durand-Delacré aux frontières de l'Algérie et du Maroc, à la région de Figuig (1947). Ce sont les études les plus détaillées sur la biologie des phlébotomes qui aient été faites dans les régions sahariennes occidentales. Les travaux de Bailly-Choumara et al. (1971) ont permis d'élaborer une synthèse géographique et bioclimatique sur les phlébotomes du Maroc. Dès le début des années 1970, la situation de la leishmaniose est devenue préoccupante au Maroc ce qui a abouti à la réalisation d'un programme d'étude franco-marocain, sous la direction du Professeur Rioux, pour analyser les différents foyers leishmaniens (Rioux, 2001).

En se basant principalement sur le piégeage des phlébotomes selon trois transects méridiens, du Rif au Sahara. Les missions de l'équipe de Rioux dans les différentes régions du Maroc ont permis d'établir l'inventaire de la faune phlébotomienne (Rioux et al., 1975, 1977). Trois paramètres climatiques apparaissent fondamentaux pour expliquer la répartition biogéographique des espèces au Maroc. Les précipitations annuelles, la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud et la moyenne des températures minimales du mois le plus froid. En effet, les étages bioclimatiques définis par Emberger (1942) expliquent la répartition de certaines espèces. Ainsi, *Phlebotomus ariasi* est inféodé dans l'étage du hêtre et l'étage humide (Rioux et al., 1974) et elle était trouvée à une altitude comprise entre 1000 et 1400m et voir absente dans le sud de Haut-Atlas à des altitudes inférieures à 1000m (Dereure et al., 1986). *Phlebotomus perniciosus* s'étend dans l'étage humide et subhumide (Dedet 1979) mais aussi des étages semi-aride (Berchi et al., 1990). Ces deux dernières espèces sont suspectés vecteurs de *L. infantum* (Rioux et al., 1986) et elles ont été recueillies dans la montagne et ils étaient absente dans les plaines. Tandis que *Phlebotomus papatasi* est inféodé à l'étage aride et saharien (Faraj et al., 2013). *Ph. longicuspis* vecteur possible de *L. infantum* (Killick-Kendrick, 1990) a été recueilli à toutes les altitudes mais avec une forte densité entre 600 et 799m d'altitude. *Phlebotomus sergenti* est abondant dans l'étage bioclimatique semi-aride et dans les régions limitrophes de la région aride (Dedet et al., 1985 et Faraj et al., 2013) et très répandues dans les altitudes comprise entre 800 et 900m. Rioux et al. (1974) rapportent *Ph. mariae* sur l'axe de Meknès à Ouarzazate. Léger et al., (1974) ont mené une étude écologique et systématique des espèces du complexe *S. antennata* du sud

marocain. *Ph. (Paraphlebotomus) riouxi* est rapporté au Maroc par Depaquit et al., (1998). Récemment les travaux de Guernaoui et al., (2009, 2005a, 2005b, 2006a) et de Boussaa (2004, 2008a) dans le sud-ouest marocain ont permis d'actualiser les données de Rioux dans cette région et de réviser la répartition du genre *Larroussisus*. En 2015, Kahime et al. ont démontré le rôle d'un autre facteur environnemental influençant la distribution des phlébotomes, celui de la texture du sol. Les phlébotomes ont été rares et voir absente dans les sols à texture limoneux et argilo-argilo-limoneux mais ils sont très abondants dans les sites à texture sablonneux. (Tableau 3)

Tableau 3: Distribution des espèces dans les différentes régions du Maroc (Zouirech,2016).

Rif	Plaines et collines Nord - atlantique	Plateaux central	Plaines moyennes atlantique	Plaines et plateaux moyennes atlantique	Moyen atlas	Haut Atlas	Anti-Atlas	Maroc oriental	Sud Atlantique	Sud interieur
<i>Ph. sergenti</i>	<i>Ph. papatasi</i>	<i>Ph. perniciosus</i>	<i>Ph. papatasi</i>	<i>Ph. papatasi</i>	<i>Ph. papatasi</i>	<i>Ph. papatasi</i>	<i>Ph. papatasi</i>	<i>Ph. papatasi</i>	<i>Ph. papatasi</i>	<i>Ph. papatasi</i>
<i>Ph. longicuspis</i>	<i>Ph. sergenti</i>	<i>Ph. longicuspis</i>	<i>Ph. sergenti</i>	<i>Ph. sergenti</i>	<i>Ph. sergenti</i>	<i>Ph. sergenti</i>	<i>Ph. sergenti</i>	<i>Ph. sergenti</i>	<i>Ph. bergeroti</i>	<i>Ph. bergeroti</i>
<i>Se. minuta</i>	<i>Ph. ariasi</i>	<i>Se. minuta</i>	<i>Ph. ariasi</i>	<i>Ph. perniciosus</i>	<i>Phh. chabaudi</i>	<i>Ph. chabaudi</i>	<i>Ph. perniciosus</i>	<i>Ph. alexandri</i>	<i>Ph. sergenti</i>	<i>Ph. sergenti</i>
	<i>Ph. perniciosus</i>		<i>Ph. longicuspis</i>	<i>Ph. longicuspis</i>	<i>Ph. alexandri</i>	<i>Ph. alexandri</i>	<i>Se. minuta</i>	<i>Ph. perniciosus</i>	<i>Ph. kazeruni</i>	<i>Ph. kazeruni</i>
	<i>Ph. longicuspis</i>		<i>Se. minuta</i>	<i>Ph. langeroni</i>	<i>Ph. ariasi</i>	<i>Ph. ariasi</i>		<i>Ph. longicuspis</i>	<i>Ph. alexandri</i>	<i>Ph. alexandri</i>
	<i>Se. minuta</i>			<i>Se. minuta</i>	<i>Ph. chadlii</i>	<i>Ph. chadlii</i>		<i>Ph. langeroni</i>	<i>Ph. longicuspis</i>	<i>Ph. longicuspis</i>
				<i>Se. fallax</i>	<i>Ph. longicuspis</i>	<i>Ph. perniciosus</i>		<i>Se. minuta</i>	<i>Se. minuta</i>	<i>Se. minuta</i>
				<i>Se. dreyfussi</i>	<i>Se. minuta</i>	<i>Ph. longicuspis</i>		<i>Se. fallax</i>	<i>Se. fallax</i>	<i>Se. fallax</i>
					<i>Se. fallax</i>	<i>Se. minuta</i>		<i>Se. antennata</i>	<i>Se. schwetzi</i>	<i>Se. schwetzi</i>
					<i>Se. dreyfussi</i>	<i>Se. fallax</i>		<i>Se. dreyfussi</i>	<i>Se. africana</i>	<i>Se. africana</i>
						<i>Se. dreyfussi</i>		<i>Se. clydei</i>	<i>Se. clydei</i>	<i>Se. lewisi</i>
										<i>Se. dreyfussi</i>
										<i>Se. clydei</i>

10.1. Liste des phlébotomes du Maroc

Plusieurs études ont été réalisées sur les phlébotomes, ont permis de montrer l'existence de 23 espèces de phlébotomes. Au Maroc, 23 espèces de phlébotomes ont été mis en évidence. Ces derniers sont répartis entre deux genres *Phlebotomus* (13 espèces) et *Sergentomyia* (10 espèces) avec trois sous-genre (*Phlebotomus*, *Paraphlebotomus* et *Larroussisus*) pour le genre *Phlebotomus* et quatre sous-genres pour (*Sergentomyia*, *Parrotomyia*, *Grassomyia* et *Sintonius*) pour le genre *Sergentomyia* (Faraj et Himmi, 2020). (Tableau 4).

Tableau 4: Les phlébotomes du Maroc (Faraj & Himmi, 2020).

Sous-famille des Phlebotominae		
Genre	Sous genre	Espèce
Phlebotomus	Phlebotomus	<i>Ph. papatasi</i> (Scopoli , 1786)
		<i>P. bergeroti</i> (Parrot, 1934)
	Paraphlebotomus	<i>P. sergenti</i> (Parrot, 1917)
		<i>P. chabaudi</i> (Croset, Abonnenc et Rioux, 1970)
		<i>P. kazeruni</i> (Theodor et Mesghali, 1964)
		<i>P. alexandri</i> (Sinton, 1928)
	Larroussius	<i>P. ariasi</i> (Tonnoir, 1921)
		<i>P. chadlii</i> (Rioux, Juminer et Gibily 1966)
		<i>P. perniciosus</i> (Newstead, 1911)
		<i>P. longicuspis</i> (Nitzulescu, 1911)
		<i>P. langeroni</i> (Nitzulescu, 1930)
		<i>P. perfiliewi</i> (Parrot, 1930)
	<i>P. mariae</i> (Rioux, Croset, Léger et BaillyChoumara 1974)	
Sergentomyia	Sergentomyia	<i>Se. minuta parroti</i> (Adler et Theodor, 1927)
		<i>S. fallax</i> (Parrot, 1921)
		<i>S. antennata</i> (Newstead, 1912)
		<i>S. schwetzi</i> (Adler, Theodor et Parrot, 1929)
		<i>S. bedfordi</i> (Parrot et Malbrant, 1945)
	Parrotomyia	<i>S. africana</i> (Newstead, 1912)
		<i>S. lewisi</i> (Parrot, 1948)
	Grassomyia	<i>S. dreyfussi</i> (Parrot, 1933)
	Sintonius	<i>S. clydei</i> (Sinton, 1928)
		<i>S. christophersi</i> (Sinton, 1927)

11. Réservoirs

Les leishmanioses se divisent en deux types : Les leishmanioses zoonotiques qui touchent l'être humain et d'autres mammifères et les leishmanioses anthroponotiques qui touchent uniquement l'être humain. Un animal est reconnu réservoir si le taux des animaux trouvés infectés est élevé et s'il représente dans le milieu naturel une source d'infestation pour les phlébotomes. Au Maroc, le principal réservoir de la leishmaniose viscérale à *L. infantum* est le chien (Djebouh et al., 2005). Deux rongeurs sauvages gerbillidés sont introduits dans le maintien de cycle de transmission du parasite de la leishmaniose cutanée zoonotique; le premier étant *Psammomys obesus*, naturellement infesté par *L. major* (Belazzoug, 1983). Le deuxième : *Meriones shawi* (Tableau 5) au niveau du foyer de Ksar Chellal (Belazzoug

S,1986). Pour la leishmaniose cutanée à *L. infantum*, le réservoir demeure inconnu bien que le chien soit fortement suspecté. Quant à la leishmaniose cutanée à *L. tropica*, le phlébotome vecteur de *P. sergenti* est fortement anthropophile et endophile. Dans ces foyers, la transmission à l'homme ne nécessite pas l'intervention d'un réservoir animal, l'homme reste donc l'unique réservoir de parasite, à l'exception de certains foyers zoonotiques d'Afrique de l'Est dans lesquels les damans jouent un rôle de réservoir de la leishmaniose cutanée anthroponotique.

Tableau 5: Réservoirs des leishmanies au Maroc (OMS, 2010).

Espèce	Forme clinique	Phlébotome vecteur demontre	Réservoir animal demontre ou soupconne
<i>L. major</i>	LCZ	<i>Ph. papatasi</i>	<i>Meriones shawi</i> <i>Psammomys obesus</i>
<i>L. tropica</i>	LCA	<i>Ph. sergenti</i>	Homme Chien
<i>L. infantum</i>	LVZ, LC	<i>Ph. perniciosus</i> <i>Ph. longicuspis</i> <i>Ph. ariasi</i>	Chien



Partie 2 :
Milieu, Matériel et méthodes

Chapitre I : Milieu physique, biotique et humain

Dans ce chapitre, nous allons présenter le milieu d'étude de point de vue physique, biotique et humain. Les différentes parties de ce travail ont été réalisées au niveau de différentes localités relevant de la Province de Zagora, région du Drâa Tafilalet. Le choix de la région prospectée est basé sur l'intérêt épidémiologique de la leishmaniose dans cette région ainsi que sur sa situation géographique.

1. Zone d'étude

La zone d'étude fait partie de la Province de Zagora située dans la région de Draa-Tafilalet au Sud-Est du Maroc. Elle s'étend sur une superficie de 23 000 Km², sa population est d'environ de 307 306 habitants dont 256 558 personnes appartenant au milieu rural. Elle est comprise entre la longitude 5°50'17" Ouest et entre la latitude 30°19'50" Nord, au pied de l'Atlas, le long de la vallée du Drâa. Son altitude varie entre 728 et 1700 mètres par rapport au niveau de la Méditerranée. Elle est limitée au Nord par la Province de Tinghir ; au Nord-Est par la Province d'Errachidia, au Nord-Ouest par la Province de Ouarzazate ; au Sud-Ouest par la Province de Tata et au Sud-Est par la frontière Maroc-Algérienne. Elle se compose de 2 cercles (Agdz et Zagora) et de 25 communes dont 2 urbaines et 23 rurales (Figure 13).

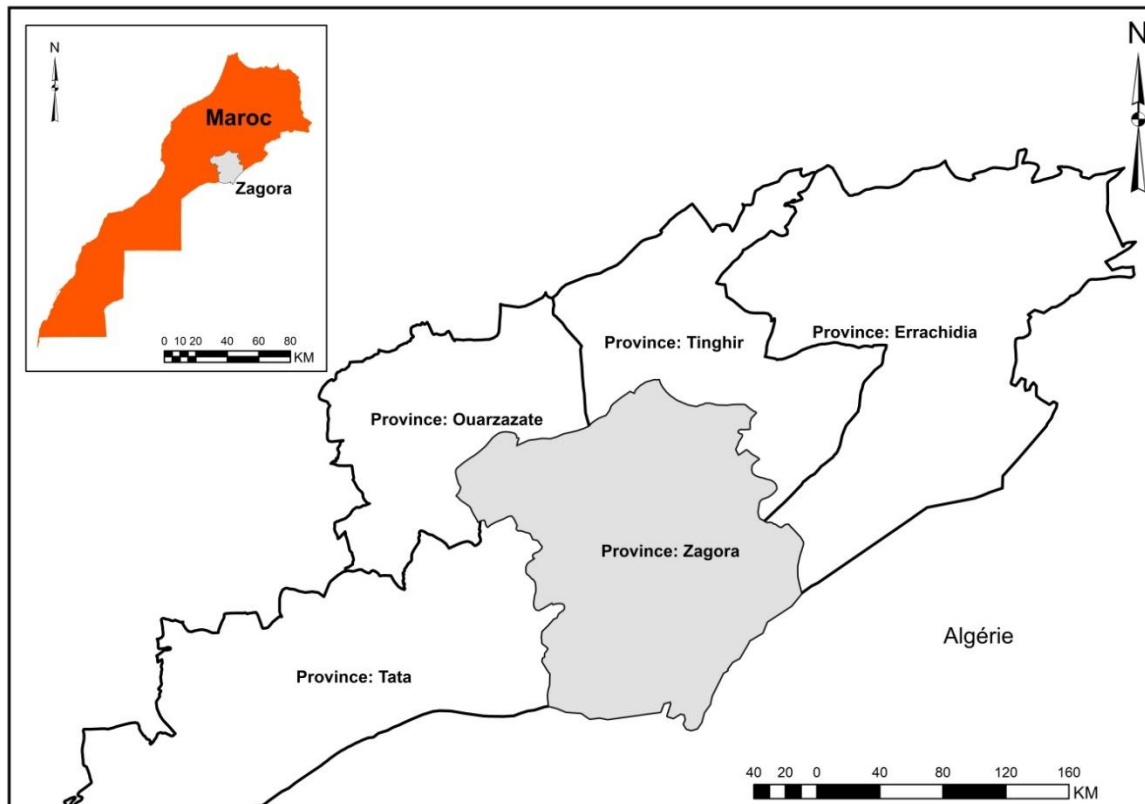


Figure 13: Situation géographique de la Province de Zagora.

Le climat de la région s'inscrit globalement dans l'étage bioclimatique saharien. Il se caractérise par une moyenne de précipitations généralement faible tout au long de l'année. Du Nord (AGDZ) vers le sud (ZAGORA), la moyenne de précipitations passe de 100mm à 60mm. (El Hamouchi et al., 2019). La moyenne des températures est de 12°C en période hivernale et de 35°C en période estivale. De même, les vents dominants dans la région sont le « Chérgui » ce sont des vents, sec et chaud en provenance du Nord-Est, plus fréquent en été, et le « Sahili », plus frais en provenance du Sud-Ouest, plus fréquent en hiver. Sur le plan topographique, la région de Zagora est compartimentée sur des vallées, montagnes, plaines et plateaux désertiques. Ce compartimentage offre des possibilités diverses pour une exploitation variée du milieu naturel dont l'altitude varie entre 728 et 1700 m.

La pédologie de la zone de Zagora présente une diversité très accentuée à savoir : argilo Limoneux, argilo Limono-Sablonneux, argilo-Sablo-Limoneux, et sablo -limono-argileux. Toutefois, le type argilo limoneux reste dominant..(MI, 2012)

Le territoire de la Province de Zagora est traversé principalement par Oued Draà qui constitue le collecteur principal des eaux de surface de la région. Cet Oued draine environ 560 millions de m³ annuellement provenant du Haut Atlas. La régulation de ces apports s'établit grâce au barrage Mansour Ed Dahbi au sud du Haut Atlas qui assure également l'irrigation des palmeraies de la vallée du moyenne Draà.

La végétation de la Province de Zagora est principalement dominée par des formations plus ou moins denses à base de *Tamarix articulata* et *Phragmites australis*. Toutefois, l'espèce arbustive la plus remarquable de la région est *l'Acacia raddiana*, qui forme de formation steppique(MI, 2012).

2. Géologie de la région d'étude

La région de Zagora constitue une partie de l'Anti-Atlas. La composition géologique de Zagora fait apparaître deux parties différentes : le Haut Atlas central, qui fait partie du cycle alpin, et le domaine Anti-Atlasique, qui appartient de l'Afrique du Nord-Ouest. La délimitation entre les deux ensembles est marquée par le Sud-Atlasique. Les points culminants de ce relief peuvent dépasser 4000 m d'altitude (M'goun 4.071 m). D'une manière générale, la région de Zagora est composée de quatre éléments géomorphologiques divers : (Vallées, montagnes, plaines et plateaux désertiques). Ce cloisonnement permet une exploitation diversifiée et complémentaire de la nature. La vallée du Draà médian s'étend ainsi le long d'un chapelet d'oasis de verdure dans cet environnement présaharien. Ces

terrains forment les plaines méridionales du domaine anti-atlasique. De Zagora, les plaines sont constituées d'alluvions hétérogènes, graviers, sables et graviers, limons où se développent des palmeraies sur de vastes étendues.

3. Climat

Le climat est généralement considéré comme un ensemble de phénomènes météorologiques changeant. Il est un des principaux facteurs qui influence directement le contrôle et la répartition des organismes vivants et la dynamique des écosystèmes. (Dajoz, 2003). En général, le climat est un facteur écologique très important, en raison de son influence sur la distribution des phlébotomes et leur reproduction. Les principales caractéristiques climatiques de la zone d'étude sont caractérisées par de forts contrastes de température et une faible pluviométrie. Dans la province de Zagora les stations météorologiques font défaut et même lorsqu'elles existent les données sont fragmentaires. Pour dépasser ce manque de stations, nous avons utilisé les données spatiales à savoir : CHIRPS pour extraire les précipitations et MODIS pour extraire les températures.

3.1. La température

La région de Zagora est sous influence thermique des déserts, qui ont des températures élevées et de grandes variations thermiques en raison de la pureté de leur atmosphère et souvent aussi de leur position continentale (Ozenda, 1983). Les températures sont des facteurs qui permettent de définir le climat de la région. Les températures maximales et minimales mensuelles de la période allant de 2004 à 2020, dans la région de Zagora, sont représentées dans le (Tableau 6). Le Tableau montre que les températures moyennes mensuelles sont élevées en Juin, Juillet et Aout qui enregistre des valeurs moyennes respectivement de 30,60 °C, 33,91 °C et 32,47 °C. Les mois les plus froids sont Décembre, Janvier et Février qui enregistrent respectivement une moyenne mensuelle de 12,01°C, 11,36°C et 13,55°C. Les différents résultats enregistrés montrent que la zone d'étude est caractérisée par une température élevée avec de fortes variations saisonnières dont la température maximale de 43,5 °C a été observée au cours du mois de Juillet dans un village Zaouite Sidi Salah, et la température minimale de 5,3°C a été observée au cours du mois de Janvier dans un village nommé Tassaoune.

Tableau 6: Températures moyennes mensuelles de MODIS 2004/2020.

Station	(°C)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ifert (Ifred)	T.Max(°C)	16,7	19,0	23,7	28,6	32,7	37,4	42,5	40,3	33,0	28,2	21,5	17,4
	T.Min(°C)	8,3	11,0	12,7	19,1	23,3	27,0	29,2	28,7	25,0	19,7	13,5	9,1
	Tmoy(°C)	12,5	15,0	18,2	23,8	28,0	32,2	35,9	34,5	29,0	24,0	17,5	13,3
Ait Ali Ouhassou	T.Max(°C)	15,2	17,1	21,8	26,8	31,0	35,6	40,6	38,3	30,0	25,7	19,5	15,7
	T.Min(°C)	8,1	10,3	12,4	18,6	22,5	26,6	28,7	27,7	24,4	18,9	12,6	8,8
	Tmoy(°C)	11,6	13,7	17,1	22,7	26,8	31,1	34,7	33,0	27,2	22,3	16,1	12,2
Timarighine	T.Max(°C)	12,7	14,3	18,4	23,1	27,1	31,5	35,6	33,2	24,2	22,0	16,4	13,1
	T.Min(°C)	5,6	7,5	10,8	14,9	18,4	22,6	24,0	22,9	20,3	15,6	9,7	6,2
	Tmoy(°C)	9,2	10,9	14,6	19,0	22,8	27,1	29,8	28,1	22,2	18,8	13,0	9,6
Tasla	T.Max(°C)	14,8	16,6	21,4	26,4	30,6	35,3	39,8	37,4	28,9	25,2	18,9	15,3
	T.Min(°C)	5,8	7,7	10,9	15,1	19,0	23,2	25,1	24,3	20,9	15,9	10,0	6,3
	Tmoy(°C)	10,3	12,2	16,2	20,8	24,8	29,3	32,5	30,8	24,9	20,5	14,5	10,8
Tassaoute	T.Max(°C)	15,4	17,5	22,2	27,3	31,6	36,2	40,7	38,3	30,1	25,9	19,7	15,8
	T.Min(°C)	5,3	7,5	10,9	15,0	18,8	22,9	25,1	24,0	20,8	15,7	9,8	5,9
	Tmoy(°C)	10,3	12,5	16,5	21,1	25,2	29,6	32,9	31,2	25,4	20,8	14,7	10,9
Ksar Mougni	T.Max(°C)	14,3	16,2	20,0	25,0	29,6	34,1	38,5	36,3	28,5	24,9	18,7	14,9
	T.Min(°C)	6,4	9,2	11,8	17,4	21,3	25,3	27,0	26,2	23,1	17,8	11,3	7,2
	Tmoy(°C)	10,3	12,7	15,9	21,2	25,4	29,7	32,7	31,3	25,8	21,4	15,0	11,1
Zaouite Leftah	T.Max(°C)	18,5	20,7	25,3	30,4	34,5	38,7	43,3	41,6	35,6	30,1	23,2	19,0
	T.Min(°C)	7,1	9,7	12,0	17,9	21,9	25,8	27,9	27,6	24,2	18,6	12,3	8,3
	Tmoy(°C)	12,8	15,2	18,7	24,2	28,2	32,2	35,6	34,6	29,9	24,3	17,7	13,6
Zaouite Sidi Salah	T.Max(°C)	18,0	19,8	24,7	29,6	33,9	38,4	43,5	41,6	34,7	29,3	22,7	18,6
	T.Min(°C)	6,9	9,5	12,0	17,9	22,0	25,7	27,8	27,9	24,2	18,7	12,0	8,0
	Tmoy(°C)	12,5	14,7	18,3	23,8	27,9	32,0	35,6	34,7	29,5	24,0	17,3	13,3
Touna Niaraben	T.Max(°C)	17,8	19,8	24,4	29,6	33,5	38,2	43,0	41,1	34,1	28,9	22,2	18,4
	T.Min(°C)	7,6	10,2	12,2	18,1	22,0	26,3	28,2	27,8	24,2	18,8	12,4	8,5
	Tmoy(°C)	12,7	15,0	18,3	23,9	27,8	32,3	35,6	34,5	29,2	23,9	17,3	13,4
Bleida	T.Max(°C)	15,0	17,0	21,6	26,5	31,0	35,3	40,0	37,5	29,2	25,6	19,2	15,5
	T.Min(°C)	6,2	8,4	11,3	16,2	20,1	24,3	26,1	25,0	22,0	16,5	10,4	6,8
	Tmoy(°C)	10,6	12,7	16,5	21,3	25,5	29,8	33,1	31,3	25,6	21,1	14,8	11,2
Timtig	T.Max(°C)	17,5	19,6	24,1	29,2	33,7	37,7	41,8	40,0	34,1	29,2	22,3	18,0
	T.Min(°C)	5,9	9,1	11,8	17,4	21,6	25,3	27,5	27,0	23,5	17,7	11,1	7,2
	Tmoy(°C)	11,7	14,4	17,9	23,3	27,6	31,5	34,6	33,5	28,8	23,5	16,7	12,6
Ait Oulahyan	T.Max(°C)	15,9	17,9	22,1	27,1	31,1	35,5	40,7	38,3	29,9	26,1	20,0	16,4
	T.Min(°C)	7,5	9,6	11,9	17,2	21,4	25,3	27,3	26,5	22,9	18,0	11,7	8,0
	Tmoy(°C)	11,7	13,8	17,0	22,2	26,3	30,4	34,0	32,4	26,4	22,1	15,8	12,2

3.2. Les précipitations

Les précipitations constituent un des principaux facteurs pour la réalisation d'une étude climatique. Le climat de cette zone fait globalement partie de la catégorie bioclimatique saharienne. La région de Zagora est connue par une très petite pluviométrie qui ne dépasse guère 100 mm/an. Le Haut Atlas forme une barrière quasi infranchissable pour les vents froids et humides se développent dans la moitié nord du pays. L'insuffisance des précipitations sahariennes s'accompagne d'une irrégularité très sensible du régime pluviométrique et d'une variabilité interannuelle considérable, ce qui accentue la sécheresse (Ozenda, 1991). Selon le (Tableau 7), les précipitations enregistrées au niveau des stations de la Province de Zagora, sont faibles et irrégulières d'un mois à l'autre et d'une année à l'autre. Les précipitations sont surtout concentrées en automne et en hiver. L'année 2019 considérée comme l'année la plus pluvieuse avec une moyenne de 79 mm enregistrée dans la village Zaouite Leftah. La moyenne annuelle des précipitations est de 43 mm/an.

Tableau 7: Moyenne mensuelle des précipitations de CHIRPS 2004/2020 .

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel (mm)
Timarighine	1	1	2	2	1	0	0	1	5	8	6	2	31
Ait Oulahyan	2	2	3	2	2	0	0	1	6	9	7	3	37
Ait Ali Ouassou	2	2	3	2	2	0	0	1	6	9	8	3	40
Ifert (Ifred)	2	3	3	2	1	0	0	1	6	9	7	4	40
Touna Niaraben	3	4	5	3	2	1	0	1	5	13	10	5	53
Tassaounte	1	2	3	1	1	1	0	1	4	9	5	3	32
Tasla	1	2	3	1	1	1	0	1	4	8	5	3	31
Ksar Mougni	5	6	7	3	2	1	0	1	6	16	14	8	69
Zaouite Leftah	6	6	8	4	3	1	0	1	5	18	16	9	77
Bleida	2	3	4	2	1	1	0	1	4	10	7	4	38
Timtig	6	6	8	4	2	1	0	1	4	17	16	9	74
Zaouite Sidi Salah	3	3	4	2	1	0	0	1	3	10	9	5	43

3.3. L'humidité relative

L'humidité relative (HR %) est la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère (Ramade, 2003). L'humidité relative est assez faible au niveau de la région de Zagora. Ce qui explique le climat saharien régnant dans la région. L'humidité relative de l'air varie sensiblement en fonction des saisons. Les faibles niveaux d'humidité relative sont enregistrés pendant les mois les plus chauds et les plus secs de l'année à savoir Juin, Juillet et Août (Tableau 8). (<https://www.meteoblue.com>).

Tableau 8: Humidité relative (HR%) de la région de Zagora pour la période de 2017 à 2019.

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2017	45	46	35	28	27	25	14	20	25	32	28	48
2018	44	47	38	31	33	26	15	32	38	43	47	41
2019	36	32	36	32	22	24	21	26	32	31	44	45

3.4. Vents

Dans la Province Zagora, les vents soufflent pendant toute l'année. Généralement, il existe deux vents chauds et secs à caractère continental d'origine saharienne : Le Chergui est le vent du Nord-Est qui prédomine. Ils sont chauds et très secs pendant la période estivale. Le Sahili est le vent du Sud-Ouest généralement froid et sec en hiver. A Zagora la vitesse moyenne annuelle du vent est de 2,25 m/s.

3.5. Évaporation

A Zagora, la moyenne d'évaporation est de 3000 mm par année. Les données pour les mois de Mai à Septembre représentent plus de la moitié de l'évaporation annuelle totale. Les résultats de l'évaporation potentielle enregistrés à la station ASRIR, située à quelques kilomètres de la ville de Zagora, démontrent le caractère saharien de cette région (faibles précipitations, températures élevées et fortes amplitudes thermiques). L'évaporation est maximale pendant les mois les plus chauds et les plus secs de l'année, à savoir Juin, Juillet et Août.

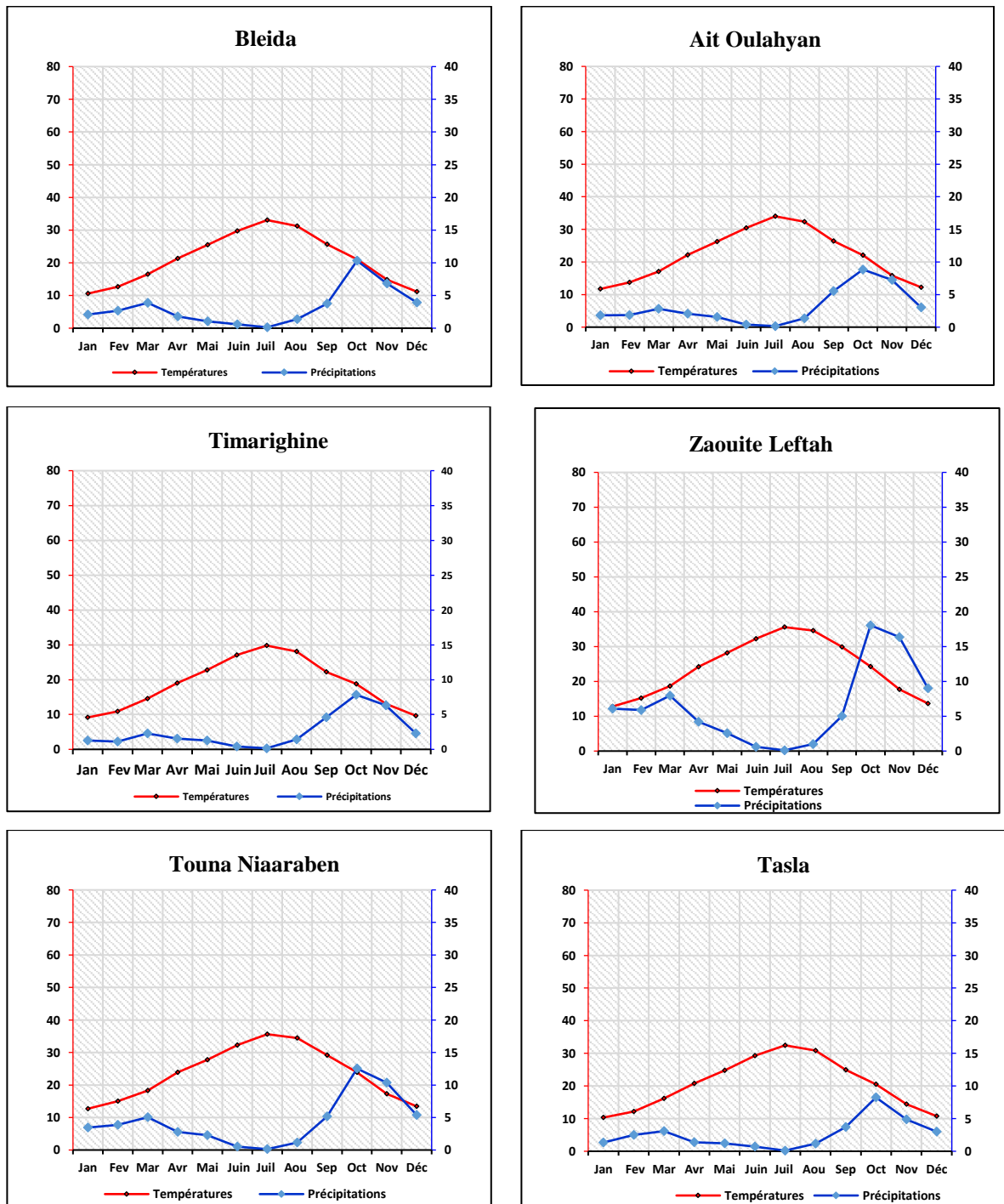
3.6. Les indices climatiques

De nombreux indices climatiques sont proposés. Les plus courants sont basés essentiellement sur la température et les précipitations..

3.6.1. Détermination de la période sèche

Le diagramme Ombrothermique ou indice Xérothermique de Gaussen, permet, grâce à une combinaison des moyennes des températures et des précipitations de mettre en évidence la saison sèche de l'année en définissant les mois secs où le total des précipitations mensuelle est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle. Le diagramme Ombrothermique (Figure 14) établi grâce à cette relation montre l'importance des saisons sèches et humides en durée et en intensité. Quand la courbe de température passe au dessus de celle de précipitations, il s'agit d'un mois sec, dans le cas contraire il s'agit d'un mois humide (Giacobbe, 1961 ; Bagnouls et Gaussen, 1953).

L'exploitation des données climatiques nous a permis de déterminer la nature du climat durant la période d'étude allant de 2004 à 2019. Le diagramme ombrothermique de Gausson des stations de la zone étudiée (Figure 14) montrent l'existence d'une période sèche et allée sur tout l'année avec une grand de intensitéles majorités ses villages de Zagora .A l'exceptions des villages de Ksar Mougni, Zaouite Leftah, Timtig et Touna Niaraben qui préseule une courte période humide située entre les mois d'Octobre à Décembre.



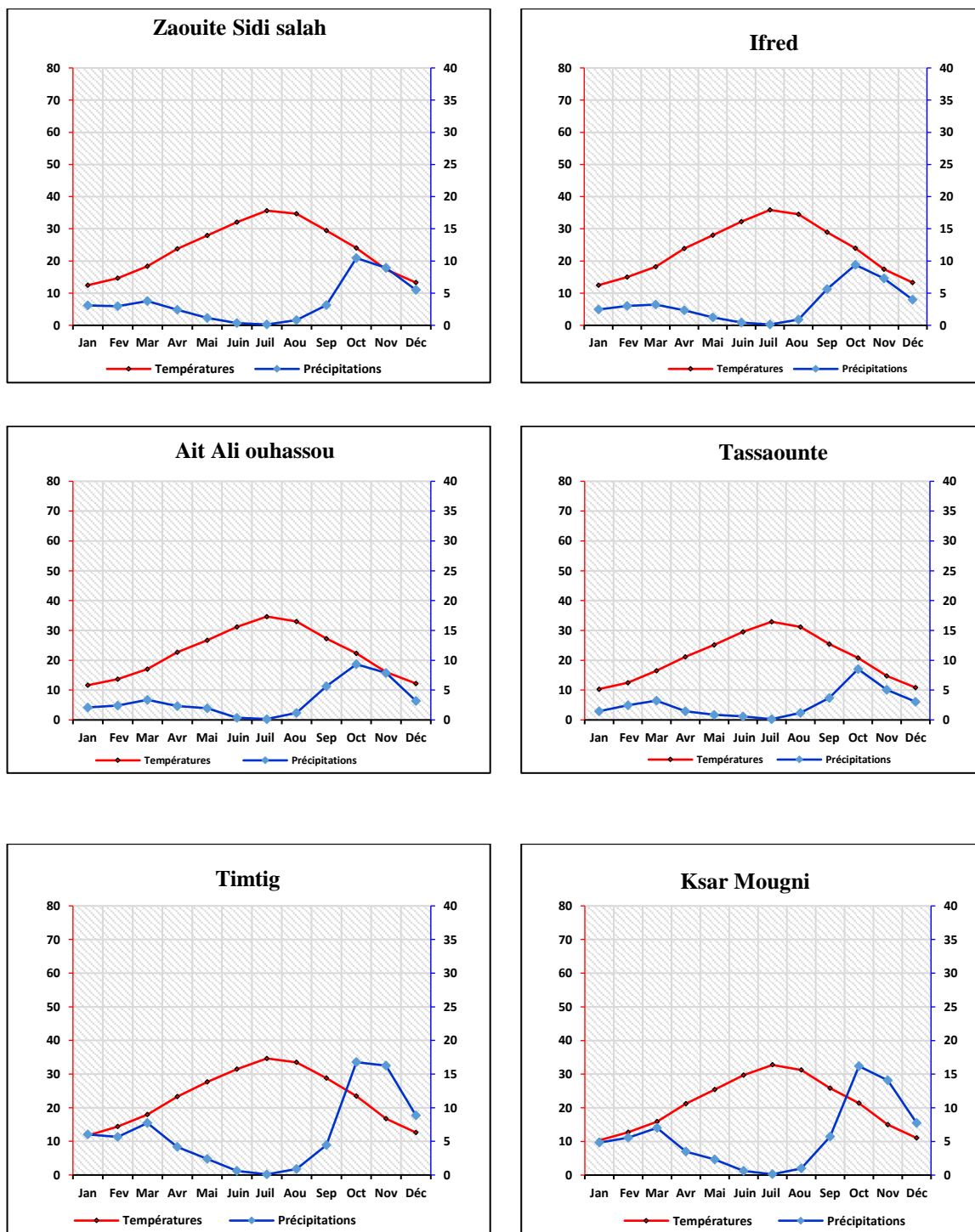


Figure 14: Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls & Goussen (1953) de la période d'étude (2004-2020) établis pour les stations de la région Zagora .

3.6.2. Indice d'aridité de De Martonne

L'indice le plus utilisé pour évaluer l'aridité d'une région est celui de de Martonne (1942). Cette valeur nous permet d'évaluer l'intensité de sécheresse et peut caractériser différents climats :

$$I_{DM} = P / (T + 10)$$

Avec : I : Indice de Martonne ;

P :précipitation annuelle en mm ; T :température moyenne annuelle en °C.

Tableau 9: Classification climatique en fonction de l'échelle de Martonne.

Climat	Valeurs d'IDM
Sec	$I_{DM} < 10$
Semi sec	$10 \leq I_{DM} \leq 20$
Méditerranéen	$20 \leq I_{DM} \leq 24$
Semi-humide	$24 \leq I_{DM} \leq 28$
Humide	$28 \leq I_{DM} \leq 35$
Hyper humide	a. $35 \leq I_{DM} \leq 55$
Hyper humide	b. $I_{DM} > 55$

Tableau 10: Indice d'aridité de la région de Zagora pour les années 2004-2020.

Station	P (mm)	T (°C)	I _{DM}	Climat
Timarighine	31	28,75	1,06	Sec
Ait Oulahyan	37	32,02	1,14	Sec
Ait Ali Ouhassou	40	32,38	1,23	Sec
Ifert (Ifred)	40	33,65	1,19	Sec
Touna Niaraben	53	33,65	1,56	Sec
Tassaounte	32	30,94	1,03	Sec
Tasla	31	30,62	1,02	Sec
Ksar Mougni	69	31,04	2,21	Sec
Zaouite Leftah	77	33,91	2,27	Sec
Bleida	38	31,11	1,24	Sec
Timtig	74	33,01	2,24	Sec
Zaouite Sidi Salah	43	33,64	1,27	Sec

Tableau 11: Classification climatique en fonction de l'échelle de Martonne

Echelle de Martonne	Classification climatique
0 – 5	Désert
5 – 10	Aride
10 – 20	Semi-aride
20– 30	Subhumide
30– 40	Zone humide
<40	Zone très humide

3.6.3. Détermination de l'étage bioclimatique

Le cycle climatique influence la répartition des êtres vivants, il est donc naturel que les écologistes cherchent à caractériser les différents bioclimats. Le quotient pluvio-thermique Q2 d'Emberger (1952, 1955), consiste en une expression synthétique du climat méditerranéen en considérant les précipitations annuelles moyennes (P) en mm et les températures. Pour ces dernières, il prend en compte d'une part le minimum moyen du mois le plus froid (m), et d'autre part le maximum moyen du mois le plus chaud (M). La formule permettant de calculer le Q2 est la suivante:

$$Q2 = 2000 * P / M^2 - m^2$$

Emberger (1955, 1971) propose alors l'établissement d'un climagramme avec m sur l'axe des abscisses et Q2 sur l'axe des ordonnées. Dans un second temps, celui-ci est subdivisé en zones correspondant aux différents étages bioclimatiques méditerranéens selon un gradient d'aridité. Emberger a classé toutes les stations météorologiques selon deux coordonnées : d'une part les valeurs de ce coefficient et d'autre part la température moyenne du mois le plus froid. Il montre donc que le bassin méditerranéen peut être subdivisé en cinq étages bioclimatiques : Saharien, aride, semi-aride, subhumide et humide. En tenant compte des paramètres suivants : P : précipitations annuelles en mm ; M : Température maximale moyenne du mois le plus chaud en °K ; m : Température minimale moyenne du mois le plus froid en °K.

Tableau 12: Caractéristiques bioclimatiques des stations étudiées.

Station	P (mm/an)	M (°C)	M en °K.	m (°C)	m en °K.	Q2	Etage bioclimatique
Timarighine	31	35,59	308,59	5,61	278,61	3,47	saharien inférieur à hiver Tempéré
Ait Oulahyan	37	40,69	313,69	7,53	280,53	3,72	saharien inférieur à hiver chaud
Ait Ali Ouassou	40	40,61	313,61	8,07	281,07	4,12	saharien inférieur à hiver chaud
Ifert (Ifred)	40	42,53	315,53	8,32	281,32	3,92	saharien inférieur à hiver chaud
Touna Niaraben	53	43,02	316,02	7,58	280,58	4,97	saharie inférieur à hiver chaud
Tassaouante	32	40,75	313,75	5,26	278,26	3,02	saharie inférieur à hiver Tempéré
Tasla	31	39,80	312,80	5,79	278,79	3,11	saharie inférieur à hiver Tempéré
Ksar Mougni	69	38,48	311,48	6,39	279,39	7,24	saharie inférieur à hiver Tempéré
Zaouite Leftah	77	43,27	316,27	7,11	280,11	7,13	saharie inférieur à hiver chaud
Bleida	38	40,00	313,00	6,18	279,18	3,84	saharie inférieur à hiver Tempéré
Timtig	74	41,79	314,79	5,94	278,94	6,94	saharie inférieur à hiver Tempéré
Zaouite Sidi Salah	43	43,48	316,48	6,92	279,92	3,92	saharie inférieur à hiver Tempéré

L'étage bioclimatique est évalué par le climagramme d'Emberger, qui permet de situer le de la région de Zagora au niveau de l'étage correspondant. La place de la région dans le

climagramme confirme que cette région est caractérisée par un climat saharien avec à hiver Tempéré à hiver chaud.(figure 15)

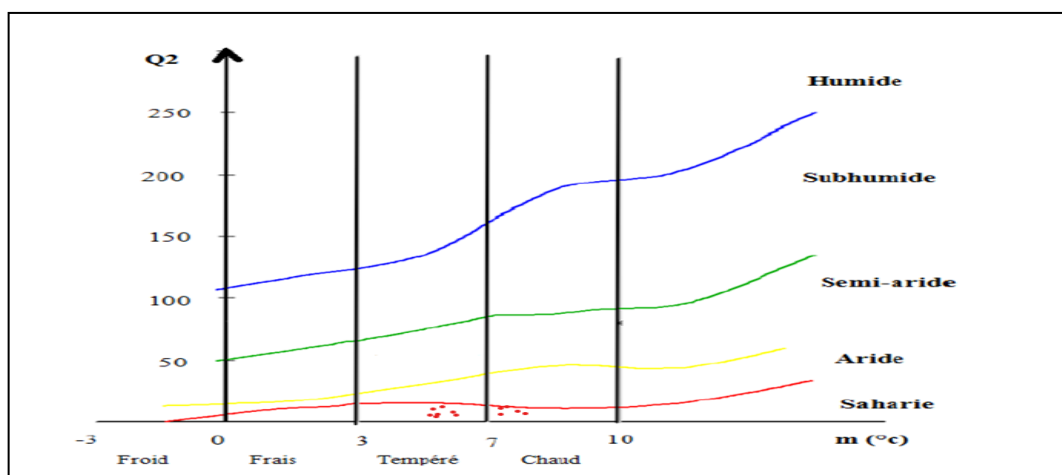


Figure 15: Place des stations dans le climagramme d'Emberge

4. Pédologie

La province de Zagora comprend plusieurs catégories de sols: argilo Limoneux, LimoneuxetSablonneux. La plus grande partie de sols sont de le type argilo limoneux. La zone des plaines et des plateaux: Les terres agricoles ses localisent dans les zones plaines et des plateaux .ces zones ses caractérisés dans sols sableux et parfois caillouteux de couleure brun rouge, brun jaune..Les sols de ce type sont quand même caractérisés par une structure plus ou moins dégradée, une texture fine et une faible teneur en calcaire. De ce fait, ils sont considéré comme des nidies ecologiques pour les rava souris(les rats). De plus, ils ont le rôle de climatisation(pour les souris) principalement en période estivale.Les sols majeurs formés sur le sous-bassinversant de la catégorie moyenne.La région montagneuse qui comprend une grande partie des sols de haute montagne des prairies humifères, qui sont souvent acides au milieu des zones rocheuses et dénudées .

5. Hydrologie

Le territoire de la Province de Zagora est sillonné par l'Oued Draa qui représente le principal collecteur d'eau de surface de la région. La superficie totale de son bassin versant est d'environ 100.000 Km². Malgré l'abondance des eaux souterraines, ce régime est caractérisé par de grandes fluctuations saisonnières de débit, avec une prédominance de crues violentes. La réalisation du barrage Mansour Ed Dahbi au sud du Haut Atlas a permis une certaine

régulation du régime de la Draà centrale. Le dam rend possible la régulation des eaux du bassin du Haute Draà et permet l'irrigation des palmeraies de la région. Les températures élevées de la région provoquent à la fois un réchauffement et une évaporation élevée des eaux du barrage (environ 1.500 mm/an), surtout à son extrémité Ouest, près de la ville d'Ouarzazate, où les eaux reçoivent une certaine charge organique. De plus, la grande majorité de ses eaux lessivent les sols salifères et sont très chargées en sels minéraux, principalement en chlorures. En aval du barrage, la salinité des eaux se renforce progressivement d'amont en aval, ce qui rend le milieu de moins en moins favorable aux plantations fruitières. Le palmier dattier est le seul peut résister à ces conditions édaphique.

6. Végétation

La végétation joue un rôle important dans la répartition des insectes. Elle constitue une sorte de protecteur entre l'insecte et les conditions très sévère dans son environnement. Elle constitue une espèce de protection entre l'insecte et les facteurs physico-chimiques de son environnement. Les formations végétales naturelles dominantes sont : Les steppes cette formation se caractérise par une végétation naturelle généralement, et très clairement parfois herbacées et parsemées. par des arbustes et arbrisseaux. Elle est composée par cortège floristique suivant: (*Aristida plumosa*, *Carthamus duvauxii*, *Heliotropium crispum*), (*Acacia raddiana*), (*Pistacia atlantica*, *Acacia gummifera*) Le milieu agricole est caractérisé dans Oasis (Palemeraie). Le milieu agricole constitue l'essentiel du paysage de la région dense et stratifiée. La présence de la palmeraies s'explique par la remontée de sels et des adventices liées aux cultures elles-mêmes, aussi arbres fruitiers diversifiés : *oliviers figuiers Ficus carica*, *Olea europaea*, grenadiers, *Punica protopunica*, vigne grimpante et *Vitis vinifera*, sont d'autant plus rares que les palmiers qui les dominent sont plus nombreux.

7. La faune de la région de Zagora

Dans ce type de climat et de végétation vit une faune assez variée ; elle est composée de mammifères (rat à trompe, chauve-souris, gerbille, mérione à queue rouge, porc-épic, petite gerboise), d'oiseaux (faucon, outarde, hibou, chouette, pigeon, biset, corbeau), de reptiles (serpents à cornes, lézard), les animaux domestiques (ovins, bovins, caprins et camelins qui sont représentés dans la zone par le dromadaire.

8. Les stations d'études des phlébotomes

Les captures sont réalisées dans la zone prospectée, dans laquelle se trouvent les sites ou biotopes propices au développement des phlébotomes (zones de ponte et de repos). Elles sont choisies pour deux critères. Le premier était l'intérêt épidémiologique lié à la survenue de LC due à *L. major* et le seconde était la richesse et l'abondance spécifique des phlébotomes dans ce site. L'objectif de l'étude était d'évaluer les facteurs impliqués dans la densité et la distribution des différentes espèces de phlébotomes, et de disposer d'un échantillon représentatif de l'ensemble de la région. Plusieurs types de biotopes ont été prospectés au cours de la présente étude. Lors du choix de ces biotopes, nous avons tenu compte des conditions suivantes :

- Intérêt épidémiologique: spécialement dans la province de Zagora, ont été prospectés plus de 12 villages où plus de 70% des cas de leishmaniose cutanée ont été reportés.
- Un milieu pouvant jouer le rôle de gîte de repos pour les vecteurs adultes et qui inclut un ou plusieurs hôtes sur lesquels se nourrissent les femelles (homme, animaux domestiques comme les chiens ou animaux sauvages comme les rongeurs),
- Un milieu qui présente des facteurs favorisant la pullulation des populations de phlébotomes (amoncellement des ordures, richesse en matière organique, humidité importante, abri contre les prédateurs et les influences extérieures).

Nous avons classé les biotopes prospectés en deux grands groupes, en fonction de l'environnement humain :

- ❖ Des biotopes intradomiciliaire, situé dans le milieu domestique, où les pièges sont installés à l'intérieur des habitations humaines, aussi bien en milieu urbain qu'en milieu rural ;
- ❖ Des biotopes dites péri-domestiques situés dans le milieu péri-domestique, les pièges sont installés au voisinage des maisons, dans les étables, poulaillers et niches des chiens (Tableau 13).

Ainsi, notre étude s'est déroulée dans douze villages répartis sur dix communes situées au centre et à la périphérie de la Province de Zagora (Figure 16), à savoir Aitouallal (Timarighine, AitOulahyane), Tansift (Tassaouante, Tasla), Bouzeroual (KsarMougni), Taftechna (TounaNiaaraben), Tamegroute (Timtig), Taghbalat (Ifred), Errouha (Zaouite Leftah), Tagounite (Zaouit Sidi Saleh), Bleida (Bleida) et NKob (Ait Ali Ouhassou).

Tableau 13: caractéristique des sites choisis dans la région d'étude.

secteur	Localité	code	latitude	longitude	altitude(m)	place
Bouzeroual	Ksar Mougni	MO	30,453398	5,973427	776	Rural
Tansift	Tasla	SLA	30,56748	6,757622	1200	Rural
Tagounite	Zaouit sidi saleh	SA	29,919807	5,532192	602	Rural
Tansift	TASSAOUANTE	TAN	30,621055	6,645482	1086	Rural
Bleida	Bleida	BL	30,366209	6,461631	1308	Rural
Errouha	ZaouiteLeftah	FA	30,389026	5,791224	729	suburb
Taghbalt	Ifert (Ifred)	IF	30,680461	5,398339	785	Suburban
Ait ouallal	TIMARIGHINE	TIM	31,070495	6,036366	1020	Rural
Ait ouallal	AIT OULAHYANE	YAN	30,997541	5,88373	2317	Suburban
KNob	AIT ALI OUHASSOU	OUH	30,869321	5,825881	1240	Suburban
Tamegroute	Timtig	TT	30,282958	5,740701	710	Urban
Taftechna	Touna Niaaraben	TO	30,624573	5,832735	904	Rural

8.1. Localité d'Ait ouallal

Ait Ouallal $30^{\circ} 51' 51.86''$ N, $5^{\circ} 53' 20.41''$ W est une commune rurale de la province de Zagora, dans la région du Draa Tafilalet, au Maroc. Elle est située à environ $30^{\circ}51'51.858''$ N $5^{\circ}53'20.412''$ W, près du village de N'Kob et à 27 kilomètres de Tamsahelte. D'après le recensement de 2004, Ait Ouallal compte 9649 habitants avec un taux de pauvreté 44,22% (MI, 2012). Deux villages de captures sont choisis dans la commune d'Ait ouallal.

✚ **Village 1: Timarighine** $31^{\circ},070495''$ N $6^{\circ},036366''$ W se situe sur une altitude de 1020m au niveau de la commune rurale Ait ouallal avec une population qui atteint 347. Une végétation diversifiée constituée principalement de Acacia saharienne. Les précipitations annuelles moyennes sont de 31 mm. Et la température moyenne annuelle est de 19° C. (Figure 16)



(A)



(B)

Figure 16: Sites d'échantillonnages au sein du village Timarighine (Photo personnelle) (A , B) .

✚ **Village 2:Ait Oulahyan** $30^{\circ},869321''N5^{\circ},825881''W$ se situe sur une altitude de 2317m au niveau de la commune rurale Ait ouallal avec une population qui atteint 510. Les précipitations annuelles moyennes sont de 37 mm. Et la température moyenne annuelle est de $22,0^{\circ}C$. Une végétation diversifiée constituée principalement de palmeraie et culture (Figure 17).



(C)



(D)

Figure 17: Sites d'échantillonnages au sein du village Ait Oulahyan (Photo personnelle) (C , D)

8.2. Localité de N'Kob

N'Kob est une commune rurale de la province de Zagora, dans les montagnes de l'Atlas. Il est situé à environ $30^{\circ}52'10.594''N$ $5^{\circ}52'1.652''W$, près du Jbel Saghro et à 24 kilomètres de Tamsahelte ($30^{\circ}49'1.5''N$ $5^{\circ}39'36''W$), et à 40 kilomètres de l'intersection avec la vallée du Draa (Tansikht). Selon les résultats du recensement général de la population et des ménages de 2014, le village a une population d'environ 7209 personnes et un taux de pauvreté de 30,30% (MI, 2012). Un village de capture est choisi dans la commune de N'Kob.

✚ **Village 1:Ait ali ouhassou** $30^{\circ},869321''N$ $5^{\circ},825881''W$ se situe sur une altitude de 770m au niveau de la commune rurale N'Kob avec une population qui atteint 1395. Les précipitations annuelles moyennes sont de 40mm. Et la température moyenne annuelle est de $22,4^{\circ}C$. Une végétation diversifiée constituée principalement des palmeraies ainsi que des cultures, elles sont souvent constituées de variétés locales (Amandier, Olivier, Pommier) (Figure 18).



(E)



(F)

Figure 18: Sites d'échantillonnages au sein du village Ait ali ouhassou (E ,F).

8.3. Localité de Taftechna

Taftechna est une commune rurale marocaine de la province de Zagora, dans la région de Drâa-Tafilalet. Elle est située au nord-ouest de Tiouna n'Iarabene $5^{\circ} 51' 9''$ west, $30^{\circ} 39' 2''$ north. Elle a une population totale de 4787 habitants et un taux de pauvreté de 29,09% (2004), et a une altitude de 942 mètres.

✚ **Village 1 : Touna Niaraben** $30^{\circ},624573''N$ $5^{\circ},832735''W$ se situe sur une altitude de 910m, composée d'une population de 254 habitants à prédominance rurale. Les précipitations annuelles moyennes sont de 53. Et la température moyenne annuelle est de $23,6^{\circ}C$. La végétation est constituée principalement des cultures de palmier dattier grâce à l'irrigation offerte par oued Dra'a (Figure 19).



(J)



(H)

Figure 19: Sites d'échantillonnages au sein du village Touna Niaraben (J ,H).

8.4. Localité de Tansifte

Deux villages de captures sont choisis dans la commune de Tansifte. Elle est située au Nord-Ouest de la province de Zagora, à 36°25'0" Nord, 6°36'0" Est et 443m d'altitude. Elle a une population totale de 12110 habitants et un taux de pauvreté de 34,80.

✚ **Village 1 : Tassaounte** 30,621055"N 6,645482"W se situe sur une altitude de 1086m, est constitué de mur en bordure de route, qui présente une population avoisinante de 3383. Les précipitations annuelles moyennes sont de 32. Et la température moyenne annuelle est de 20,9°C La flore dominante est une flore saharienne qui se compose principalement des arbustes et des formations steppiques (Figure 20).



(I)



(J)

Figure 20: Sites d'échantillonnages au sein du village Tassaounte (K, L).

✚ **Village 2 : Tasla** 30°,56748.5"N 6°,757622"W se situe sur une altitude de 1200m, qui présente une population avoisinante de 3383 avec un taux de pauvreté 34,80%. (MI, 2012). Les précipitations annuelles moyennes sont de 31. Et la température moyenne annuelle est de 20,9°C La flore dominante est une flore saharienne qui se compose principalement des arbustes et des formations steppiques (Figure 21).



(I)



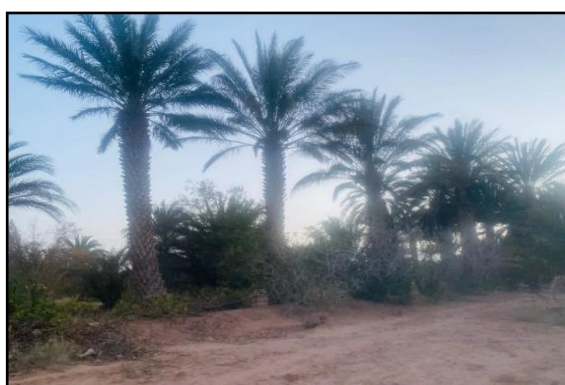
(J)

Figure 21: Sites d'échantillonnages au sein de la village Tasla (I, J).

8.5. Localité de Bouzeroual

Bouzeroual est une commune rurale de la Province de Zagora et a une altitude de 845 mètres. Elle a une population totale de 10060 habitants. Le taux de pauvreté dans cette commune dépasse 45 % (MI, 2012).

✚ **Ksar Mougni** $30^{\circ},453398''N$ $5^{\circ},973427''W$ se situe sur une altitude de 782m avec une population de 803 habitants à prédominance également rurale. Les précipitations annuelles moyennes sont de 69. Et la température moyenne annuelle est de $21,0^{\circ}C$. La végétation ne diffère pas de celle de Touna Niaaraben ; elle est constituée de cultures de palmier dattier et quelques formations Cultures (Figure 22).



(M)



(N)

Figure 22: Sites d'échantillonnages au sein du village Ksar Mougni (M ,N).

8.6. Localité de Bleida

Un village de capture est choisi dans la commune de Bleida. Elle est située au Nord-Ouest de la Province de Zagora, à $30^{\circ} 23' 53''$ Nord, $6^{\circ} 28' 47''$ Est et 1,350 mm d'altitude. Elle a une population totale de 4640 est caractérisée par un taux de pauvreté très élevé 60,26% (MI, 2008).

✚ **Bleida** $30^{\circ},366209''N$ $6^{\circ},461631''W$ se situe sur une altitude de 1308m. Constitué de mur en bordure de route, tout près des maisons. La population de cette dernière (659 habitants) (MI, 2012). Les précipitations annuelles moyennes sont de 38. Et la température moyenne annuelle est de $21,1^{\circ}C$. La végétation est presque absente dans cette localité à part quelques formations arborées d'Acacia saharienne et des formations steppiques (Figure 23).



(O)



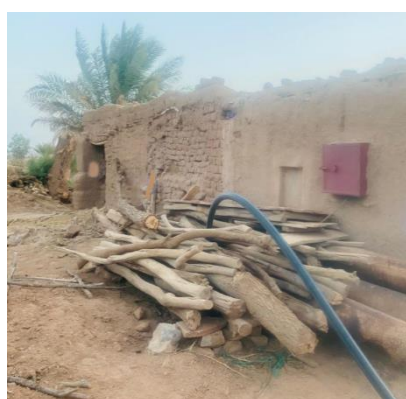
(P)

Figure 23: Sites d'échantillonnages au sein duvillage Bleida (O, P).

8.7. Localité de Errouha

Errouha est une commune rurale de la Province de Zagora et a une altitude de 802 mètres. Elle a une population totale de 9492habitants. Le taux de pauvreté dans cette commune dépasse 54,07 % (MI, 2012).

✚ **Zaouite Leftah** : $30^{\circ},389026''N5^{\circ},791224''W$ se situe sur une altitude de 729m au niveau de la commune rurale Errouha avec une population qui atteint 350. Les précipitations annuelles moyennes sont de 77. Et la température moyenne annuelle est de $23,9^{\circ}C$. Une végétation diversifiée constituée principalement des palmeraies ainsi que des forêts de Tamaris et Acacia (Figure 24).



(Q)



(R)



(S)

Figure 24: Sites d'échantillonnages au sein du village Zaouite Leftah(Q ,R,S)

8.8. Localité de Tagounite

Tagounite est l'avant-dernier commune sur la route du désert, situé entre Zagora et M'Hamid (29° 58' 60" North, 5° 34' 0" W) avec environ 17553 habitants au recensement de 2004 est caractérisée par un taux de pauvreté 26,00%.

- ❖ **Village : Zaouite Sidi Salah** 29°,919807"N 5°,532192"W se situe sur une altitude de 602 m au niveau de la commune rurale Tagounite. Les précipitations annuelles moyennes sont de 43. Et la température moyenne annuelle est de 23,6°C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 43. Et la température moyenne annuelle est de 23,6°C avec une population qui atteint (MI, 2012). Une végétation diversifiée constituée principalement des palmeraies (Figure 25).



(T)



(V)

Figure 25: Sites d'échantillonnages au sein de la village Zaouite Sidi Salah (T ,V).

8.9. Localité de Tamegroute

Tamegroute est un village situé dans la vallée du Draa au sud du Maroc. est situé à 15 km de Zagora en direction de Mhamid. Elle a une population totale de 19560 habitants. Le taux de pauvreté dans cette commune dépasse 38,04% (MI, 2012).

- ❖ **Timtig** : 30°,282958"N 5°,740701"W se situe sur une altitude de 710m. Les précipitations annuelles moyennes sont de 74. Et la température moyenne annuelle est de 23,0°C, avec une population qui atteint 1715 et un taux de pauvreté de 38,04% (MI, 2008). Une végétation diversifiée constituée principalement des palmeraies ainsi que des forêts de Tamaris et Acacia (Figure 26).



(W)



(x)

Figure 26: Sites d'échantillonnages au sein de la village Timtig (W ,X).

8.10.Localité de Taghbalat

Taghbalat est une commune située dans la vallée du Draa au sud du Maroc. Elle a une population totale de 8867 habitants. Le taux de pauvreté dans cette commune dépasse 41,17% (MI, 2012).(Figure 27).



L



P

Figure 27: Sites d'échantillonnages au sein de la Localité de Taghbalat(L ,P).

- ❖ **Village Ifert** (Ifred)30°,680461"N5°,398339"Wse situe sur une altitude de 785m Les précipitations annuelles moyennes sont de40. Et la température moyenne annuelle est de 23,6°C, avec Elle a une population totale de 1501 habitants. Une végétation diversifiée constituée principalement des palmeraies ainsi que des forêts de Tamaris et Acacia (Figure 28).



(y)



(Z)

Figure 28: Sites d'échantillonnages au sein de la village Ifert (Ifred) (Y,Z).

Chapitre II : Matériel et méthodes

Dans ce chapitre, nous allons présenter le matériel et les méthodes employés pour effectuer ce travail de recherche.

Étude épidémiologique de la leishmaniose dans la province de Zagora

➤ **Type et durée de l'étude**

Il s'agit d'une étude rétrospective de tous les cas de la LC enregistrés, sur une période de six ans de mois de 1997 au mois de 2018.

➤ **Collecte des données**

Les données ont été fournies sous format Excel, elles concernent les cas des leishmanioses cutanées enregistrés chaque année. Pour chaque cas, les informations l'année de la maladie et l'origine des patients ont été enregistrés. Ces données ont été fournies par la Cellule Préfectorale d'Epidémiologie de la Délégation Provinciale de la Santé relevant de la Direction Régionale de la Santé Daraa Tafilalt.

➤ **Paramètres recherchés**

Les variables étudiées sont : l'année d'enregistrement, l'âge, le genre, la commune et la forme de leishmaniose.

➤ **Traitement et analyse des données**

Le traitement a été réalisé par Microsoft Excel 2010.

1. Technique de capture des phlébotomes

Pour étudier les phlébotomes adultes dans leur milieu naturel, plusieurs types de pièges peuvent être utilisés selon le but de l'étude effectuée (pièges adhésifs, photo-attractifs, pièges lumineux miniatures de type CDC et aspirateurs buccaux).

Au cours de cette étude, nous avons utilisé la technique de piège lumineux de type CDC miniature, cette méthode offre la possibilité de travailler sur des spécimens vivants qui pourraient faire, ultérieurement, l'objet d'une étude moléculaire et / ou parasitologique.

1.1. Les pièges lumineux

On a fait recours à des pièges lumineux miniatures de type CDC (Center for Diseases Control), adaptés à la capture du phlébotome, qui comprennent :

- Une ampoule de faible luminosité (0,3 A).

- Un moteur permettant le fonctionnement d'un petit ventilateur maintenant une aspiration de faible intensité.
- Un cylindre transparent qui protège l'ensemble lampe-moteur-ventilateur. La partie supérieure est recouverte d'un filet métallique, évitant la pénétration de gros insectes. La partie inférieure s'ouvre sur une cage cylindrique en tissu à mailles fines qui peut être ouverte et fermée par un cordon coulissant.

Il permet la récupération des phlébotomes attirés par la lumière, ce qui offre la possibilité de capturer des espèces vivantes, afin de compléter d'éventuelles études de parasitologie et de biologie moléculaire (analyses enzymatiques et ADN). Pour être efficace, un tel piège doit non seulement être équipé d'une source lumineuse de faible puissance, mais aussi être (piéger continuellement les phlébotomes après leur entrée dans la zone éclairée), à condition de remplacer les cages de collecte par des paniers à mailles fines (tissu à rideaux) adaptés à la petite taille des phlébotomes.

Les pièges lumineux sont placés dans les abris des animaux ; à un mètre de hauteur, ils sont suspendus en des arbres et placés près des terriers des rongeurs. Les pièges sont installés avant le coucher du soleil dans des sites bien déterminés et restent fonctionnels toute la nuit. Le lendemain matin, la cage est détachée et soigneusement fermée en prenant soin d'éviter la fuite des insectes des pièges. Pour maintenir les phlébotomes vivants, spécialement s'il s'agit d'un long chemin. Il est conseillé de placer la cage dans un récipient avec un tampon de coton modérément imbibé d'eau pour lutter contre la dessiccation des insectes et maintenir une humidité relativement favorable pour la survie des phlébotomes (Zouirech Mohamed, 2015) (Figure 29).

La méthode est adaptée aux phlébotomes à la fois exophiles et endophiles. Elle a été utilisée à la fois pour inventorier et suivre l'évolution saisonnière des phlébotomes. Néanmoins, les espèces de phlébotomes réagissent différemment vis-à-vis de la lumière, certaines possèdent un phototactisme positif, négatif ou différent (Rioux J.A. et al., 1970 ; Anonyme, 2010).



Figure 29: Piège lumineux de type CDC (a.b).

1.2. Les pièges adhésifs

C'est la méthode la mieux adaptée à l'inventaire qualitatif et quantitatif des phlébotomes en région méditerranéenne, permettant à obtenir des phlébotomes morts. En se basant sur des feuilles de papier blanc de dimension: 25×20 cm, de préférence qui sont enduites d'huile de ricin (figure 30). A défaut on utilise le papier format A4 (29.7×21) que l'on dispose le soir au coucher du soleil dans les lieux de repos ou de reproduction des phlébotomes et retirés le lendemain matin.

La capture par les pièges adhésifs offre l'avantage de ne pas être répulsive, très visqueuse et facilement soluble dans l'alcool, ce qui rend la récupération ultérieure des insectes moins délicate. Selon l'endroit de piégeage, les papiers dont la transparence reflète une bonne imprégnation huileuse, sont disposés soit en cornets et introduits dans les anfractuosités de murs (Berchi, 1990), soit verticale sur un mur ou clouer sur un support. Les pièges collants ont été utilisés indépendamment pour surveiller les populations de mouches de sable. Après le passage d'une nuit, les pièges sont enlevés et groupés par station dans une enveloppe dont on mentionne le nombre de papier récupéré et le numéro de la station et la date. Cette technique n'attire pas différenciellement les sexes et permet d'étudier les fluctuations saisonnières et de comparer les densités des peuplements des différents biotopes et de servir à l'évaluation entomologique. Les résultats sont exprimés en nombre de phlébotomes par m^2 / nuit de piégeage (Rioux J.A. et al., 1967 ; Anonyme, 2010). Toutefois, l'inconvénient de cette méthode de capture est d'amener des insectes morts et parfois en mauvaise état voir même détériorés (perte de pattes, des antennes, des organes), ce qui rend

l'identification des spécimens très délicate et complique la description des insectes (Talbi, 2016).



Figure 30: Les pièges adhésifs (c,d).

2. Etude des phlébotomes au laboratoire

Tous les spécimens collectés ont été traités au laboratoire d'Entomologie Médicale à l'Institut National d'Hygiène (INH).

2.1. Conservation des phlébotomes

Selon la méthode de capture, les phlébotomes sont conservés comme suit :

- Pour les pièges adhésifs, le dépouillement des papiers doit être effectué le plus tôt possible pour éviter la détérioration des espèces (Figure 30). Les phlébotomes englués sont prélevés à l'aide d'une aiguille fine ou un pinceau imbibé à l'alcool. Les insectes aussitôt récupérés sont mis dans des petits tubes contenant de l'alcool 95°, étiquetés mentionnant, à crayon à mine, la date et la station de capture.
- Pour les pièges lumineux CDC, les phlébotomes capturés sont soit récupérés au captateur manuel et tués à la fumée de cigarette, ou bien mis au réfrigérateur pendant une demi-heure et ramassés à l'aide d'une petite pince, ou encore anesthésiés individuellement au CO₂ (dissections extemporanées).

2.2. Technique de la préparation des lames

2.2.1. Éclaircissement

Cette étape permet de dégraisser les phlébotomes collectés par des pièges adhésifs et de faciliter leur observation ultérieure. Alors, l'alcool est éliminé à l'aide d'une pipette Pasteur

munie d'une poire en caoutchouc, en veillant de ne pas aspirer les insectes avec. Les bains successifs suivants sont ensuite effectués (Abonnenc, 1972) :

- ❖ 5 minutes dans l'alcool-éther (uniquement pour les phlébotomes capturés sur papiers huilés lorsque l'huile de ricin est mal solubilisée) ;
- ❖ 4 à 8 heures dans la solution de potasse (KOH) à 10% ;
- ❖ 8 bains, de 15 minutes chacun, dans l'eau ;
- ❖ 1 heure minimum dans le liquide de Marc-André. Une conservation prolongée des spécimens dans ce liquide ne présente pas d'inconvénient.
- ❖ Composition du liquide de Marc-André (Une conservation prolongée des spécimens dans ce liquide ne présente aucun inconvénient.).
 - Eau distillée 30 ml ;
 - Acide acétique cristallisable 30 ml ;
 - Hydrate de chloral 40 g.

2.2.2. Montage

Afin de faciliter l'identification des spécimens, il existe deux types de montage: le montage rapide dans la gomme au chloral et le montage dans le baume de Canada.

2.2.2.1. Montage dans la gomme au chloral

Ce type de montage favorise notamment la visualisation des spermathèques qui apparaissent très réfringentes et permet une meilleure observation microscopique en contraste de phases. L'inconvénient de la gomme au chloral est de ne pas permettre une observation à long terme, elle se rétracte avec le temps et l'ensemble des structures internes deviennent de moins en moins claire jusqu'à la disparition totale. Alors, cette technique est déconseillée pour une conservation à longue durée. Les phlébotomes sont montés directement dans une goutte de gomme chloral après dilution.

- ❖ Composition de la gomme au chloral (Madulo-Leblond, 1983) :
 - Eau distillée 10 ml
 - Hydrate de chloral 10 g
 - Gomme arabe pulvérisée 8 g
 - Sirop de glucose à 98% 5 g
 - Acétique cristallisable 3 ml

Le mélange obtenu est solubilisé au bain marie à 80°C.

2.2.2.2. Montage dans le baume de Canada

Cette technique est bien recommandée pour la conservation permanente des spécimens collectés. Les spécimens déjà conservés dans le Marc-André sont complètement déshydratés et montés sous la loupe binoculaire dans une goutte de baume du Canada diluée dans du xylène jusqu'à consistance fluide selon les étapes suivants (Abonnenc, 1972):

- ✓ Faire passer les phlébotomes de l'alcool 70°C dans une solution de potasse, laisser éclaircir quelques heures à froid (2 à 4 h);
- ✓ Rincer à l'eau ordinaire pendant une heure;
- ✓ Passer dans la solution de Marc André 2 heures au plus;
- ✓ Passer dans la Fuschine acide (solution aqueuse à 1%) pendant 20 min;
- ✓ Déshydrater successivement par l'alcool à 70°C deux heures ; à 80°C une heure et à 95°C pendant 15 min;
- ✓ Passer dans la créosote de hêtre une heure;
- ✓ Montrer entre lame et lamelle dans une goutte de baume de Canada.

2.2.3. Dissection des phlébotomes

Les phlébotomes conservés dans l'alcool 70° ont été lavés dans 2 bains successifs d'eau distillée. Chaque spécimen a été déposé en position latérale dans l'un ou l'autre des deux milieux de montage.

Le phlébotome a été disséqué, sous la loupe, dans une goutte d'eau distillée. La tête est détachée du reste du corps à l'aide d'une aiguille très fine. Elle est ensuite orientée en face ventrale en position supérieure (*Sergentomyia*) ou en position inférieure (*Phlebotomus*) afin de rendre l'observation des armatures cibariales et pharyngienne plus aisée. S'il s'agit d'un spécimen mâle, en se basant sur le coxite, nombre de soie, pour la détermination de l'espèce.

Pour la femelle, la dissection du génitalia est nécessaire au niveau des 4 derniers segments abdominaux, puis il est monté entre lame et lamelle en vue de l'identification morphologique de l'espèce (Lewis D. J., 1978). Une légère pression sur les téguments terminaux, notamment dans le cas du genre *Larroussius* (Léger et al., 1983) permet de mettre les tissus à observer à plat, position la plus favorable à l'observation microscopique. Pour les espèces sympatriques *Ph. longicuspis* et *Ph. perniciosus*, la différenciation morphologique a été faite selon la description de Berchi et al. (2007).

2.2.4. Identification des spécimens

L'identification des espèces s'est effectuée sous le microscope à l'aide de la clé de détermination établie par Faraj et Himmi (2020)

- Pour les mâles : armature cibariale (*Sergentomyia*) ou de pharyngienne (*Phlebotomus*), forme des valves péniennes, nombre et position d'épines sur le genitalia et nombre de soies apicales sur le coxite ;
- Pour les femelles : anatomie des spermathèques, armature du pharynx et forme et nombre de dents du cibarium.

2.2.5. Analyses des données entomologiques

Les échantillons de phlébotomes capturés dans les milieux d'étude ont été analysés à l'aide d'indices écologiques communément reconnus. Ils ont été exploités afin de procéder à une évaluation quantitative et qualitative des résultats de nos collections. Ces paramètres nous ont permis également de comparer la composition des communautés entre les différents villages étudiés et de tracer l'évolution spatio-temporelle des espèces de phlébotomes identifiées.

2.2.5.1. Abondance relative

Pour une espèce donnée, le rapport entre le nombre d'individus piégés et le nombre total d'individus du peuplement est appelé Abondance relative de cette espèce (Dajoz, 1985). L'abondance relative pour une espèce donnée, renseigne sur la place qu'elle occupe par rapport au reste du peuplement dans un milieu donnée et donne une idée sur son aptitude à coloniser le biotope et sur ses capacités dans l'exploitation de ses ressources.

$$AR = Ni * 100 / N$$

Où : Ni : est l'effectif d'individus d'une espèce récoltée. N : est l'effectif de l'espèce total des phlébotomes collectes.

2.2.5.2. Sex-ratio

Le sex –ratio représente le nombre de males/femelles.

$$Se = M/F * 100$$

2.2.5.3. La densité des phlébotomes

Le calcul de la densité permet de suivre l'évolution quantitative spatio-temporelle des différentes populations phlébotomiennes. En effet cette étude nous a permis de détecter les fluctuations saisonnières des densités de chaque espèce dans un biotope donnée et de connaître les durées de sa colonisation. La densité est calculée selon le type de l'échantillonnage :

- Par les pièges adhésifs : elle est exprimée par l'effectif de l'espèce concernée dans la station par m² de piège et par nuit de piégeage. Pour calculer la surface piégée, il faudra prendre en compte que les deux côtés du piège sont fonctionnels.

$$\text{Densité (D)} = \text{N/S/nuits de capture}$$

Avec : N : Nombre de phlébotomes capturées ; S : Surface de piège = Surface du piège x Nombre de pièges utilisés x 2

- Pour les pièges lumineux, la densité a été calculée comme suit :

$$\text{Densité (D)} = \text{N/ nuits de capture/pièges lumineux}$$

Avec : N : Nombre des spécimens

2.2.5.4. Richesse spécifique

Ce paramètre représente le nombre d'espèces présentes dans un milieu donné. Il s'agit de la mesure de la diversité la plus ancienne et la plus élémentaire, qui reflète le nombre total d'espèces piégées au moins une seule fois dans un site. On utilise l'expression Richesse spécifique, parce que le nombre exact d'espèces au sein d'une communauté est rarement connu. Cependant, la valeur écologique de ce paramètre est limitée.

$$\text{RS} = \text{sp1} + \text{sp2} + \text{sp3} \dots\dots + \text{spn}$$

d'où (sp1 + sp2 + sp3 + spn; sont les espèces observées.)

2.2.5.5. Fréquence d'occurrence

La fréquence d'occurrence appelée aussi (constate d'occurrence, indice d'occurrence ou fréquence d'apparition) est exprimée en pourcentage, elle est comptée parmi les indices écologiques de composition les plus utilisés pour analyser les résultats (Dajoz, 1985). La fréquence est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Ci} = \text{ri} \times 100/\text{R}$$

Avec : Ci : est la fréquence d'occurrence de l'espèce, ri : est le nombre total de prélèvements contenant l'espèce prise en considération, R : est le nombre total de prélèvements faits.

En termes de constance, nous distinguons des groupes d'espèces en fonction de leur fréquence d'occurrence :

- **Les espèces communes** (espèces constantes) sont présentes dans 50 % ou plus des relevés effectués ;

- **Les espèces accessoires** sont présentes dans 25 à 49 % des prélèvements.
- **Les espèces rares** (accidentelles) sont celles dont la fréquence est inférieure à 25 % et supérieure à 10 % ;
- **Les espèces très rares** (très accidentelles) qualifiées de sporadiques, ont une fréquence inférieure à 10 %.

2.2.5.6. L'indice de Simpson

Il mesure la probabilité que deux individus sélectionnés appartiennent à la même espèce, il est calculé par la formule suivante :

$$D = \frac{\sum ni (ni - 1)}{N (N - 1)}$$

ni: nombre d'individus de l'espèce donnée.

N: nombre total d'individus.

D = 0 indique le minimum de diversité. D = 1 indique le maximum de diversité.

2.2.5.7. L'indice de diversité de Shannon-Wiener

Il mesure le degré et le niveau de complexité d'un peuplement. Plus il est élevé, plus il correspond à un peuplement composé d'un grand nombre d'espèces avec une faible représentativité. A l'inverse, une valeur faible traduit un peuplement dominé par une espèce ou un peuplement à petit nombre d'espèces avec une grande représentativité. L'indice de Shannon peut être calculé par la formule suivante :

$$H' = \sum pi \log_2 (pi)$$

Avec : $P_i = n_i/N$; n_i = Effectif de l'espèce n ; N = Effectif total du peuplement

De tous les indices, la formule de Shannon et de Wiener est probablement l'indice le plus couramment utilisé dans la littérature qui considère à la fois l'abondance et la richesse spécifique. Elle semble constituer le moyen le plus utile pour obtenir des indices de diversité significatifs, relativement indépendants de la taille des échantillons (Pielou, 1975).

2.2.5.8. Equitabilité

Cet indice permet d'apprécier les déséquilibres que l'indice de diversité ne peut pas déceler. Ainsi, plus il se rapproche d'un plus il est synonyme d'un peuplement équilibré.

$$E = H' / H \text{ max}$$

Où : H' est la diversité spécifique observée,

Cet indice oscille entre zéro et un. Lorsqu'il tend vers zéro ($E < 0,5$), cela signifie que la quasi-totalité des effectifs tend à être concentrée sur une seule espèce c'est à dire une dominance de certaines espèces donc le peuplement est non équilibré. Si ($E \geq 0,5$) le peuplement est équilibré ou encore s'il est égal à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance (Barbault, 1981).

2.2.6. Analyse statistique

Les fiches remplies après l'identification des phlébotomes ont été saisies et analysées avec le logiciel SPSS (statistic package for social sciences) version 18.0 pour Windows, version 7. SPSS est un logiciel de gestion et d'analyse des données statistiques de portée générale. L'analyse des résultats (fréquence et croisement) a été effectuée par la fonction « statistique descriptive ». La valeur p (Probabilité) a été utilisée pour effectuer les tests statistiques. Si p est inférieur ou égale 0,05, elle est significative. Ainsi l'extrapolation graphique des résultats est réalisée à l'aide du logiciel Microsoft Excel. Toutes les analyses ont été effectuées avec le logiciel de statistique pour les sciences sociales (spss version 20) et les données ont été représentées en médiane (interquartiles a 25 et 75N), pourcentage, et somme. La normalité de distribution a été testée par le test de Kolmogorov –Smirnov. Les tests de Mann –Whitney ou de Kruskal-wallis a été utilisé pour comparer les médianes entre des échantillons indépendantes.

2.2.6.1. Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'ACP est une méthode d'analyse des données et plus généralement il s'agit de la statistique multi-variée. Elle consiste à transformer des variables liées entre elles (dites «corrélées» en statistique) en nouvelles variables décorrélées les unes des autres. Ces nouvelles variables sont nommées composantes principales, ou axes principaux. Elle permet d'explorer les liaisons entre variables et les ressemblances entre individus.



Partie 3 :
Résultats et discussions

Les leishmanioses sont des parasitoses causées par un protozoaire flagellé du genre *Leishmania* qui affecte de nombreuses espèces de mammifères et dont la transmission est assurée par la piqûre d'un insecte Diptera Nematocera appartenant à la famille des Psychodidae et à la sous-famille des Phlebotominae (Rioux et al. 1993). La leishmaniose cutanée (LC) est un véritable problème de santé publique. Trois formes ont été observées, la leishmaniose anthroponotique causée par *L. tropica*, la leishmaniose zoonotique causée par *L. major* et moins fréquemment par *L. infantum* (Rioux J. A. et al., 1942). Chaque année, on assiste à l'émergence de nouveaux foyers, élargissant ainsi l'étendue géographique de la maladie et augmentant son incidence totale. En 2018, le ministère de la Santé a enregistré, respectivement, 8901 et 2909 cas dont 5675 dans la région de Zagora (DELM, 2011 ; DELM, 2012). La lutte contre la maladie était basée sur la détection et le traitement des cas ainsi que sur la lutte antivectorielle. Celle-ci repose essentiellement sur l'amélioration des conditions d'hygiène afin de réduire les lieux de reproduction des phlébotomes. Les moustiquaires imprégnées d'insecticides et de pyréthrinoïdes en pulvérisation intérieure sont souvent utilisées dans les foyers épidémiques nouvellement émergents. Cependant, peu de données sont disponibles sur le vecteur *Ph. papatasi* et les autres espèces vectrices des leishmanioses, en particulier leurs fluctuations saisonnières. Ces informations sont essentielles pour une lutte antivectorielle efficace. Dans ce contexte, nous avons réalisé cette étude pour la première fois dans des les différentes localités de la Province de Zagora, au sud est du Maroc. Cette étude permet donc également de mieux comprendre la dynamique de la transmission de la leishmaniose dans la région de Oued Draà et contribue à la conception future de stratégies de surveillance.

Chapitre I :Etude épidémiologique des leishmanioses dans la Province de Zagora

Résumé

L'incidence annuelle de la leishmaniose cutanée dans la province de Zagora est en progression continue depuis le lancement du PNLL en 1997. L'objectif spécifique de cette étude est de dresser le profil épidémiologique de la population provinciale et déterminer les localités les plus touchées afin de programmer une série d'étude qui aurait pour but de réduire le taux d'incidence de la maladie.

Nous avons ainsi analysé 11584 cas de leishmanioses durant une période de vingt années, de 1997 à 2018. Les résultats de cette étude montrent que le taux d'incidence de cette maladie est en évolution continue et varie entre 612 et 1847 par rapport à 100.000 habitants. La répartition temporelle des cas a montré une coïncidence entre la période d'infestation et la dynamique du peuplement phlébotomien. Les communes urbaines sont moins infestées que les communes rurales. Le plus faible taux d'incidence a été signalé dans la commune urbaine de Zagora, alors que le taux le plus élevé a été enregistré dans la commune rurale, de Tinzouline.

Mots clés: leishmaniose cutanée, épidémiologie, fréquence, dynamique, Zagora.

La source de ces données est l'institut national d'hygiène du Maroc (INH)

1. Introduction

La leishmaniose est endémique au Maroc, Leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) causée par *L. major*, constituent un vrai problème de santé publique, où *Ph. papatasi* est le vecteur éprouvé et la gerbille *Meriones shawi* est l'hôte réservoir dans les zones peuplées. La LCZ à *L. major* a été décrite comme une forme humide nommée « leishmaniose cutanée humide rurale ». Chaque année, le nombre des cas des leishmanioses est en évolution. Le ministère de la santé marocaine a fait une estimation une moyenne annuelle des cas de leishmanioses reportés dans la province de Zagora durant une période de 1997 à 2018, pour la LC, avec une moyenne de 704 cas/ans. En 2018, le PNLL rapportait respectivement 8901 et 2909 cas causés à la fois par *L. major* et *L. tropica*. La leishmaniose cutanée causée par *L. major* est endémique dans le sud et l'est du pays. Plus de 80 % des cas de LCZ signalés sont regroupés dans la région de Deraa Tafilalt au sud-est du pays composé de cinq provinces (Errachidia, Tinghir, Midelt, Zagora et Ouarzazate). Parmi les 8901 cas recensés en 2018, 5675 cas (64%) ont été diagnostiqués dans la province de Zagora, située au sud de la région. La plupart des cas sont concentrés dans les zones rurales où la santé publique les ressources et les infrastructures sont limitées. Différents facteurs ont été impliqués dans la distribution spatio-temporelle de l'incidence de la maladie des leishmanioses (l'urbanisation, facteurs sociaux...) (WHO, 2015). Ce chapitre porte sur une étude épidémiologique de la leishmaniose au niveau de la province de Zagora. Cette région a été considérée comme étant une zone épidémique vu le nombre croissant des cas déclarés chaque année au cours de cette dernière décennie. Cette étude interprète les résultats de l'enquête rétrospective à travers l'évolution temporelle des cas de leishmaniose pendant une période de 1997 à 2018.

2. Résultats

2.1. Caractéristiques liées à la maladie des leishmanioses

2.1.1. Abondance des leishmanioses

Un total de 15483 cas de leishmanioses a été colligés au niveau de la province de Zagora de 1997 à 2018, soit une période de 22 ans avec une moyenne de 703,7 cas par ans (Tableau ci dessous).

Tableau 14: Abondance des cas des LC dans la province de Zagora (1997 à 2018).

Année	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
%	3.7	1.6	1.0	1.0	0.4	0.1	0.3	0.7	1.0	4.2	2.0	9.2	12.2	7.3	3.8	1.2	0.8	0.6	0.5	0.7	11.0	36.7

2.2. Répartition temporelle des leishmanioses

2.2.1. Répartition annuelle des cas des leishmanioses

Selon les dossiers disponibles du ministère marocain de la santé , entre 1997 et 2018, un total de 15483 cas de LCZ ont été signalés au Zagora , la LCZ semble osciller entre des cycles endémiques et épidémiques alternés, le second impliquant des épidémies brutales durant deux ou trois ans et le premier impliquant de longues périodes de rémission d'environ cinq ans ou plus, au cours desquelles les personnes les plus touchées sont les enfants et les nouveaux arrivants. La figure suivante montre l'évolution du nombre des cas déclarés au cours des années. Ce nombre est passé de 574 cas (soit 3,71%) en 1997 à 5675 cas (soit 36,65%) en 2018 (figure 31). En général, de 1997 à 2018, il y avait une augmentation progressive de nombre des cas enregistrés à la suite des maladies des leishmanioses. Mais, de 2002 à 2003, nous avons constaté une régression de nombre de 22,52 cas, qui peut être expliquée par la non déclaration des cas au niveau de PNLL par la population de la région à cause de la méconnaissance et l'absence de sensibilisation des gens de la gravité de cette zoonose. Suivant les épidémies, cependant, le ralentissement des mesures de contrôle crée un risque plus élevé de épidémies dans les zones endémiques, où la dernière épidémie entre 2008 et 2010 comprenait 4437 cas. En retard 2017 et 2018, des rapports ont fait état d'une nouvelle épidémie avec une incidence élevée dans la région comprenait 7385 cas ,celle-ci est due à l'extension de l'épidémie de leishmaniose dans la Zagora .

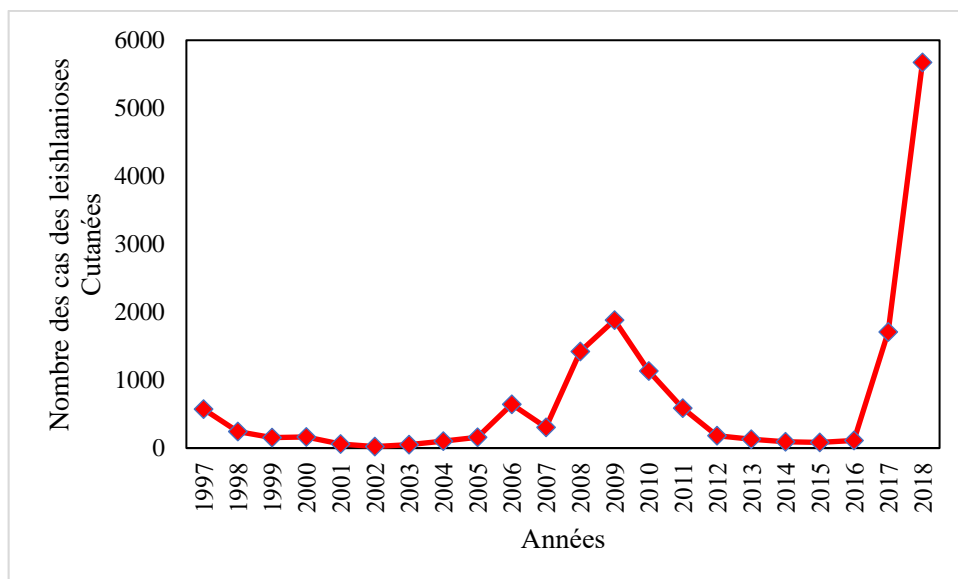


Figure 31: Répartition annuelle des leishmanioses durant 1997-2018.

2.2.2. Incidence annuelle

L'incidence annuelle est le nombre de cas de LC par rapport aux 100000 habitants de la population cible. La province de Zagora a déclarée une incidence moyenne annuelle plus élevée avec deux pics; le premier en 2009, avec un tau d'incidence de 612.42, le deuxième en 2018,avec une incidence de 1846.69 (Tableau 15).

Tableau 15: Variation annuelle de l'incidence des cas de LC durant la période d'étude (1997-2018)

Année	Nbre de cas de LC	taux d'incidence /100000 habitant
1997	574	186,784508
1998	244	79,3996863
1999	154	50,1129168
2000	161	52,3907766
2001	60	19,524513
2002	22	7,15898811
2003	52	16,9212446
2004	103	33,5170807
2005	159	51,7399595
2006	645	209,888515
2007	304	98,9241993
2008	1421	462,40555
2009	1882	612,418892
2010	1134	369,013296
2011	587	191,014819
2012	184	59,8751733
2013	129	41,977703
2014	91	29,6121781
2015	81	26,3580926
2016	111	36,1203491
2017	1710	556,448621
2018	5675	1846,69352

2.3. Répartition spatiale des cas des leishmanioses

2.3.1. Répartition des cas des leishmanioses cutanées selon les communes

La répartition des cas de leishmanioses cutanés selon El Hamouchi et al (2019),les communes de la province de Zagora est représentée sur (Tableau16). La distribution des cas différents dans les communes montre que la ville de Tinzouline est la commune la plus touchée par cette épidémie.Cela est expliquer par le nombre de ses habitants. Le secteur sanitaire de celle-ci a enregistré le plus grand nombre de cas avec 2424cas, soit (55.07 %),

suivi par le secteur sanitaire de Bouzeroual avec 841 cas (19.10 %), le secteur sanitaire de Bni Zoli avec 443 cas, soit (10.06 %) et Tamegroute avec 212 cas, soit 4.82. La commune Tagounite, Tansifte, Taghbalte, Aït Boudaoud N'Kob et Aït Ouallal sont à faible proportions .

Tableau 16: Nombre de cas de LC dans les communes de Zagora Entre octobre 2017 et mars 2018.

Communes	Nombre des cas	%
Tinzouline	2424	55.07
Bouzeroual	841	19.10
Bleida	3	0.07
Errouha	90	2.04
Ternata	33	0.75
Bni Zoli	443	10.06
Taftechna	1	0.02
Tamegroute	212	4.82
Fezouata	72	1.64
M'Hamid El Ghizlane	9	0.20
Tagounite	4	0.09
Agdz	11	0.25
Tamezmoute	18	0.41
Afella N'Dra	14	0.32
Oulad Yahia	45	1.02
Afra	1	0.02
Mezguita	14	0.32
Tansifte	8	0.18
Taghbalte	24	0.55
Aït Boudaoud	1	0.02
Tazarine	7	0.16
N'Kob	4	0.09
Aït Ouallal	4	0.09
Zagora	119	2.70

2.3.2. Répartition spatiale de l'incidence de la LCZ dans les communes rurales de Zagora

La répartition de la maladie au niveau de la commune rurale de Tinzouline était très irrégulière. Elle a fait apparaître un nombre maximum de cas au niveau du village de Ksar Mougni avec une incidence annuelle moyenne déclarée de 498,132005 cas, suivi de la commune de Taftechna. Elle a révélé un nombre maximum de cas de CL observés au niveau du village de Touna Niaraben avec une incidence annuelle moyenne de 299,4011976 cas, puis la commune de Tansift. Elle a révélé un nombre maximum de cas de CL observés au niveau du village de Tasla avec une incidence annuelle moyenne de 413,8338753 cas, et de Tassaouante avec une incidence annuelle moyenne de 491,4004914 cas, de la commune de Bleida, avec une incidence annuelle moyenne de 303,49 cas. suivi de la commune d'Ait ouallal. Elle a permis d'observer un nombre maximum de cas de CL dans le village de Timarighine avec une incidence annuelle moyenne de 576,3688761 cas et Ait Oulahyane avec une incidence annuelle moyenne de 196,0784314 cas, de la commune de Knob. Elle a révélé un nombre maximum de cas de CL observés dans le village de Ait Ali Ouhassou avec une incidence annuelle moyenne de 286,7383513 cas, suivi de la commune de Tamegroute. Elle a révélé un nombre maximal de cas de CL observés au niveau du village de Timtig avec une incidence annuelle moyenne de 446,4285714 cas, de la commune de Taghbalt. Elle a révélé un nombre maximal de cas de CL observés au niveau du village d'Ifred avec une incidence annuelle moyenne de 999,33 cas, soit 55,81%, de la commune d'Errouha. Elle a fait état d'un nombre maximum de cas de CL observés au niveau du village de Zaouite Leftah avec une incidence annuelle moyenne de 1428,57 cas (Tableau17).

Tableau 17: Incidence annuelle de la LCZ dans les localités étudiées dans la province de Zagora (2018).

Localité	Incidence
Ksar Mougni	498.13
Rbat	413.83
Oulad Ahmed Ben Ali	235.29
Tassaouante	491.4
Bleida	303.49
Zaouite leftah	1428.57
Aghlal Lbacha	999.33
Timarighine	576,37
Ait Oulahyane	196.08
Ait Ali Ouhassou	286.74
Touna Niaraaben	299.40
Timtig	446.43

2.3.3. Répartition spatiale des cas de leishmaniose cutanée dans les localités de Zagora

La distribution des patients au niveau des localités étudiées était très hétérogène. Elle a révélé un nombre maximal de cas de LC observé au niveau de la localité de Ksar Mougni avec 56 cas, soit 22,95% par rapport au nombre total des cas de villages, suivi de la localité Touna Niaaraben avec 39 cas , soit 15,98% ,Tassaouante avec 34 cas , soit 13,93%et Bleida avec de 31 cas, soit 12,70% et Timarighine avec de 11 cas, soit 4,51%.Pour les autres localités, des nombres mineurs de cas ont été répertoriés au niveau de Zaouit Sidi Saleh avec 1cas , soit 0,41%, ZaouiteLeftah avec 3 cas , soit 1,23%, Ait Oulahyane avec 2 cas, soit 0,82%, (figure 32). La fréquence élevée des leishmanioses cutanées au niveau de Zagora peut être expliqué par des facteurs bioécologiques qui y règnent d'autant plus qu'il s'agit majoritairement de villages rurales à conditions favorables pour le développement biologiques des vecteurs de la maladie de leishmaniose cutanée.

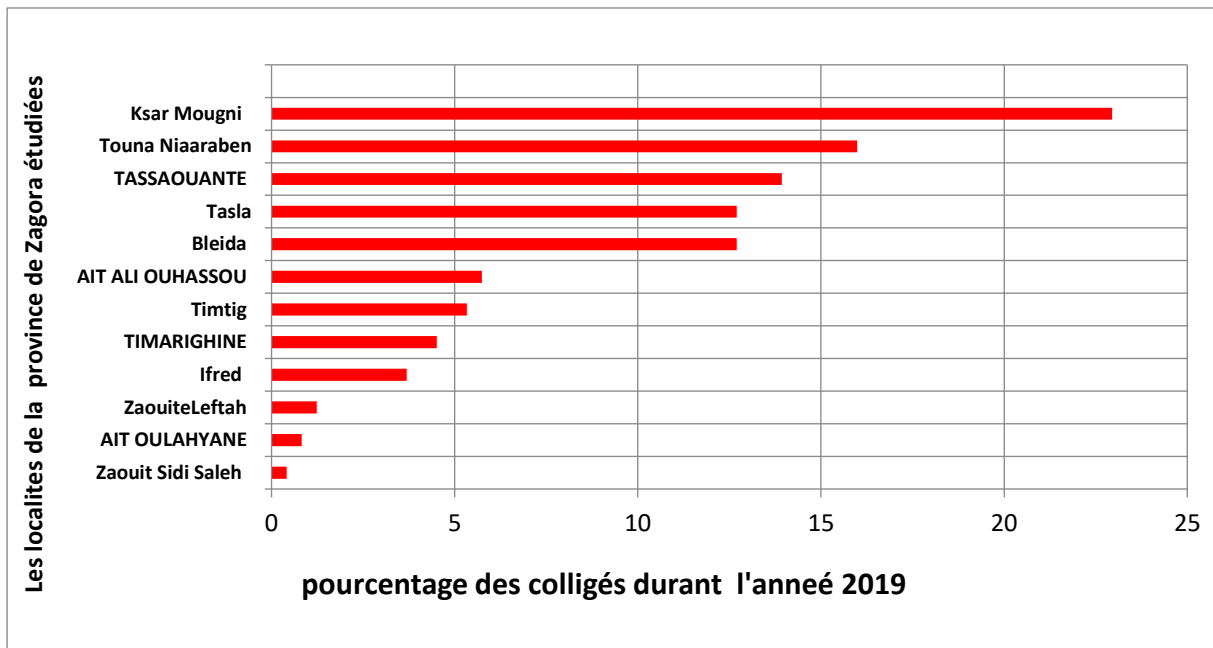


Figure 32: Répartition des cas de leishmaniose cutanée selon les villages(2017-2018)

3. Discussion

La réalisation de cette étude épidémiologique dans la province de Zagora nous a permis d'analyser les données des 11584 cas de leishmanioses et d'établir la distribution géographique et l'évolution temporelle de la maladie dans cette région. Au Maroc, la leishmaniose est un problème majeur de santé publique. (Talbi, 2016). Ces récentes années, les cas sont devenus très fréquents, en termes d'incidence, le nombre de patients augmente, la

répartition géographique se développe, et de nouveaux foyers endémiques apparaissent, aggravant la situation de santé publique. Au niveau du Maroc, la leishmaniose est un important problème de santé publique. (Talbi, 2016). En 1997, un total de 574 cas des leishmanioses cutanées a été signalé au Zagora, cet effectif a été augmenté et passé à 5675 cas en 2018. Au niveau régional, la province de Zagora a compris 7330 cas par rapport à un total de 35193 cas enregistré au niveau du Maroc pendant une période de 2008 à 2017 (Bouhout et al., 2018). L'étude rétrospective a été réalisée durant dix ans, à partir de 2009 jusqu'à 2018 au niveau de la province de Zagora nous a permis de suivre l'évolution des leishmanioses au niveau des communes provinciales. De 1997 à 2018, les leishmanioses ont été toujours présentes dans la province. Un total de 15483 cas de leishmanioses a été colligé au niveau de NCLP de la province de Zagora avec une moyenne de 703,8 cas par ans.

Ceci est expliqué par l'augmentation de nombre des déclarations d'année en années grâce aux campagnes d'information conduites par le ministère de la santé et de la stratégie de lutte contre la maladie suivie, selon le plan national pour la lutte contre les leishmanioses, lancé en 2009, qui parmi ses objectifs la sensibilisation de la population ainsi que l'intensification des activités de dépistage de masse au niveau des écoles et des localités à risque; suite aux recommandations du plan de riposte, une étude prospective de 5 jours en décembre 2018 a été suivie par El Hamouchi et al. (2017) au niveau de la province de Zagora durant l'année 2018 dont aucun cas de LV n'a été signalée. En contrepartie la LCZ était représenté par 114 patients (El Hamouchi et al., 2019) dont le typage enzymatique de l'espèce en cause était révélé appartenant à *de L. major MON-25 (Rioux et al. 1982)*. Au niveau du Maroc, les régions de arides présahariennes arides et de présahariennes sont les régions les plus touchées par LCZ et l'agent pathogène de cette forme est l'espèce *L. major* (Faraj et al., 2013). Selon El Hamouchi et al., entre octobre 2017 et mars 2018, l'analyse des résultats de la répartition des cas des leishmanioses selon le sexe a montré que les deux sexes ont été touchés par cette épidémie. La sex-ratio est en faveur des femelles comme il a été déjà mentionné par (Fellah et al., 2007; Guernaoui 2006a).

L'analyse du nombre de cas positifs en fonction du sexe dans la province de Zagora de octobre 2017 à mars 2018 a montré que la leishmaniose cutanée touche les femmes plus que les hommes avec respectivement un taux de 57.2% et 42.8%. Cela pourrait être principalement attribué au fait, que les femmes, pour des raisons esthétiques (puisque, c'est le visage qui est le plus souvent touché par la maladie), consultent plus fréquemment que les hommes. En outre, les filles s'occupent des activités domestiques, et donc restent en contact

prolongé avec les espèces endophiles, vecteurs de leishmaniose alors que les hommes, vue leur occupation et/ou par négligence des lésions cutanées, indolores, ne consultent que rarement ou seulement en cas de complications. Notre résultat concorde à la fois avec celui de Talbi (Talbi, 2016) , au niveau des provinces Sefrou du Maroc dont les résultats montrent toujours que le sexe féminin est le plus touché par la LC avec un taux de 57,14%. Du même avec celui de Chiheb et ses collaborateurs (Chiheb et al, 1999). au niveau des provinces nordiques du Maroc dont les résultats montrent toujours que le sexe féminin est le plus touché par la LC avec un taux de 56%. Du même au niveau de Chichaoua le sexe ratio était de 0.8 (Zougaghi et al., 2011). La distribution des leishmanioses cutanée selon les classes d'âge a montré qu'aucune tranche d'âge n'est épargnée par la LC avec une prédominance de la population infantile avec une prévalence de 42.1% pour les personnes dont l'âge varie de 0 à 10 ans, ce qui est en accord avec celle obtenue dans des publications antérieures (Talbi, 2016; Fellah et al., 2007; Guernaoui, 2006). Aussi les études qui ont été menées à Azilal (Arroub et al, 2012) ont montré également que la tranche d'âge variant de 0-9 ans est la plus concernée par la LC avec une prévalence de 72,4%. Cela s'explique probablement par la fréquence des consultations et des visites au milieu scolaire, aussi bien, par le manque d'immunité vis-à-vis les leishmanioses chez cette classe d'âge.

En fonction des mois, la distribution mensuelle a révélé un nombre élevé des cas déclarés en mois entre octobre 2017 et mars. Nos résultats vont dans le même sens avec ceux de Talbi, (2016) à Sefrou et de Guernaoui (2005) à Chichaoua. Cependant, nos résultats sont en conformité avec l'aspect typique caractéristique de la transmission de leishmaniose (LC), dont la phase d'infestation remonte aux mois de Novembre et Décembre. Cette répartition mensuelle est en relation étroite avec la dynamique des phlébotomes vecteurs, en tenant compte de la période d'incubation de la maladie qui va de 3 à 4 mois. La répartition des leishmanioses au cours de la période de 1997 à 2018, selon l'origine géographique des patients montre qu'à l'échelle de commune urbaine, 119 des cas des LC ont été diagnostiqués au niveau de la commune urbaine de Zagora, suivi de la commune urbaine d Agdz avec 11 cas de LC .Au sein de ces deux milieux, nous distinguons des caractéristiques favorisant la propagation de la maladie au niveau des localités urbaines; la présence des zones montagneuse caractérisées par la présence des grottes, des vieux murs fendus sans oublier l'accumulation des déchets domestiques à proximité des lieux d'habitation , les mauvaises conditions d'hygiène, la présence d'un abattoir qui cumule ses déchets à proximité des bidonvilles en plus des déchets domestiques expulsés à côté des blocs d'habitation. Au niveau

des communes rurales, la commune Tinzouline a été la plus affectée par LC avec 2424 cas soit 55.07 %. La commune rurale de Bouzeroual vient en second lieu avec 841 cas de LC soit 19.10 %, suivi de Bni Zoli avec 443 cas de LC soit 10.34 %, Tamegroute avec 212 soit 4.95%. Les autres communes rurales sont à faible pourcentage. L'émergence et la réémergence des leishmanioses est liée à plusieurs facteurs de risque (Desjeux, 2002) ainsi que les facteurs bio-écologiques de milieu et les changements climatiques (Rodhain, 2000). Au niveau de la province de Zagora, les zones rurales qui sont touchées par ces fléaux, sont caractérisées par la présence des étables, des grottes, l'accumulation des déchets de bétail et la cohabitation homme-animal et n'oubliant pas la présence des conditions environnementales favorables pour la prolifération des phlébotomes vecteurs (Talbi, 2016).

Conclusion

En conclusion, l'étude épidémiologique montre que le nombre de cas est en constante augmentation. En milieu rural, la commune de Tinzouline a enregistré un grand nombre de cas de leishmaniose. Cette situation nous a amené à développer un plan de recherche entomologique et bio-écologique qui vise à étudier les facteurs qui ont un impact sur la prolifération des vecteurs phlébotomes et contribuer à réduire le risque de transmission et de propagation de la leishmaniose dans les zones endémiques.

Chapitre II : Taxonomie, répartition géographique et intérêt médical des espèces de phlébotomes collectées dans la province de Zagora

Résumé

Le présent chapitre vise l'étude de la biodiversité de la faune des phlébotomes de la Province de Zagora et leur classification systématique ainsi que leur répartition géographique et l'analyse de leur intérêt médical. Cette Province est considérée comme étant un foyer leishmanien caractérisé par une incidence élevée des cas au niveau national. Nous avons utilisé les pièges de type lumineux pour la collecte des phlébotomes. Un total de 18173 spécimens a été inventorié. Les spécimens collectés constituent une population phlébotomienne représentée par deux genres *Phlebotomus* et *Sergentomyia* et réparties en dix huit espèces : *Ph. papatasi*, *Ph. longicuspis*, *Ph. sergenti*, *Ph. alexandri*, *Ph. longeroni*, *Ph. kazeruni*, *Ph. bergeroti*, *Ph. chabudi*, *Ph. chadlii*, *Se. antennata*, *Se. minuta*, *S. dreifussi*, *S. clydei*, *S. africana*, *S. schwetzi*, *S. fallax*, *S. lewisi*, *S. christophersi*. Les résultats de ce travail vont servir à orienter une série d'étude éco-entomologique nécessaire à la mise en place d'une stratégie de lutte contre les vecteurs responsables de la transmission des leishmanioses.

Mots clés : Phlébotome, Systématique, Biodiversité, Inventaire, Zagora, Maroc.

1. Résultats

Les phlébotomes appartiennent à l'embranchement des Arthropodes, classe des Insectes, ordre des Diptères, sous-ordre des Nématocères. Ils présentent un intérêt médical, en jouant en même temps le rôle de réservoir et de vecteur. Ils peuvent transmettre en plus des leishmanioses, la bartonellose et plusieurs arboviroses. Dans ce chapitre, nous avons fait une présentation détaillée des espèces de phlébotomes les différentes espèces capturées au cours de cette étude. Depuis longtemps la systématique des phlébotomes est basée sur des critères morphologiques externes et internes. Les caractères habituellement utilisés pour les identifications (appareil génital, soies thoraciques, dents cibariales, dents du pharynx, nervation alaire, soies antennaires) sont d'utilisation difficile. Une approche pour laquelle d'autres caractères doivent être privilégiés comme ceux thoraciques, céphaliques, abdominaux, ainsi que des caractères moléculaires. En outre, on a essayé d'actualiser et d'apporter un peu plus de lumière sur la répartition géographique de différents phlébotomes capturés.

1.1. Inventaire taxonomique des phlébotomes

Pour réaliser une étude détaillée sur des phlébotomes collectés nous avons fait recours aux caractéristiques spécifiques de chaque espèce, leurs critères morphologiques d'identification, leurs rôles épidémiologiques et leur répartition géographique.

Tableau 18: Inventaire systématique des dix-huit espèces de phlébotomes, regroupées en deux genres et sept sous-genres des différentes stations de la Province de Zagora

Sous-famille des Phlebotominae		
Genre	Sous genre	Espèce
<i>Phlebotomus</i>	<i>Phlebotomus</i>	<i>papatasi</i> (Scopoli , 1786)
		<i>bergeroti</i> (Parrot, 1934)
	<i>Paraphlebotomus</i>	<i>sergenti</i> (Parrot, 1917)
		<i>chabaudi</i> (Croset, Abonnenc et Rioux, 1970)
		<i>kazeruni</i> (Theodor et Mesghali, 1964)
		<i>alexandri</i> (Sinton, 1928)
		<i>chadlii</i> (Rioux, Juminer et Gibily 1966)
<i>Larrousius</i>	<i>longicuspis</i> (Nitzulescu, 1911)	
	<i>langeroni</i> (Nitzulescu, 1930)	
	<i>minuta</i> parroti (Adler et Theodor, 1927)	
<i>Sergentomyia</i>	<i>Sergentomyia</i>	<i>fallax</i> (Parrot, 1921)
		<i>antennata</i> (Newstead, 1912)
		<i>schwetzi</i> (Adler, Theodor et Parrot, 1929)
		<i>africana</i> (Newstead, 1912)
<i>Parrotomyia</i>	<i>Parrotomyia</i>	<i>lewisi</i> (Parrot, 1948)
		<i>dreyfussi</i> (Parrot, 1933)
<i>Grassomyia</i>	<i>Grassomyia</i>	<i>dreyfussi</i> (Parrot, 1933)
		<i>clydei</i> (Sinton, 1928)
<i>Sintonius</i>	<i>Sintonius</i>	<i>clydei</i> (Sinton, 1928)
		<i>christophersi</i> (Sinton, 1927)

1.2. Monographie des phlébotomes collectés

1.2.1. Genre *Phlebotomus* Rondani et Berte, 1840

Le genre *Phlebotomus* comprend sept sous genre et regroupe les espèces impliquées dans la transmission des leishmanioses dans l'Ancien Monde. L'identification du genre *Phlebotomus* est basée essentiellement sur les critères suivants :

- ✓ Présence des soies des tergites abdominaux II à VI dressées ;
- ✓ Armature buccale absente ou rudimentaire sans tache pigmentée ;
- ✓ Cibarium inerme ;
 - Chez le mâle, style porteur de 4 à 5 épines insérées à des niveaux différents et dépourvu de soie non caduque.
 - Chez la femelle, spermathèque annelée ou incomplètement segmentée.

1.2.1.1. Sous-genre *Phlebotomus* *Rodani et Berte, 1840*

Ce sous-genre regroupe les espèces bien individualisées morphologiquement. Il occupe un intérêt épidémiologique remarquable, du fait qu'il englobe des espèces incriminées dans la transmission de la leishmaniose cutanée à *L. major*. Les principaux critères d'inclusion dans ce sous-genre sont (Anonyme, 2010) :

❖ Chez la femelle

- L'armature phrygienne dotée de dents squamiformes ;
- Spermathèque annelée prolongé par une tête arrondie en bouton dont l'aspect en "pompon de marin".

❖ Chez le mâle

- Coxite portant un petit tubercule basal pourvu de nombreuses soies courtes et un placard ayant des soies longues sur sa partie sub-terminale ;
- Pénis, conique et légèrement courbé à son extrémité ;
- Le sur-style armé ;
- Style long (3/4 du coxite) portant VI épines dont III terminales ;
- La paramère critère déterminant du sous-genre, est trilobée :
 - Un lobe ventral court ;
 - Un lobe médian, digitiforme, moins court que le lobe ventral ;
 - Un lobe dorsal, le plus élancé, courbé et pourvue de soies.

a. *Phlebotomus papatasi* (Scopoli, 1786)

Ph. papatasi est un phlébotome de taille très grande comparée aux autres espèces (jusqu'à 2,60 mm). Il est l'espèce la plus connue en raison de sa fréquence et de l'importance de sa zone géographique.

✚ Critères morphologiques d'identification

❖ Chez le mâle

Le génitalia de *Ph. papatasi* est très développé.

- ✓ Le style élancé, 10 à 14 fois plus long que large, il porte cinq épines trapues trois apicales et les deux épines du groupe préapical du style sont submédianes ;
- ✓ Face interne du coxite pourvue dans sa partie supérieure d'un placard ayant en moyenne 11 soies ;
- ✓ Le paramère, élément caractéristique, est trilobé. Il comporte :
 - Un lobe ventral court portant à son extrémité distale une petite épine ;
 - Un lobe médian, digitiforme, plus court que le lobe ventral ;
 - Un lobe dorsal, le plus long, nettement arqué et hérissé de soies sur sa concavité.
- ✓ La valve pénienne courte avec une extrémité mousse ;
- ✓ Le lobe latéral porte à son extrémité distale deux épines spatulées.

❖ Chez la femelle

La structure du pharynx et la morphologie des spèrmathèques sont des éléments qui ont permis l'identification de la femelle.

- ✓ Les spèrmathèques sont annelées, tête de spèrmathèque sessile ;
- ✓ Les spèrmathèques comportent six à dix annulations dont la dernière est de même taille que les précédentes ;
- ✓ Le pharynx denticulations larges sur les bords, plus petites au milieu où elles sont le plus souvent transformées en stries denticulé (Figure 33).

✚ Répartition géographique

Cette espèce est récoltée dans tout le pays est considéré parmi les espèces les plus abondantes au sud Maroc. Elle est décrite pour la première fois au Maroc par Delanoë (1916) et considérée parmi les espèces domestiques et (pré domestiques) dans les zones arides. On l'a trouvée plus fréquente dans notre collection. Cette espèce est plus adaptée à l'environnement aride et saharien et moins adaptée à l'environnement semi-aride et

humide *p. papatasi* est bien répandue dans les zones où la température varie entre 16°C et 44°C (Bounamous, 2010). Alors, elle pourrait être collectée en altitudes allant du niveau de la mer jusqu'à plus de 1500 m (Faraj et al 2013). *Ph. papatasi* est très largement distribué dans le bassin méditerranéen et s'étend vers l'est jusqu'en Asie et en Inde (Boussaa, 2010 ; Pralong et al 2009 ;Karmaoui, 2020).

✚ Intérêt médical et répartition géographique

Ph. papatasi est prouvé un vecteur confirmé de *L. major* dans les pays méditerranéens et en particulier dans les zones arides et sahariennes (Killick-Kendrick, 1990). L'isolement et le typage du parasite chez ce vecteur a confirmé son rôle épidémiologique. Cette espèce est aussi incriminée en Tunisie et à l'est de l'Araie Saoudite (Killick-Kendrick et al., 1985), en Iran (Yaghoobi-Ershadi et al., 1995). *Ph. papatasi* est considéré comme une espèce réfractaire à *L. tropica* (Rioux et al. 1986).

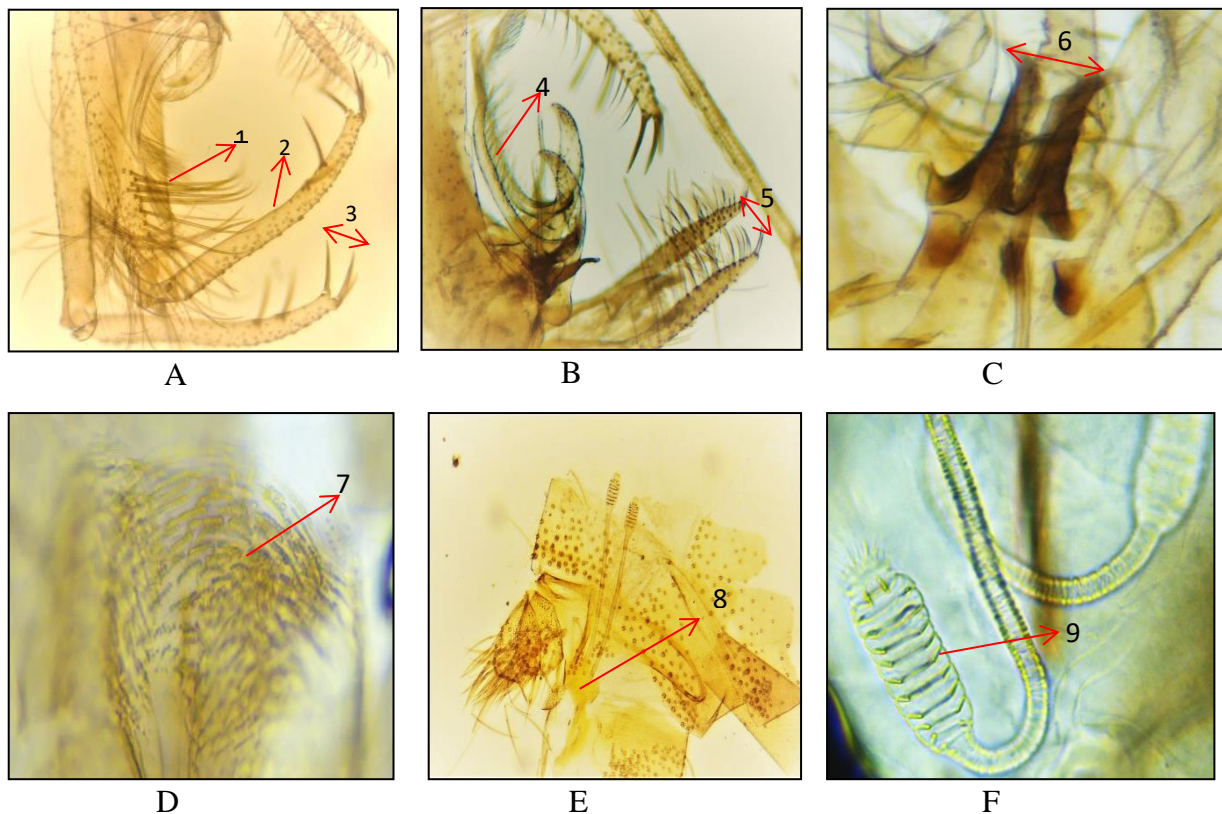


Figure 33: Critères d'identifications morphologiques de *Phlebotomus papatasi* : Genitalia mâle; A.1,2,3 Soies ,Styles, épines; B.4 ,5 Le paramère ,lobe latéral,C.6, La valve pénienne ; D.7 pharynx denticulations de la femelle ; E. 8,Furca ;F.9 Spermathèques. (Photos personnelles).

Elle a été mentionnée au Maroc pour la première fois par Delanoë (1916) et considérée parmi les espèces domestiques (pré-domestiques) dans les zones arides. *Ph. papatasi* est relayé vers le Sud par deux espèces affines ; *Ph. bergeroti* et *Ph. duboscqi*. Cependant, on l'a trouvé relativement très fréquente dans notre collection. Cette espèce est plus adaptée à l'environnement aride et saharien et moins adaptée à l'environnement semi-aride et humide (Bailly-Choumara et al., 1971 ; Rioux et al., 1984 et Boussaa et al., 2008a). *Ph. papatasi* est bien répandue dans les zones où la température varie entre 16 °C et 44 °C. Alors, elle pourrait être collectée en altitudes allant du niveau de la mer jusqu'à plus de 1500 m (Faraj et al., 2013). *Ph. papatasi* couvre le bassin méditerranéen jusqu'à l'Inde, en passant par les régions du Soudan et de l'Éthiopie (Abonnec, 1972). Au niveau d'Aichoune, *Ph. papatasi* est considéré parmi les espèces les plus représentatives de la zone d'étude

b. *Phlebotomus bergeroti* (Parrot, 1934)

Le génitalia mâle de *Ph. bergeroti* se distingue de celui de l'espèce *Ph. papatasi* par la position relative des deux épines proximale et des styles.

✚ Critères morphologiques d'identification

❖ Chez le mâle

- ✓ Le style seulement 6 à 8 fois plus long que large et portant 5 épines courtes : 2 terminales, subterminale et les deux épines du groupe préapical du style sont subterminales ;
- ✓ Le coxite porte vers la partie postérieure de sa face interne un placard de 6 à 7 soies longues bien différenciées.

❖ Chez la femelle

- ✓ Les spermathèques comportent 5 à 8 annulations dont à peu près égaux ;
- ✓ Les spermathèques sont annelées, tête de la spermathèque sessile ;
- ✓ Le pharynx postérieur muni de denticulations irrégulières (Figure 34).

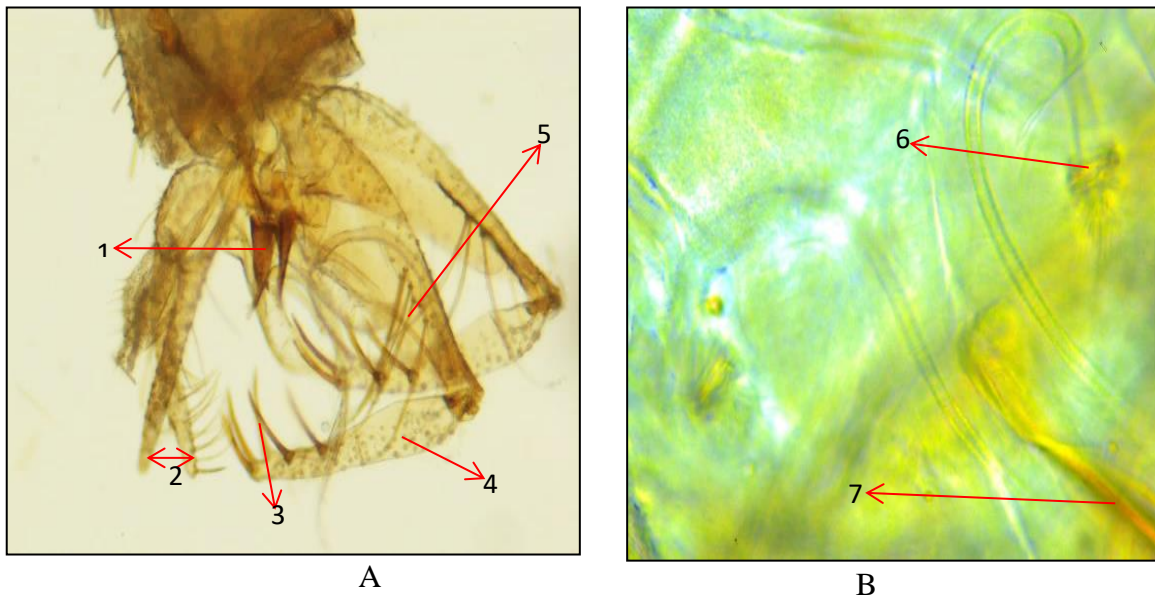


Figure 34: Critères d'identifications morphologiques de *Phlebotomus bergeroti*:

Génitalia mâle(A) ;1,2,3,4,5, La valve pénienne, lobe latéral, les épines, le Style, les Soies; Génitale femelle(B),6,7, Spermathèques, Furca. (Photo personnelles).

✚ L'intérêt médical et la répartition géographique

On ne connaît pas encore les préférences trophiques de cette espèce. Il a été observé que dans des conditions de laboratoire, cette espèce était capable de transmettre *L. major* (Hanafiet al., 1996) et elle est suspectée de jouer un rôle dans la transmission de ce parasite au Burkina Faso, en Egypte, en Iran, en Mauritanie, à Oman, au Tchad et au Yémen sur la base de données épidémiologiques (Maroli et al., 2013).

Elle est décrite pour la première fois au Maroc par Parrot, 1934. Cette espèce est considérée parmi les espèces les moins abondantes au sud Maroc, essentiellement capturée au Sud des Atlas à l'étage saharien (Rioux et al., 1975). Aussi, elle a été trouvée à l'étage sub-humide frais et à l'étage aride frais. *P. bergeroti* s'étend sur la zone désertique saharoyéménite, de la Mauritanie à l'Iran (Abonnenc & Pastre, 1971).

1.2.1.2. Sous-genre *Paraphlebotomus* Theodor, 1948

❖ Chez la femelle

- ✓ Le pharynx des femelles porte de grandes dents dirigées vers l'arrière avec des bords lisses, qui apparaissent comme un réseau.
- ✓ Les spermathèques ont généralement leur segment terminal beaucoup plus gros que les autres.

❖ Chez la femelle

- ✓ Les mâles ont des lobes caractéristiques sur la surface interne de leur coxite, portant des touffes de longues soies, et un style relativement court avec 4 longues épines, 2 près de la pointe et 2 près de la base.

Les espèces de ce sous-genre se produisent principalement dans la région Maghreb, certaines sont avérées ou suspectées de transmettre des leishmanioses, typiquement des CL dues à *Leishmaniatropica*. Dans la région du Maghreb, 5 espèces du sous-genre *Paraphlebotomus* ont été identifiées.

a. *Phlebotomus sergenti* Parrot, 1917

C'est une espèce très bien adaptée au climat du Maroc.

✚ Critères morphologiques d'identification

❖ Chez le mâle

- ✓ Un style enflé, au plus 3 fois plus long que large, armé de quatre épines dont une seule terminale et les autres insérées à des niveaux différents.
- ✓ Le lobe basal du coxite, étroit et court, aussi, plus long que large, digitiforme, muni soies peu nombreuses (environ 15).
- ✓ Le lobe latéral est plus long que le coxite.
- ✓ La valve pénienne est en cône court à extrémité mousse et légèrement recourbées.

❖ Chez la femelle

- ✓ Les spermathèques sont annelées présentant de trois à sept anneaux
- ✓ Le segment terminal de la spermathèque, plus long que large, très dilaté et subovale.
- ✓ Les écailles pharyngiennes polymorphes de grande taille et acérées, très irrégulièrement réparties et les antérieurs allongées avant en arrière et généralement ouvertes.
- ✓ Les conduits sont striés sur toute leur longueur (Figure 35).

✚ L'intérêt médical et la répartition géographique

Ph. sergenti est un vecteur prouvé de *L. tropica* (Killick-Kendrick, 1990). Il a une forte susceptibilité à *L. tropica* après une infection artificielle (Killick-Kendrick et al., 1995), il est capable de la transmettre par piqûre (Svobodova & Votypka 2003) et il se nourrit sur l'homme dans la nature (Volf et al., 2002). Son rôle vecteur a été prouvé d'abord en Arabie Saoudite (Al Zahrani et al., 1988), et ensuite au Maroc (Guilvard et al., 1991). Ce rôle a été

confirmé aussi en Israël (Jacobson et al., 2003, Schnur et al., 2004) et en Ethiopie (Gebre-Michael et al., 2015).

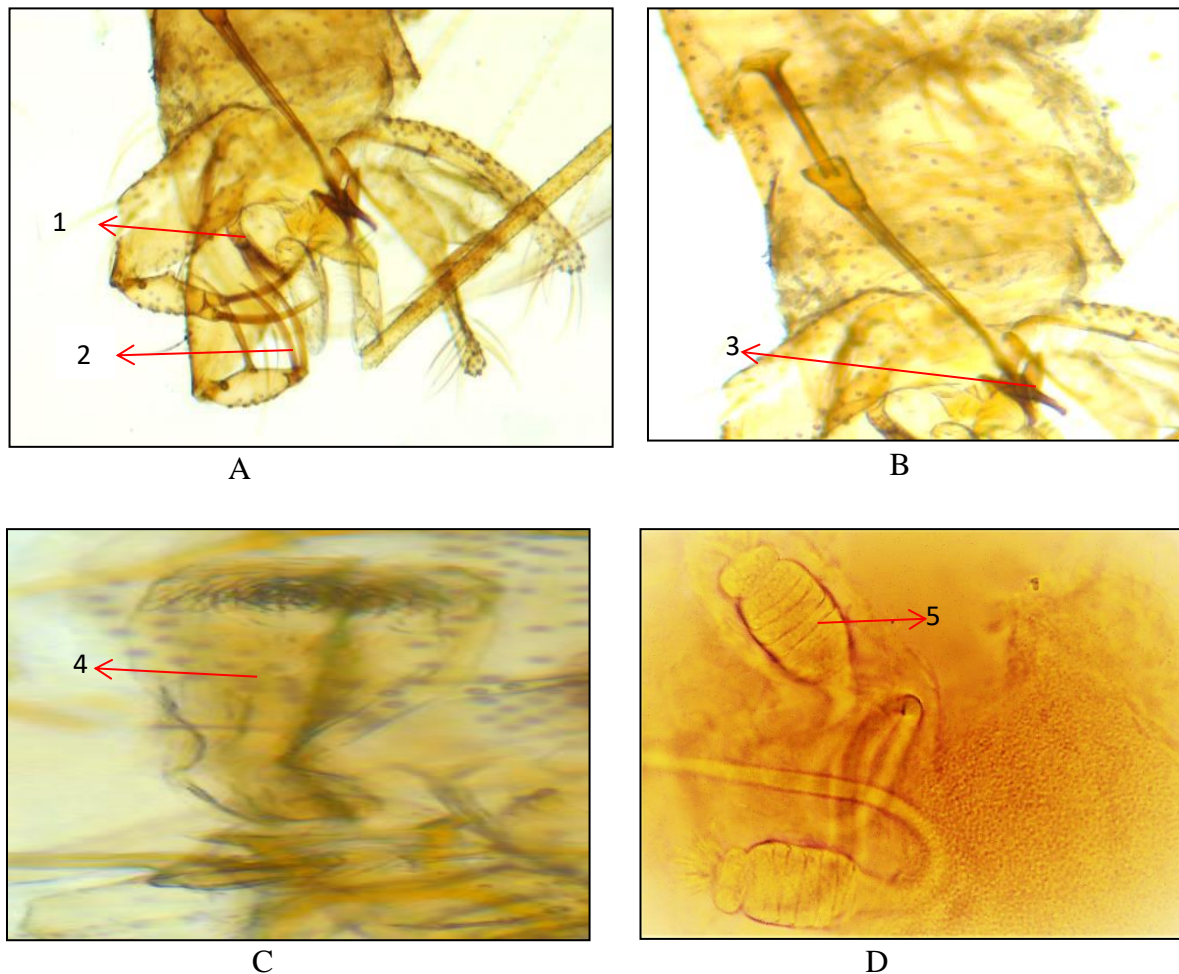


Figure 35: Critères d'identifications morphologiques de *Phlebotomus sergenti* : Génitalia mâle (A) 1, 2, 3 Le lobe basal, les épines, La valve pénienne; Génitalia femelle, 4, 5 Pharynx, Spermathèques. (Photo personnelles).

Au Maroc, *Ph. sergenti* est signalé comme une espèce largement répandue dans tout le pays (Gaud 1947 ; Bailly-Choumara et al., 1971; Rioux et al., 1984) et présente une diversité génétique considérable (Yahia et al., 2004). Le mâle de cette espèce est décrit d'Algérie et la femelle du Portugal 10 ans plus tard. La question de l'unicité du taxon est toujours posée. *Ph. sergenti* est présent dans le sud et l'ouest du bassin méditerranéen (Depaquit et al., 2000). Sa répartition s'étend vers l'est en Iran, en ex-URSS, au Pakistan et en Inde. En région afro-tropicale, il est signalé dans de rares stations d'altitude (Abonnenc, 1972).

b. *Phlebotomus alexandri* (Sinton, 1928)

✚ Critères morphologiques d'identification

❖ Chez le mâle

- ✓ Le style allongé à 4 épines (une terminale, une sub-terminale et 2 médianes) ;
- ✓ Le lobe basal du coxite est court, trapu, nettement dilaté à l'extrémité et surmonté d'une touffe de soies longues et fournies ;
- ✓ Le lobe latéral est sensiblement de la même taille que le coxite ;
- ✓ Les écailles de l'armature pharyngienne formant des cellules à paroi épaisse les antérieures généralement fermées et s'ordonnant en réseau transversal ;

❖ Chez la femelle

- ✓ La spermathèque possède une spermathèque annelée de 5 à 7 anneaux ;
- ✓ Le pharynx postérieur est armé d'un réseau de fortes dents écailleuses régulièrement disposées (Figure 36).

✚ L'intérêt médical et la répartition géographique

Le rôle de *Ph. alexandri* dans la transmission de *L. infantum* a été prouvé en Chine (Zhang et al., 1997). En Tunisie, Croset et ses collègues (Croset et al., 1978) ont suspecté son rôle dans la transmission du cycle de la leishmaniose en raison de son abondance dans les biotopes secs et rocheux (cavités et crevasses creusées dans les falaises rocheuses) où les rongeurs notamment *Ctenodactylus gundi* et les reptiles abondent (Dedet et al., 1984). Cependant son rôle dans la transmission de *L. major* reste suspect. Au Maroc, il n'a jamais été trouvé infecté par des leishmanies.

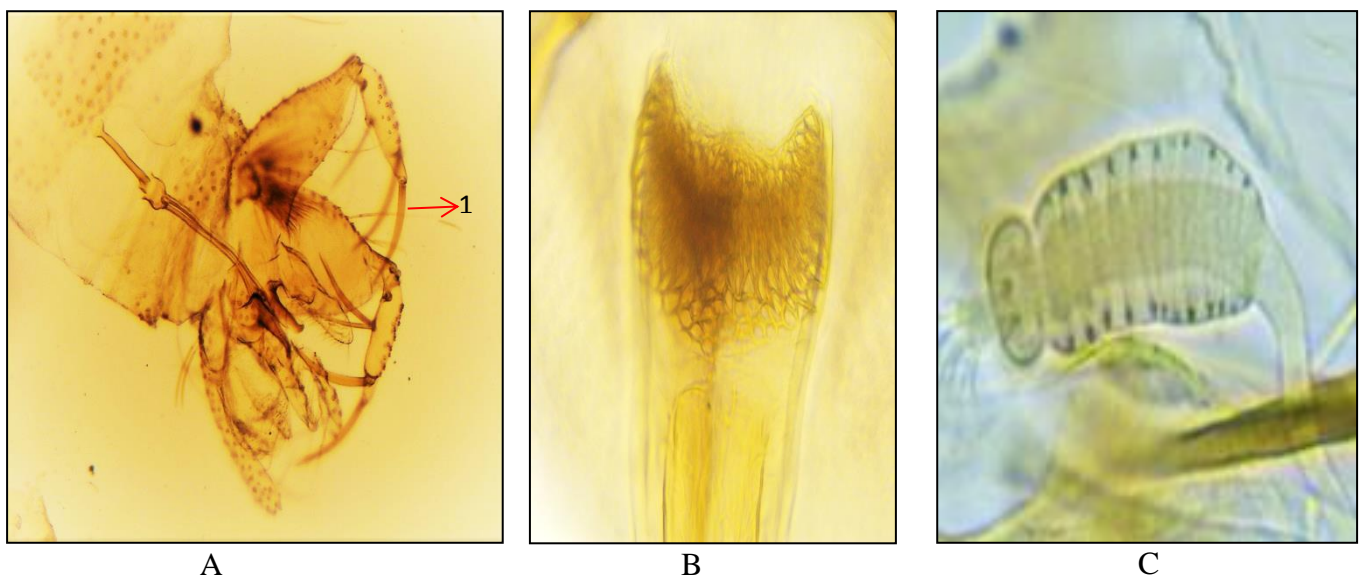


Figure 36: Critères d'identifications morphologiques de *Phlebotomus alexandri*: Genitalia mâle (A) 1, Le épine; Génitale femelle (B,C), Pharynx, Spermathèques. (Photo personnelles).

Au Maroc, *Ph. alexandri* est une espèce que l'on trouve exclusivement au sud de l'Atlas saharien (Gaud, 1947; Bailly-Choumara et al., 1972; Rioux et al., 1984). Espèce de répartition géographique très vaste intéressant les régions paléarctique et orientale. Elle atteint l'Inde et la Chine.

c. *Phlebotomus chabaudi* (Croset, Abonnenc et Rioux, 1970)

✚ Critères morphologiques d'identification

❖ Chez le mâle

- ✓ Style pourvu de 4 épines ;
- ✓ Le coxite présentant un lobe basal de taille moyenne, peu élargi à l'apex et muni de 6 à 10 longues soies ;
- ✓ Le lobe latéral plus long que le coxite;
- ✓ Les valves péniennes effilées en forme de dague.

❖ Chez la femelle

- ✓ Le spermathèque est anneau, pourvu de 6 à 8 anneaux. Le dernier segment de la spermathèque en forme d'entonnoir, relié au précédent par un pédoncule long et grêle ;
- ✓ Les conduits sont striés ;
- ✓ Le pharynx présentant une plage écailleuse étendue (1/3 postérieur de l'organe) formée d'écailles de taille moyenne, très nombreuses et irrégulières (Figure 37).

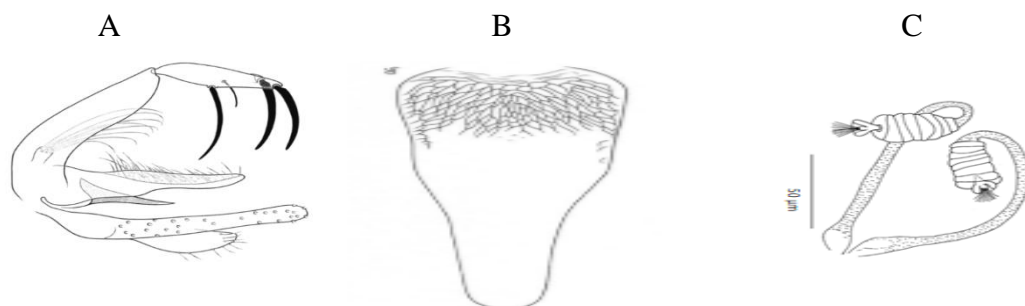


Figure 37: Critères d'identifications morphologiques de *Ph. chabaudi*. Génitalia mâle(A) ; Génitale femelle, (B)Pharynx, (C)Spermathèques (Faraj & Himmi, 2020).L'intérêt médical et la répartition géographique

Les préférences trophiques de cette espèce ne sont pas encore connues, pas plus que son éventuel rôle pathogène. Cependant, Corset et al 1987 et Dedet 1979 l'ont suspecté en tant que vecteurs probables de la LC en Afrique du nord Tunisie.

Ph. chabaudi est signalées pour le première fois au Maroc par Rioux et al (1975). Toutefois, elle est moins fréquente sur le territoire marocain, comme s'était le cas dans

notre collection. Cette espèce a été décrite par plusieurs auteurs dans le bassin méditerranéen. En Tunisie par Ghrab et al ,2006. En Espagne par Morillas et al. (1982).

d. *Phlebotomus kazeruni* (Theodor et Mesghali, 1964)

✚ Critères morphologiques d'identification

❖ Chez le mâle

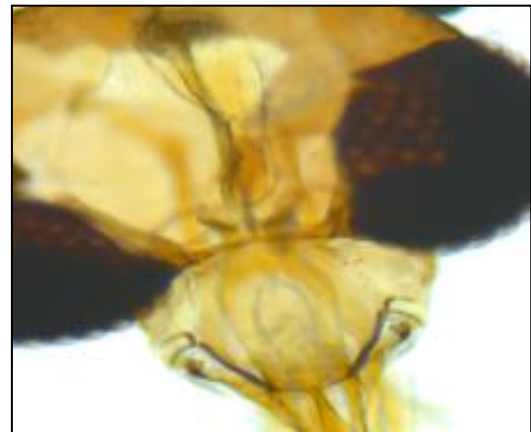
- ✓ Style pourvu de 4 épines ;
- ✓ L'extrémité du pénis est mousse en forme de bec de corbin et non pas effilée comme chez *Ph. chabaudi* ;
- ✓ Le lobe parabaasal du coxite est allongé ;
- ✓ Le style est peu renflé à sa partie médiane.
- ✓ Tubercule aussi long que large, digitiforme et à soies peu nombreuses ;
- ✓ Style élancé,et plus de trois fois plus long que large

❖ Chez femelle

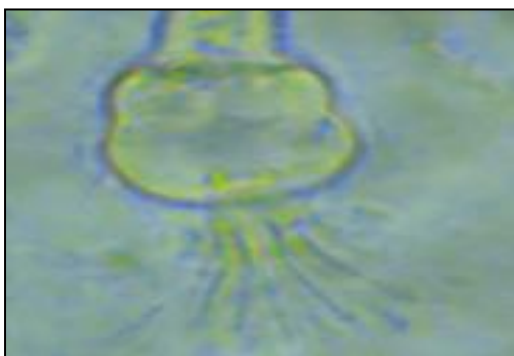
- ✓ Tête de la spermathèque sessile ;
- ✓ Réservoir ne comportant que 2 segments (Figure 38).



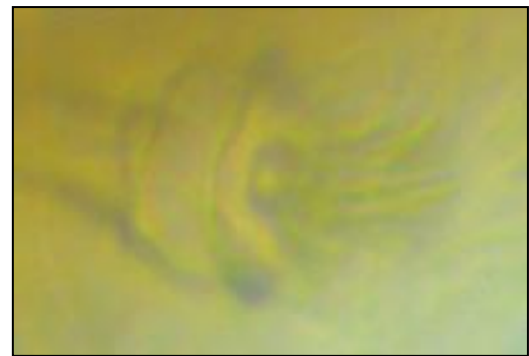
A



B



C



D

Figure 38: Critères d'identifications morphologiques de *Phlebotomus kazeruni*: Genitalia mâle(A) Le épine; Génitale femelle(B,C,D), Tête de femelle, Spermathèques. (Photo personnelles).

✚ L'intérêt médical et la répartition géographique

Les préférences trophiques de cette espèce ne sont pas encore connues, pas plus que son éventuel rôle pathogène. Cependant, cette espèce est soupçonnée de transmettre les agents responsables de la LC en Arabie saoudite (Haouas et al., 2017) et il a été démontré qu'elle favorise le développement de *L. major* dans des conditions de laboratoire. Hanafiet al., (2007). Croset et al 1987 et Dedet 1979 l'ont suspecté en tant que vecteurs probables de la LC en Afrique du nord Tunisie.

Cette espèce se répartit largement dans toute l'Afrique du Nord et l'Asie de l'Ouest avec un comportement peu connu. Les auteurs signalent la présence de *Phlebotomus kazeruni* dans le sud du Maroc (Provinces de Tata et de Ouarzazate) Theodor et Mesghali, 1964. Cette espèce n'était connue jusqu'alors que d'Afghanistan, d'Iran et d'Arabie Saoudite.

1.2.1.3. Sous-genre *Larroussius Nitzulescu 1931*

Ce sous-genre comprend 7 espèces présentes au Maghreb, toutes soient avérées soit suspectées de transmettre *Leishmania infantum*.

- ✓ Les mâles de ce sous-genre ont 5 longues épines sur le style (3 épines terminales et 2 en position distale), un long édéage avec une forme de pointe spécifique à l'espèce et un paramère simple.
- ✓ Chez les femelles, l'armature pharyngée se compose de dents punctiformes typiques et de spermathèques segmentées portant une tête à col en forme de doigt avec une structure basale.

a. *Phlebotomus longicuspis* (Nitzulescu, 1911)

Cette espèce est bien adaptée aux conditions de la méditerranée. Elle est caractérisée par une vaste répartition géographique. *Phlebotomus longicuspis* est l'espèce la plus étudiée de sous-genre *Larroussius*. Les caractères d'identification :

❖ Chez le mâle

- ✓ Style pourvu de cinq longues épines: deux terminales et trois médianes ;
- ✓ Les lobes latéraux non armés ;
- ✓ Des filaments génitaux relativement courts ;
- ✓ La Valve pénienne régulièrement effilée, se terminant par une pointe longue, légèrement asymétrique ;
- ✓ Le coxite muni d'un placard de soies entre 19 et 31.

❖ **Chez la femelle**

- ✓ Le corps de la spermathèque est segmentée, avec une petite tête arrondie portée par un long cou, un caecum latéral bilobé s'abouchant largement à la base du conduit ;
- ✓ Le pharynx armé de dents punctiformes disposées selon des lignes courbes concentriques ou subconcentriques ;
- ✓ La dilatation basale du conduit de la spermathèque possède un aspect cordiforme (Figure 39).

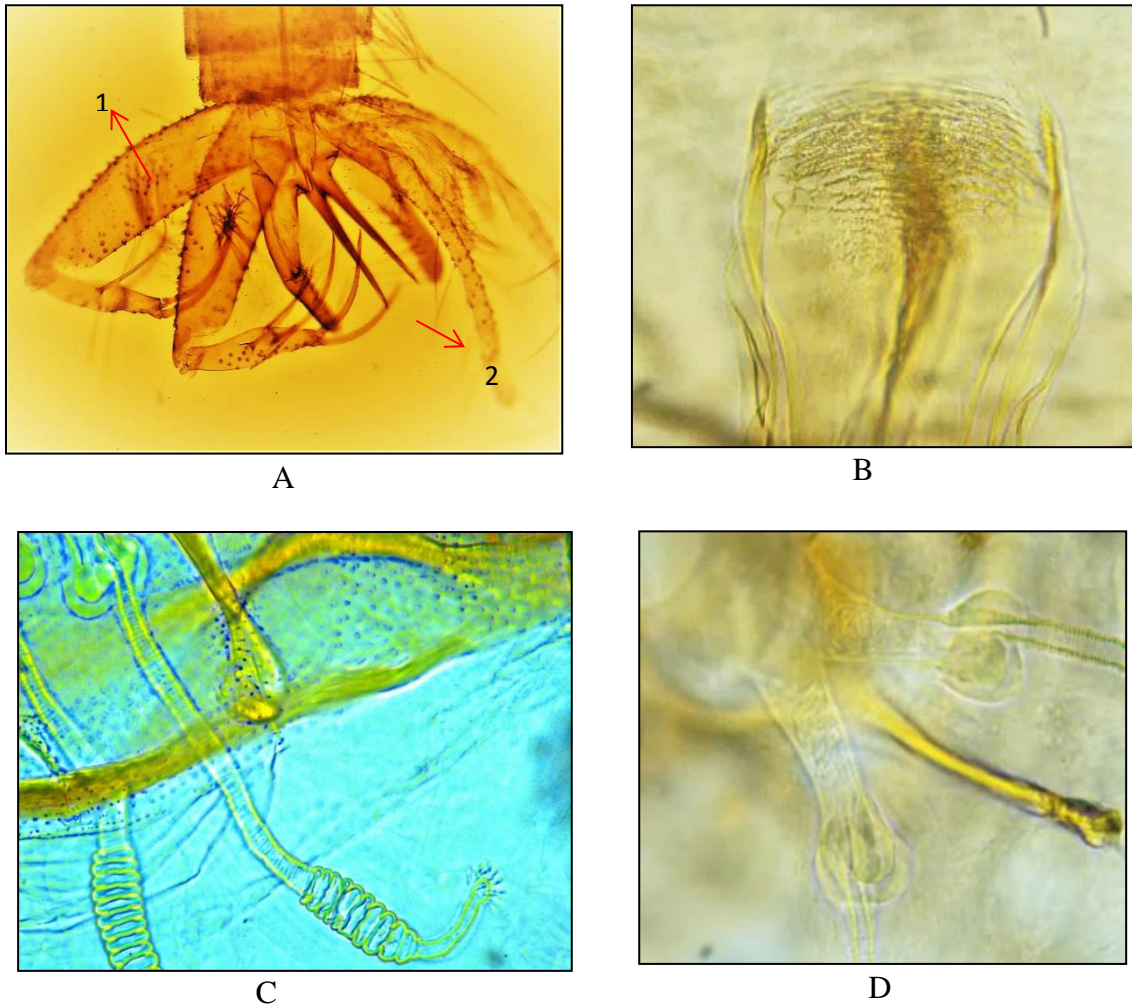


Figure 39: Critères d'identifications morphologiques de *Phlebotomus longicuspis*: Genitalia mâle (A) 1,2 Les sosies, L'épine ; Génitale femelle (B,C,D), Pharynx de femelle, Spermathèques, basale du conduit. (Photo personnelles).

✚ **L'intérêt médical et la répartition géographique**

Signalé comme étant naturellement infecté par des parasites *Leishmania* non identifiés et récemment révélé positif pour l'ADN de *L. infantum* par dépistage PCR. *Phlebotomus longicuspis* est fortement suspecte comme vecteur de *L. infantum* dans les pays de la méditerranée (Dedet, 1979 ; Lewis, 1982 ; Killick Kendrick, 1990). Son rôle vecteur a été

prouvé en Algérie (Belazzoug et al., 1986) et au Maroc (Es Sette et al., 2014). Il a également été trouvé infecté par le virus de Naples dans Algérie (Moureau et al., 2010), par le virus Punique en Tunisie (Zhioua et al., 2010), et par le TOSV au Maroc (Es-Sette et al., 2015).

Ph. longicuspis occupe l'ensemble du Maghreb et pénètre au Sahara. (Nitzulescu, 1930). Elle est récoltée dans les différents étages bioclimatiques du royaume et sur toutes les altitudes. Ce phlébotome présente une meilleure adaptation aux conditions climatiques les plus variées du bassin méditerranéen (Tunisie Maroc Libye Espagne Algérie). Cependant, elle est plus fréquente dans les zones arides et sahariennes (Faraj et al., 2013 ; Guernaoui et al., 2006 b ; Boussaa et al., 2008a ; Rioux et al., 1997 ; Bailly et al., 1971).

b. *Phlebotomus chadlii* (Rioux, Juminer & Gibily 1966).

Ph. chadlii Cette espèce est très rare au Maroc, mais elle est bien répandue en Afrique du nord.

✚ Critères morphologiques d'identification

❖ Chez le mâle

- ✓ Style à 5 épines
- ✓ Les pénis en battant de cloche.
- ✓ Les plages internes du coxite pourvu de nombreuses soies, généralement entre 60 à 80 soies.

❖ Chez femelle

La femelle de l'espèce *Phlebotomus (Larrousius) chadlii*, demeure inconnue aux descriptions de (Chmkhi et al., 2006) :

- ✓ La spermathèque possède une partie dilatée du conduit de plus en plus lisse et large ;
- ✓ Le corps comprend 13 anneaux dont le premier et le dernier sont plus larges que les intermédiaires avec un aspect de (manchon)
- ✓ Le col trapu, se prolonge par une tête sub-arrondie
- ✓ Les conduits séparent, lisses ayant une dilatation sur les 3/4 basaux de leur longueur (Figure 40).

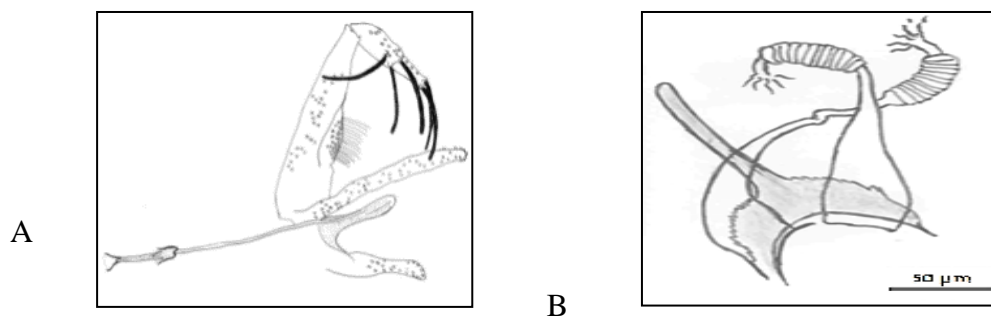


Figure 40: Critères d'identifications morphologiques de *Phlebotomus chadlii*(A) Génitalia mâle ; Génitale femelle(B), Spermathèques. (Faraj & Himmi, 2020).

✚ L'intérêt médical et la répartition géographique

Il n'y a aucune information sur son implication dans les cycles de transmission de *Leishmania* et en raison de sa rareté, il est probable qu'elle n'ait pas d'importance épidémiologique. Le rôle pathogène de *Ph. chadlii* et son comportement trophique demeure méconnu.

P. chadlii c'est une espèce endémique d'Afrique du nord, elle occupe le territoire maghrébin du Maroc au Tunisie en passant par l'Algérie (Rioux et al.,1975 ; Zouirech et al 2013). Cette espèce est relativement abondante dans les étages bioclimatique humide et sub humide, mais peut se rencontrer accidentellement également dans l'étage semi-aride (Bounamous ,2010 ; Dedet et al 1984).

c. *Phlebotomus langeroni* (Nitzulescu, 1930)

✚ Critères morphologiques d'identification

❖ Chez le mâle

- ✓ Style pourvu de cinq épines
- ✓ Extrémité du pénis biseauté

❖ Chez femelle

- ✓ Conduit de la spermathèque présentant une dilatation sur le 1/3 de sa longueur; col long et mince par rapport au réservoir (2/3); tête de la spermathèque bien différenciée ;
- ✓ La spermathèque, constitué de 9 à 10 anneaux, se poursuit par un conduit terminé en une dilatation fusiforme caractéristique (Figure 41).

✚ L'intérêt médical et la répartition géographique

Cette espèce a été trouvée naturellement infectée par *L. infantum* en Tunisie (Diaz.,2018) et a montré qu'elle transmettait *L. infantum* MON-98 dans des conditions laboratoire (El Sawaf ,2011).

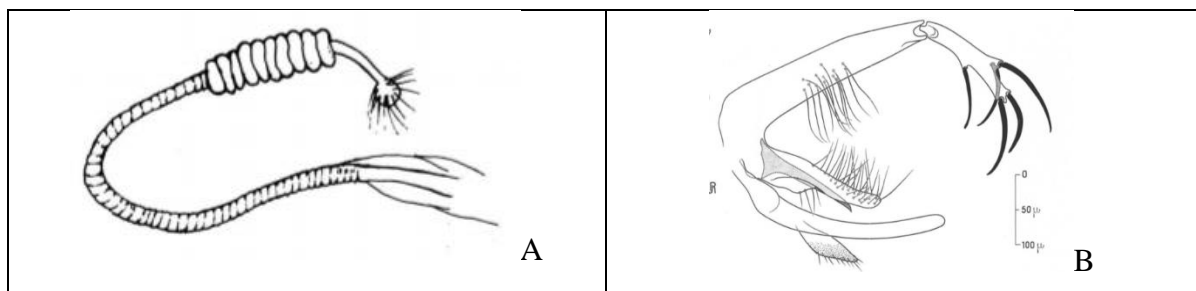


Figure 41: Critères d'identifications morphologiques de *Phlebotomus langeroni*:Genitalia mâle ; Génitale femelle(B), Spermathèques. (Faraj & Himmi, 2020).

Cette espèce, endémique d'Afrique du Nord, semble donc assez rare. Elle est espèce n'était connue jusqu'à présent que de la Tunisie (Rioux, 1966), de la Libye (Nitzulescu, 1933), de l'Algérie et de l'Égypte. Elle est donc signalée pour la première fois en Maroc (Berdjane, 2011 ; Rioux, 1966 ; Diaz., 2018 ; Guerbouj, 2007 ; El Sawaf ; 2011).

Ph. langeroni n'est connu que de deux stations : une station Zaouit El Fath, et une station Bleida. Cette espèce, endémique d'Afrique du Nord, semble donc assez rare. Ainsi, dans la province Zagora, sur 16735 phlébotomes récoltés en un an, on ne décompte que quatre *Ph. langeroni* seul.

1.2.2. Genre *Sergentomyia*

Contrairement au genre *Phlebotomus*, aucune des espèces de *Sergentomyia* n'a été prouvée de manière concluante comme étant un vecteur de parasites *Leishmania* qui infectent les humains. Le genre du *Sergentomyia* comprend des espèces zoophiles qui ne piquent l'homme qu'occasionnellement. Et donc, les espèces de ce genre ne représentent pas un problème de point de vue épidémiologique. Les femelles se nourrissent principalement sur les reptiles, les amphibiens. Alors, elles sont impliquées dans la transmission des sauroleishman chez les reptiles. Ils sont tous définis par :

- ✓ Les dents et/ou denticules cibares (plus développés chez les femmes que chez les hommes et disposés en rangée transversale) ; une tache pigmentée sur la paroi dorsale du cibarium;
- ✓ Les mâles possèdent un seul paramère ; style à 4 épines terminales (parfois disposées en 2 terminales et 2 subterminales) et une courte soie non caduque (épine accessoire).
- ✓ Les spermathèques femelles sont lisses ou segmentées, tubulaires ou capsuliformes.

1.2.2.1. Sous-genre *Sergentomyia*

- ✓ Spermathèques tubulaires à parois lisses de largeur uniforme sur toute leur longueur,
- ✓ Le segment antennaire 3 est plus court que les segments 4 et 5 réunis et généralement plus court que le labrum.
- ✓ Les mâles ont une grosse valve pennin en forme de doigt avec une pointe émoussée.

a. *Sergentomyia minuta parroti* Adler et Theodor, 1927

C'est espèce se caractérise par sa très petite taille (1,6mm), et sa couleur très foncée. Elle est une espèce inféodée au climat méditerranéen, considérée comme étant une sous-espèce nord-africaine de *Sergentomyia* (*Sergentomyia*) *minuta* Rondani, 1843, distinguée d'après le nombre élevé de ses denticules du cibarium (70).

✚ Critères morphologiques d'identification

❖ Chez le mâle

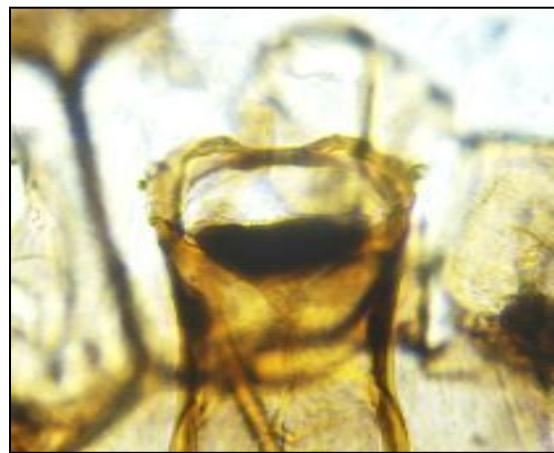
- ✓ Le style, court et trapu deux à trois fois plus long que large.
- ✓ Il porte quatre épines terminales groupées et une soie non caduque insérée au niveau du tiers apical.
- ✓ Les valves péniennes sont épaisses, digitiformes et arrondies à l'apex.

❖ Chez la femelle

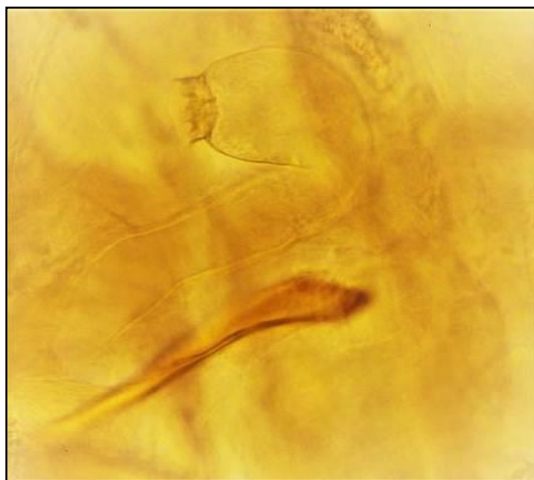
- ✓ Les spermathèques sont lisses, en forme de boudin et sans réservoir différencié.
- ✓ Le pharynx, en verre de lampe, porte de très fins denticules acérés.
- ✓ L'armature cibariale, très développée, est caractéristique: une rangée transversale, régulière de 60 à 100 dents quadrangulaires sur lesquelles se surimpose une plaque pigmentée ovale à grand axe transversal (Figure 42).



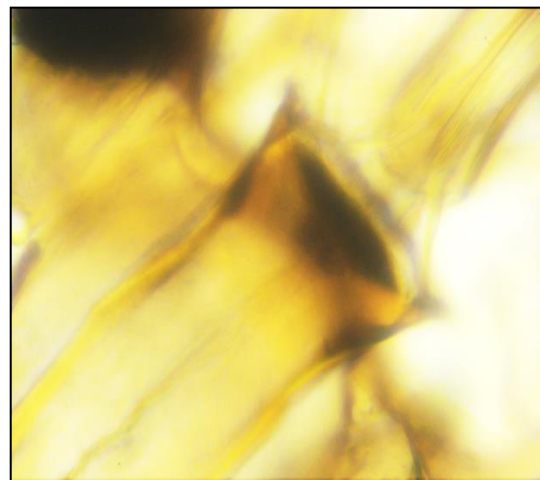
A



B



C



D

Figure 42: Critères d'identifications morphologiques de *Phlebotomus minuta parroti*: (A) ,Genitalia mâle ,B pharynx de mâle ; Génitale femelle(C),Spermathèques ,(D) Le pharynx . (Photo personnelles).

✚ L'intérêt médical et la répartition géographique

Sergentomyia minuta se nourrit essentiellement de reptiles. Il a été rapporté que *Sergentomyia minuta* parroti transmettait *L. tarentolae*, qui infecte les geckos (Belazzoug., 1982 ; Maroli., 1988). Elle n'est pas considérée comme épidémiologiquement importante selon Dancesco (2018). Son rôle en tant qu'agent pathogène n'est pas encore connu.

C'est une espèce commune dans la région méditerranéenne. Il est signalé dans les trois pays d'Afrique du Nord (Bailly-Choumara et al., 1971; Crosset et al., 1978; Dedet et al., 1984). Sa distribution géographique vers le sud se limite au Grand Sahara (Abonnenc, 1972). Au Maroc, c'est une espèce est très répandue (Bailly-Choumara et al., 1971). Elle est bien répandue sur l'ensemble du territoire marocain.

b. *Sergentomyia antennata* (Newstead, 1912)

✚ Critères morphologiques d'identification

❖ Chez le mâle

Un cibarium, porte une rangée irrégulière de 12 à 18 dents plus ou moins fortes, de morphologie très variable ;

- ✓ Le pharynx présente dans sa partie postérieure des denticules assez forts ;
- ✓ L'armature génitale du male est proche de celle de *S. minuta* parroti ;
- ✓ Le style trapu porte 4 épines apicales et une soie antérieure grêle insérée vers le point d'union ;
- ✓ La valve digitiforme est renflée vers l'extrémité distale .

❖ Chez femelle

- ✓ Le cibarium de la femelle *Sergentomyia antennata* présente une rangée de dents monomorphes disposées suivant un arc de cercle concave vers l'arrière ;
- ✓ Le nombre de dents peut varier de 22 à 34. En avant de cette rangée de dents, bordant la cavité, il existe de chaque côté 4 à 6 petits denticules parfois difficilement visibles.
- ✓ Le pharynx postérieur est élargi à l'arrière, avec une incisure médiane postérieure peu profonde, l'aspect est bilobé ;
- ✓ Les denticules sont forts et serrés, d'où l'aspect de brosse.
- ✓ La spermathèque est tubulaire et lisse comme pour le genre *Sergentomyia* (Figure 43).

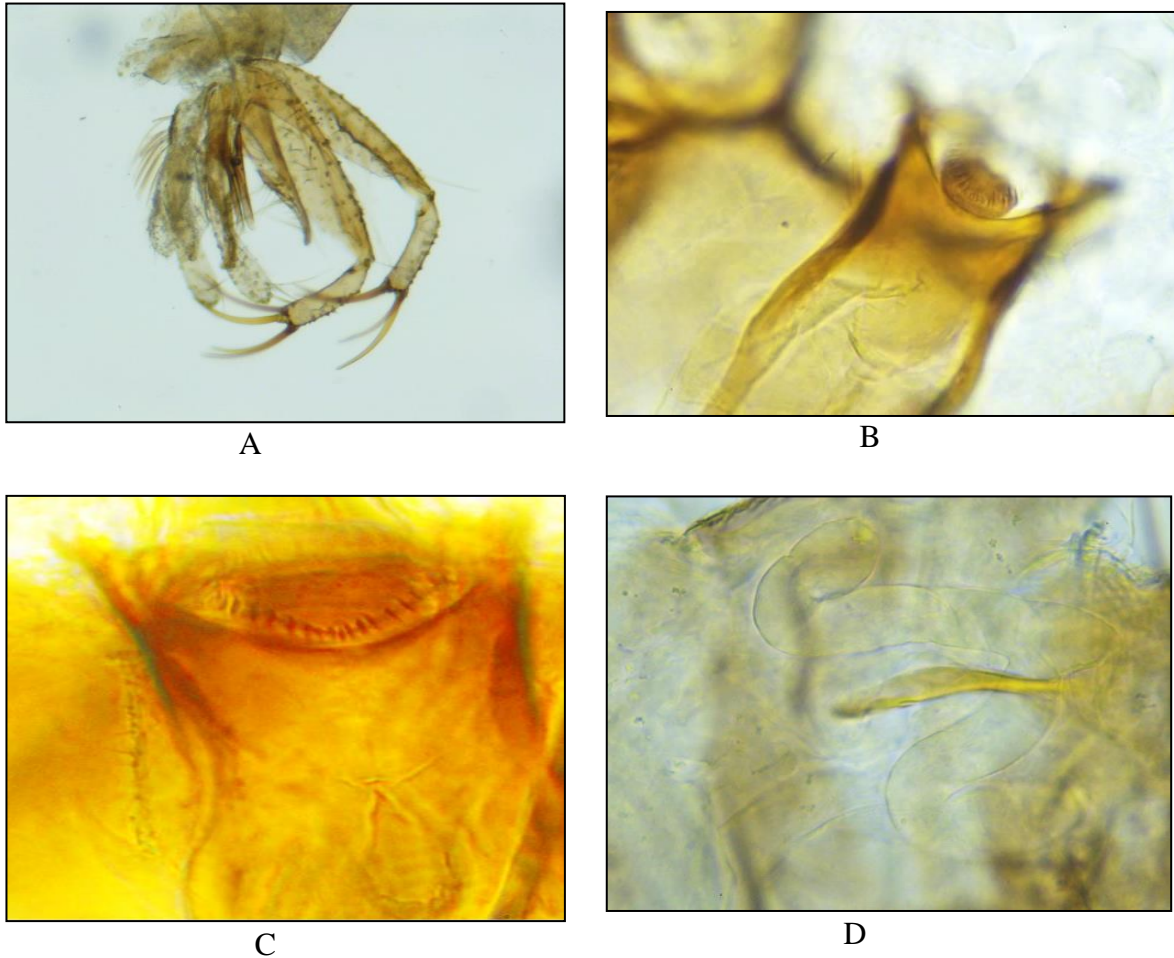


Figure 43: Critères d'identifications morphologiques de *Phlebotomus antennata*(A,B).Genitalia mâle .Le pharynx; (C ,D).Génitale femelle ,Spermathèques,Le pharynx. (Photo personnelles).

✚ L'intérêt médical et la répartition géographique

S. antennata est considéré au même titre que *S.minuta* parroti comme l'un des vecteurs de la leishmaniose du Gecko .Il a été démontré que cette espèce,se nourrissant de rongeurs ainsi que de reptiles (Dedet.,1984).

Il occupe en effet une grande partie de l'Afrique tropicale depuis la Mauritanie et le Sénégal jusqu'au Soudan et aux Côtes somaliennes. A l'Est, il étend son aire de répartition au Yémen, à l'Iran pour atteindre vraisemblablement la péninsule indienne. Au Nord, *S. antennata* franchit le Sahara et s'observe sur l'ensemble du Maghreb (Dedet.,1984).

c. *Sergentomyia fallax* Parrot, 1921

Décrit comme une variété de *S. minuta*, d'après des exemplaires mâles, puis élevé au rang d'espèce, la même année par le même auteur.

✚ Critères morphologiques d'identification

❖ Chez le mâle

- ✓ Un style long (six à sept fois plus long que large), à bords sensiblement parallèles ;
- ✓ Le style porte quatre épines longues, apicales, et une soie non caduque grêle, courte, et insérée tout près des épines apicales ;
- ✓ Les valves péniennes sont digitiformes et légèrement renflées vers l'extrémité distale.

❖ Chez la femelle

- ✓ Les spermathèques sont tubulaires à parois lisses ;
- ✓ Le pharynx est cordiforme, fortement encoché dans sa partie postérieure ;
- ✓ Le cibarium porte 16 à 18 dents aiguës disposées suivant un arc de cercle assez fortement concave vers l'arrière, et une plage pigmentée brune, ronde ou ovale, sans prolongement antérieur (Figure 44).

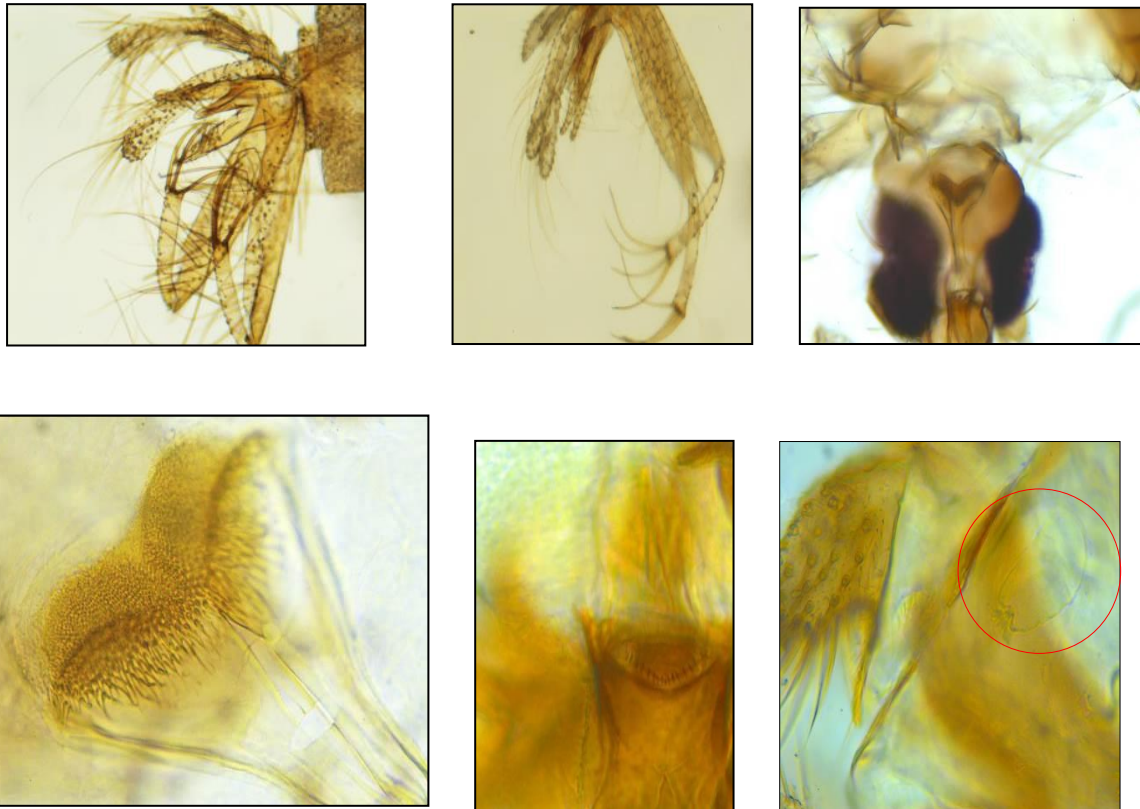


Figure 44: Critères d'identifications morphologiques de *Sergentomyia fallax*: A. Génitalia mâle, B. Pharynx de mâle; C. Cibarium de femelle; D. Spermathèque. (Photo personnelles).

L'intérêt médical et la répartition géographique

Vu son comportement trophique et son mode de vie essentiellement exophile, *S. fallax* n'a pas été incriminée dans la transmission des maladies infectieuses

S. fallax est une espèce d'Afrique du Nord, répandue principalement dans les trois pays du Maghreb. Au-delà, elle a été rencontrée en Libye et à Djibouti (Abonnenc, 1972). En Algérie et Tunisie, c'est une espèce principalement saharienne. Au Maroc, elle a une assez large répartition au sud de l'Atlas (Bailly-Choumara et al. 1971).

d. *Sergentomyia schwetzi* (Adler, Theodor et Parrot, 1929)

✚ Critères morphologiques d'identification

❖ Chez le mâle

- ✓ Valve pénienne épaisse, digitiforme ;
- ✓ Style plus court et trapu ;
- ✓ Soie non caduque très proche des épines terminales ; les quatre épines du style sont disposées en deux groupes bien séparés l'un de l'autre ; cibarium armé de deux rangées de dents très courtes et aigues.

❖ Chez la femelle

- ✓ Spermathèque tubulaire, sans conduit ni réservoir différencié
- ✓ Armature pharyngienne, en verre de lampe, peu différenciée, située dans la partie postérieure rétrécie du pharynx et formée d'écailles finement denticulées (Figure 45).

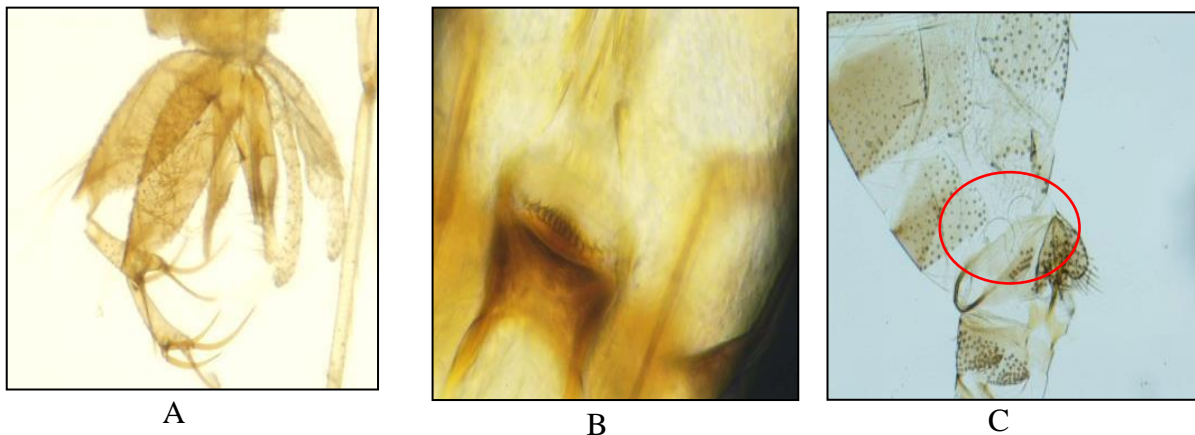


Figure 45: Critères d'identifications morphologiques de *Sergentomyia schwetzi*: (A) Génitalia mâle; B. Cibarium de femelle; C. Spermathèque. (Photos personnelles).

✚ Répartition géographique

C'est principalement l'espèce de la Région éthiopienne. Rencontrée au Sahara central, *Sergentomyia (sergentomyia) schwetzi* (Adler, Theodor et, Parrot, 1929) à Tamanrass et (Parrot et Bouquet. de Jolinière, 1945). Elle a été signalée en Algérie et en Libye (Benalla, 2012).

1.2.2.2. Sous-genre *Parrotomyia*

- ✓ Les femelles ont un cibarium avec une rangée en forme de peigne de fortes dents parallèles et un pharynx se rétrécissant vers l'arrière (forme de verre de lampe).
- ✓ Les spermathèques ont une forme de capsule lisse sphérique ou ellipsoïde.
- ✓ La valve pénienne est longue, mince, triangulaire et se rétrécit progressivement en une pointe acérée.

a. *Sergentomyia lewisi* (Parrot, 1948)

✚ Critères morphologiques d'identification

❖ Chez le mâle

- ✓ Pompe génitale dépourvue de pavillon.

❖ Chez la femelle

- ✓ Réservoir subsphérique, dents cibariales (15-20) aigues, monomorphes disposées sur une ligne presque droite et d'une rangée antérieure de 16 à 20 denticules punctiformes forts, pharynx en verre de lampe (Figure 46).

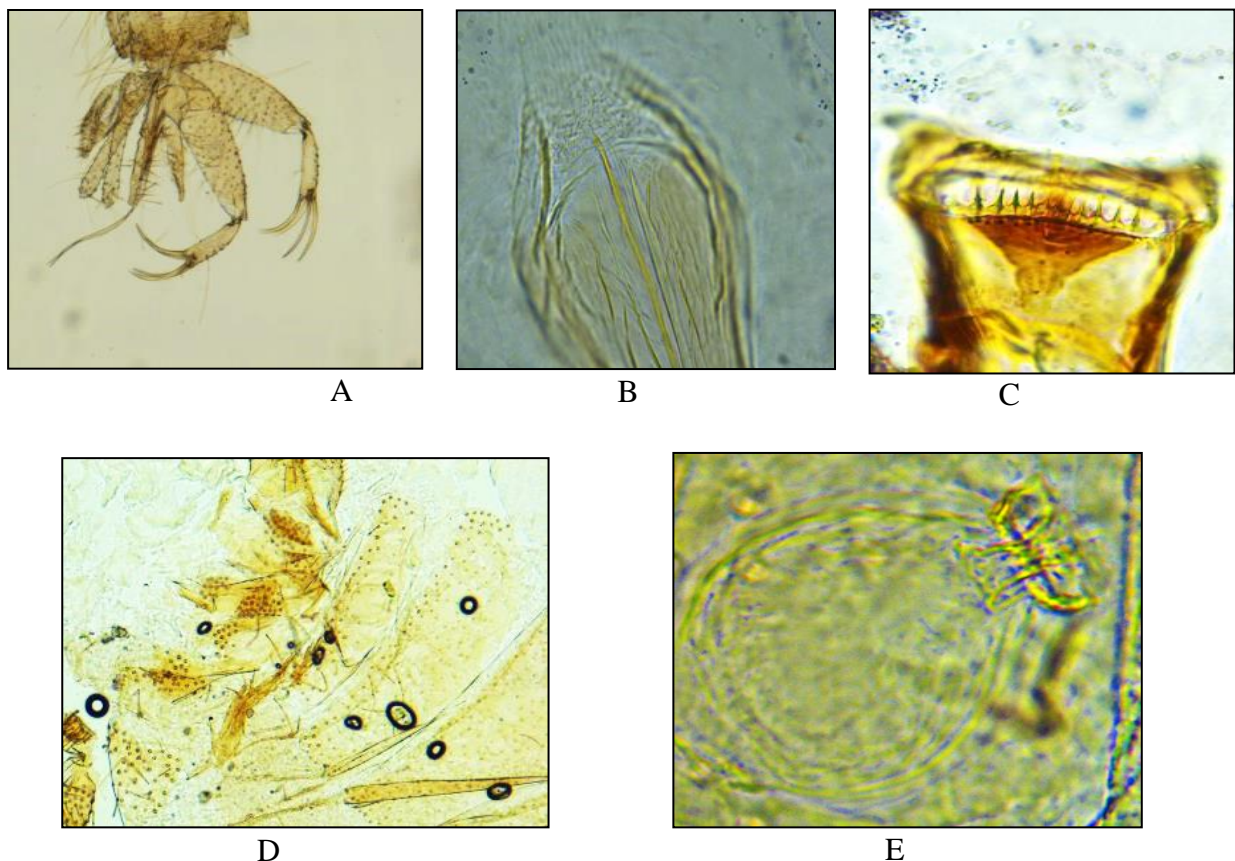


Figure 46: Critères d'identifications morphologiques de *Sergentomyia lewisi*: (A) Génitalia mâle; Pharynx de femelle, D. Cibarium de femelle; D, E. Spermathèque. (Photos personnelles).

✚ Répartition géographique

Cette espèce, décrite à Soudan, égyptien par Parrot, 1948. Sa répartition est très ponctuelle ; elle a été retrouvée en Erythrée, au Sahara central (Tassili, Hoggar) et en Algérie à Biskra. Au Maroc, une femelle a été récoltée pour la première fois le 1969 à Aouin et Torkoz. Récemment, en Tunisie (Bailly, 1971, Chemkhi., 2019, Parrot., 1958).

b. *Sergentomyia africana* (Newstead, 1912)

✚ Critères morphologiques d'identification

❖ Chez le mâle

- ✓ Style court et trapu ;
- ✓ Soie non caduque insérée au niveau du tiers distal (Figure 47).

❖ Chez femelle

- ✓ Pharynx est long et filiforme ;
- ✓ Dents cibarial (40-48) alignées sur une ligne concave et 12 denticules ponctuels avec une tache pigmentée en forme de champignon ;
- ✓ Spermathèques en capsule allongée.

✚ Répartition géographique

Cette espèce est répartie dans la région éthiopienne et Cette variété a été décrite du Maroc sur une femelle de Tarhijicht (1939). Une femelle correspondant à la description de a été récoltée en 1967 à Tata .*P. africana*. a été décrit du Proche Orient (Palestine) et retrouvé aux Indes. C'est sa première localisation en Afrique du Nord (Bailly-Choumara et al., 1971 ; Faraj, 2019)

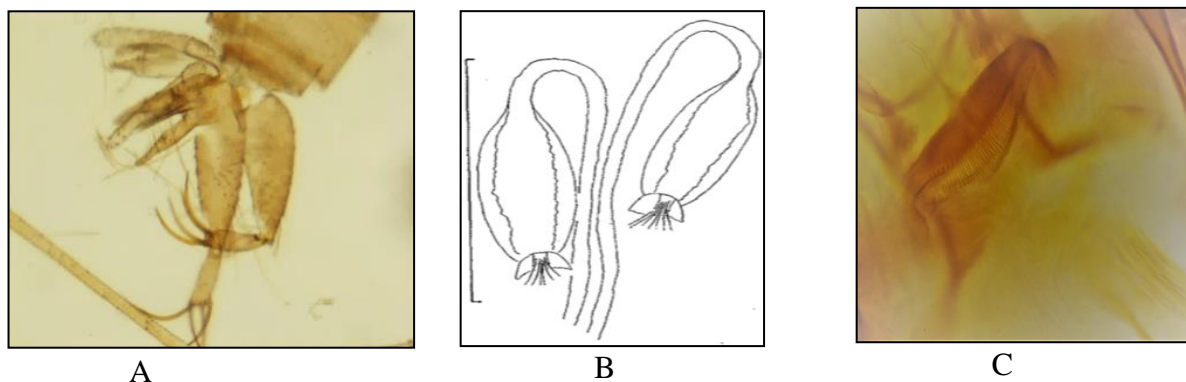


Figure 47: Critères d'identifications morphologiques de *Sergentomyia africana*: (A) Génitalia mâle; B. Spermathèque de femelle; D. Cibarium de femelle. (Faraj & Himmi, 2020).

1.2.2.3. Sous-genre *Grassomyia*

- ✓ Les femelles de ce sous-genre ont des spermathèques sous forme de capsules rondes et sclérifiées avec de petits spicules ;
- ✓ Les femelles possèdent des dents cibariales distinctes rangée convexe.

✓ Les mâles ont des paramètres simples (non bifides).

a. *Sergentomyia dreyfussi* Parrot, 1933

Chez cette espèce, les fémurs des pattes postérieures sont munis d'une rangée de sept à dix épines.

✚ Critères morphologiques d'identification

❖ Chez le mâle

- ✓ Le style est deux fois moins long que le coxite ;
- ✓ Les valves péniennes sont régulièrement effilées à l'apex ;
- ✓ L'armature pharyngienne du mâle comporte une moyenne de 22 dents acérées, rangées en arc concave vers l'avant.

❖ Chez femelle

De cette espèce est facile à déterminer. Elle est caractérisée par des :

- ✓ Spermathèques comportant un réservoir capsulaire orné d'un anneau de fins spicules ;
- ✓ Le cibarium comporte 44 à 46 dents placées sur une ligne concave vers l'avant (Figure 48).

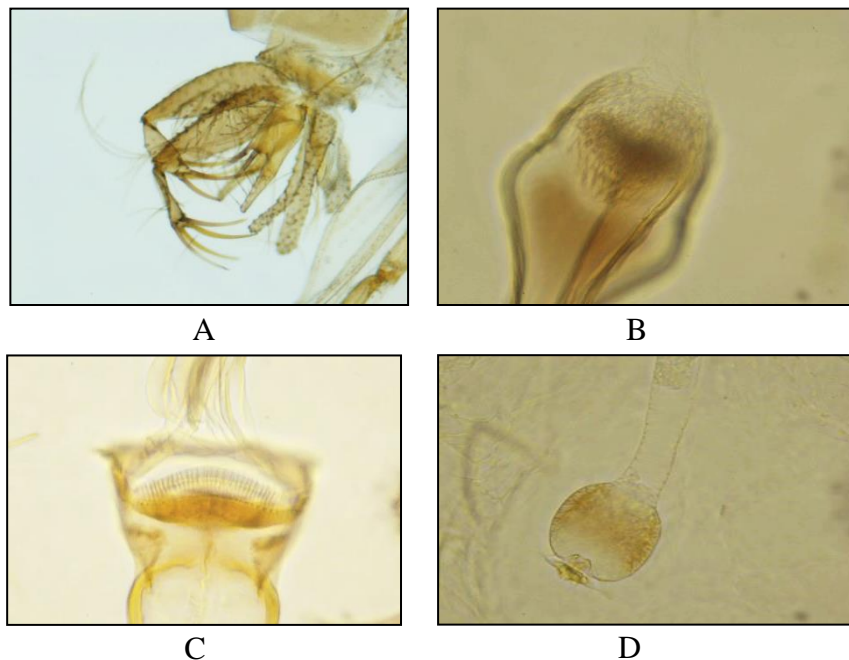


Figure 48: Critères d'identifications morphologiques de *Sergentomyia dreyfussi* : A .Génitalia mâle; B.Pharynx de femelle; C.Cibarium de femelle; D. Spermathèque. (Photo personnelles).

✚ Répartition géographique

S. dreyfussi est une espèce de liaison méditerranéenne-éthiopienne. Elle a été décrite au Sahara algérien comme sous-espèce de *Ph. squamipleuris*. Sa répartition concerne le sud d'Algérie, sud de la Tunisie et le Maroc (Parrot, 1947 ; Croset et al., 1978 ; Bailly-Choumara

et al., 1971 ;Faraj ,2019) .Au sud du Sahara, elle est retrouvée en Ethiopie et au Kenya (Abonnenc, 1972). Au Maroc, cette espèce est collectée surtout dans les régions intérieures, le sud et le nord du Maroc oriental (Bailly-Choumara et al., 1971).

1.2.2.4. Sous-genre *Sintonius*

- ✓ La forme des spermathèques similaire au sous-genre *Phlebotomus*.
- ✓ Les mâles ont une valve pénienne pointue et un appendice intermédiaire crochu.

b. *Sergentomyia clydei* (Sinton, 1928)

✚ Critères morphologiques d'identification

❖ Chez le mâle

- ✓ Valve pénienne en forme de cône court ;
- ✓ Cibarium armé de petits denticules bien développés (25 à 30) disposés par groupes irréguliers de 6 à 7 ;

❖ Chez la femelle :

- ✓ Réservoir de la spermathèque annelé ;
- ✓ Cibarium armé de 12 dents aiguës disposées en ligne droite et d'une rangée antérieure de 16 à 18 denticules punctiformes (Figure 49).

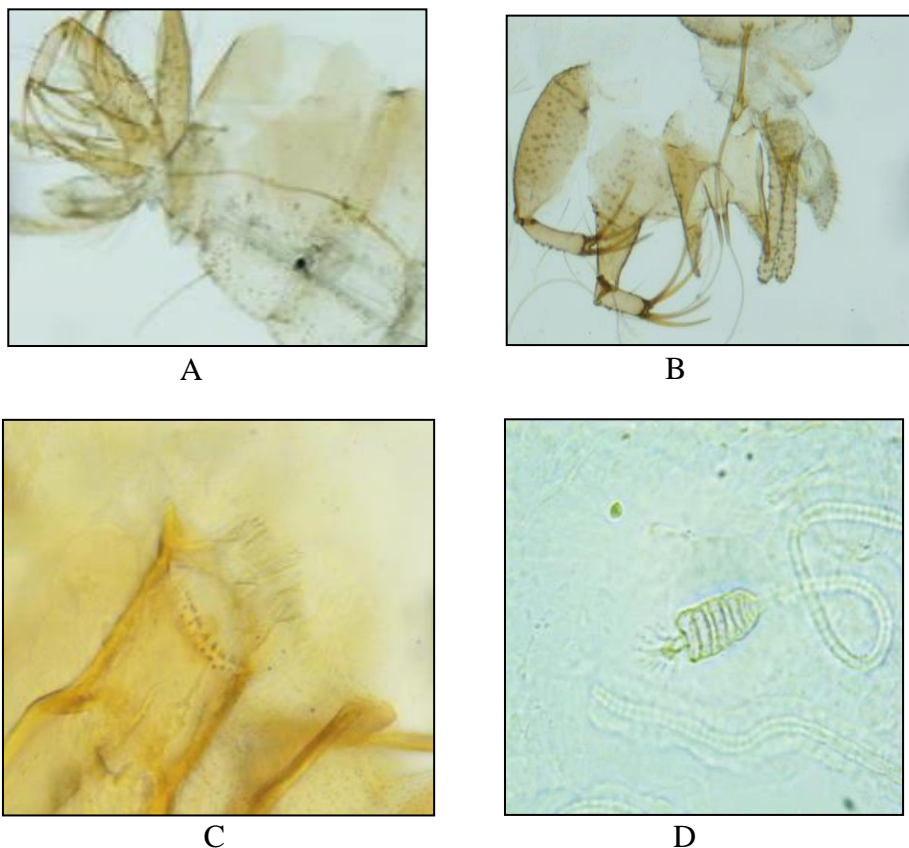


Figure 49: Critères d'identifications morphologiques de *Sergentomyia clydei*: A ,B . Génitalia mâle; C. Cibarium de femelle; D. Spermathèque. (Photo personnelles).

✚ L'intérêt médical et la répartition géographique

Il a été signalé que cette espèce transmettait *Sauroleishmania* sp. et l'ADN de *L. major* a été récemment détecté dans des spécimens de Tunisie (Ayari, 2016). *S. clyde* est une espèce très répandue en Asie (Inde, Iran, Irak, Turkestan), en Afrique de l'est (Éthiopie, Kenya, Soudan, et Tchad) et en Afrique. Bailly-Choumara et al. (1971) l'incluent. Dans la liste des phlébotomes du Maroc.

c. *Sergentomyia christophersi* Sinton, 1927

✚ Critères morphologiques d'identification

❖ Chez le mâle

- ✓ Valve pénienne en forme de cône court ;
- ✓ Cibarium armé de 3 à 4 groupes de fins denticules irréguliers, parfois difficilement visibles.

❖ Chez la femelle

- ✓ Réservoir de la spermathèque annelé ;
- ✓ Cibarium armé d'une rangée de 4 à 7 dents fortes et aiguës et d'une rangée antérieure de 4 ou 5 denticules punctiformes (Figure 50).

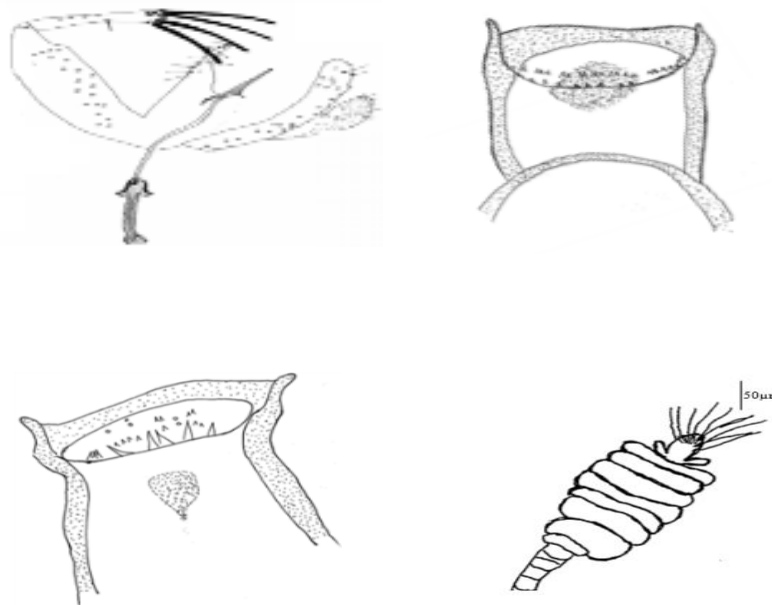


Figure 50: Critères d'identifications morphologiques de *Sergentomyia christophersi*: A,B. Génitalia mâle; C. Cibarium de femelle; D. Spermathèque. (Faraj & Himmi, 2020).

Répartition géographique

Il est présent dans toute la région du Maghreb entre les zones bioclimatiques arides et hyperarides. Cette espèce a été signalée pour la première fois en Tunisie en 1971 (Rioux, 1975 : Rioux, 1971). Initialement décrite du Pakistan par Sinton (Sinton., 1927).

Conclusion partielle

L'étude de la biodiversité phlébotomienne de la Province Zagora a permis de dresser un inventaire des phlébotomes capturés durant l'année 2019. D'après l'identification morphologique, nous avons classé les spécimens collectés en deux genres : *Phlebotomus* et *Sergentomyia* appartenant tous à la famille de *Phlebotomidae*. Un total de 18173 spécimens a été inventorié. Les spécimens collectés constituent une population phlébotomienne représentée par deux genres *Phlebotomus* et *Sergentomyia* et répartis en dix huit espèces : *Ph. papatasi*, *Ph. longicuspis*, *Ph. sergenti*, *Ph. alexandri*, *Ph. longeroni*, *Ph. kazeruni*, *Ph. bergeroti*, *Ph. chabudi*, *Ph. chadlii*, *S. antennata*, *S. minuta*, *S. dreifussi*, *S. clydei*, *S. africana*, *S. schwetzi*, *S. fallax*, *S. lewisi*, *S. christophersi*. Les phlébotomes du premier genre sont représentés par cinq espèces à savoir : *Ph. sergenti*, *Ph. papatasi*, *Ph. longicuspis*, dont le rôle dans la transmission de différentes formes de leishmaniose au Maroc est prouvé. Vu la situation épidémio-vectorielle alarmante de la Province de Zagora, nous avons jugé intéressant de poursuivre une étude de la dynamique des peuplements phlébotomiennes pour préciser la période d'activité des phlébotomes ainsi que la distribution temporelle de chaque espèce. Les résultats obtenus vont permettre de proposer des outils et des moyens préventifs pour contrôler l'incidence de la leishmaniose cutanée au niveau de la Province de Zagora.

Chapitre III : Etude de la distribution géographique des phlébotomes dans la Province Zagora

Résumé

L'objectif de ce chapitre est d'étudier la distribution géographique des espèces capturées au cours de cette étude et de déterminer les régions les plus exposées au risque de transmission de la maladie. Cette étude a été réalisée au niveau de différentes localités de la Province de Zagora. Les phlébotomes sont collectés par la méthode de pièges lumineux durant la période allant de Mai à Octobre 2019. Elles sont réparties en dix huit espèces sous un total de 18173 spécimens inventoriés. *Phlebotomus* était le genre prévalent avec (85,79%), alors que le genre *Sergentomyia* n'a représenté que (14,21%) de la faune totale collectée. On constate de toute évidence que le village de Bleida (BL) est le plus riche en espèces de phlébotomes avec quinze espèces.

Phlebotomus papatasi était l'espèce dominante (36,03%), suivie par *Ph. longicuspis* (30,99%), *Ph. sergenti* (0,60%) et *Ph. alexandri* (0,37%). Les phlébotomes de cette localité ont été observés pendant 6 mois de Mai à Octobre. La présence de l'espèce *Ph. papatasi* vectrice de *L. major* rencontrée avec une grande densité au niveau des différentes localités de la Province de Zagora, indique un risque élevé de transmission du parasite. Cette situation impose la nécessité d'élaboration d'un programme de lutte et d'évaluation de son efficacité.

Mots clés: Phlébotome, Dynamique, Distribution, Leishmanioses, Province de Zagora, Maroc.

1. Résultats

1.1. Composition de la population étudiée

Les résultats des captures dans la province de Zagora, au Sud du Maroc, montre que la distribution des espèces varie selon les villages prospectés. Dans ces villages, trois sous-genres du genre *Phlebotomus*, et quatre sous-genres du genre *Sergentomyia* ont été rencontrés au cours de la période d'étude. Au total de dix huit espèces ont été identifiées (Tableau19).

Tableau 19: Inventaire systématique des phlébotomes collectés dans les douze villages.

Espèces	YAN	TT	BL	SA	FA	TO	MO	TAN	SLA	TIM	OUH	IF
<i>Ph. papatasi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ph. longicuspis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ph. sergenti</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ph. alexandri</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ph. bergeroti</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ph. longeroni</i>		+	+		+							
<i>Ph. chabaudi</i>			+				+		+			
<i>Ph. kazeruni</i>			+				+	+	+		+	+
<i>Ph. chadlii</i>										+		
<i>S. fallax</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>S. dreifussi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>S. shwetzi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>S. clydei</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>S. africana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>S. minuta</i>	+		+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>S. lewizi</i>		+					+				+	
<i>S. antennata</i>			+								+	
<i>S. christophersi</i>					+							

Absence d'espèce (-), présence d'espèce(+)

On constate de toute évidence que le village de Bleida (BL) est le plus riche en espèces de phlébotomes avec (15) espèces, suivi par Ksar Mogni (14), Zaouite Leftah (FA) et Tasla (SLA) au total(13), Ait Ali Ouassou (OUH), Tassaouante (TAN)et Timtig(TT) au total(12).Alors que,les autres villages prospectés partagent la même richesse avec (11) espèces chacun : Zaouit Sidi Saleh (SA),Timarighine (TIM),Touna Niaraben(TO) et Ait Oulahyane (YAN) .

1.2. Fréquence des phlébotomes de la population étudiée selon le genre

Au cours de la période de piégeage, 18173 spécimens ont été collectés. *Phlebotomus* était le genre le prédominant avec une prévalence de 85,79%, alors que le genre *Sergentomyia* n'a représenté que 14,21%de la faune totale collectée. Le sex-ratio était en faveur des mâles

pour les deux genres. La population totale de phlébotomes collectés est constituée de dix huit espèces (Tableau 20) réparties en deux genres : *Phebotomus* et *Sergentomyia*.

Tableau 20: Abondances des genres et sous-genre de phlébotomes récoltés au niveau des différentes localité de la zone d'étude, Province de Zagora.

Genre	Sous-genres (Ab R%)	Espèces
<i>Phlebotomus</i> (85,79%)	<i>Larroussius</i> (16,99%)	<i>Phlebotomus chadlii</i>
		<i>Phlebotomus longicuspis</i>
		<i>Phlebotomus langeroni</i>
	<i>Paraphlebotomus</i> (23,58%)	<i>Phlebotomus kazeruni</i>
		<i>Phlebotomus alexandri</i>
		<i>Phlebotomus chabudi</i>
		<i>Phlebotomus sergenti</i>
	<i>Phlebotomus</i> (45,22%)	<i>Phlebotomus papatasi</i>
		<i>Phlebotomus bergeroti</i>
<i>Sergentomyia</i> (14,21%)	<i>Sergentomyia</i> (10,61%)	<i>S. minuta</i>
		<i>S. fallax</i>
		<i>S. antennata</i>
		<i>S. schwetzi</i>
	<i>Parrotomyia</i> (1,17%)	<i>S. africana</i>
		<i>S. lewisi</i>
	<i>Grassomyia</i> (1,09%)	<i>S. dreifussi</i>
	<i>Sintonius</i> (1,34%)	<i>S. clydei</i>
		<i>S. christophersi</i>

Ab R : Abondance relative

Le genre *Phebotomus* est représenté par neuf espèces, dont deux appartiennent au sous-genre *Phebotomus* : *Ph. Papatasi* *Ph. bergeroti*. Quatre espèces appartiennent au sous-genre *Paraphlebotomus* : *Ph.kazeruni*, *Ph.sergenti*, *Ph. chabudi*, *Ph alexandri*. Les trois autres espèces appartiennent au sous-genre *Larroussius* à savoir *Ph. chadlii*, *Ph.longicuspis* et *Ph. longeroni*. Le genre *Sergentomyia* est représenté par neuf espèces : dont quatre appartiennent au sous-genre *Sergentomyia* : *S. minuta*, *S.fallax*, *S. antennata* et *S. schwetzi*. Les deux autres espèces appartiennent au sous-genre *Parrotomyia* : *S. africana*, *S. lewisi*. Deux autres espèces appartiennent au sous-genre *Sintonius* : *S. clydei* et *S.christophersi*. Une seule espèce appartient au sous-genre *Grassomyia* était *S. dreifussi*. Concernant les sous-genres, la population est dominée par le sous-genre *Phlebotomus* qui détient 45,22% de l'effectif, suivie de *Paraphlebotomus* avec 23,58% des spécimens. *Larroussius* avec 16,99%, le sous-genre

Sergentomyia avec 10,61% des spécimens. Les sous-genres les moins représentés sont *Sintonius* avec 2,43%, *Parrotomyia* avec 1,17% et *Grassomyia* avec 1,09% de la population totale de phlébotome.

1.3. Abondance et étude de la distribution spatiale des espèces

Bien que les 18173 individus d'adultes de phlébotomes collectés aient servi d'étudier les différents indices écologiques, leurs effectifs relatifs se sont révélés très différents d'un village à l'autre. La répartition des espèces est inconstante dans les différentes stations. En termes d'abondance, le plus grand nombre de phlébotomes a été enregistré de la localité Tasla avec 15,70% des captures totales, suivie de la localité Ksar Mogni (14,14%), celle de Touna Niaraben (14,00%), puis localité de Bleida avec (13,78%) des captures. Huit localités représentaient moins de (10%) des captures totales à savoir, la localité de Tassaouante (8,37%), Timarighine (7,75%), Ait Ali Ouassou (7,18%), Zaouite Leftah (5,33%), Timtig (5,27%), Zaouit Sidi Saleh (3,47%), Ait Oulahyane (2,87%) et Ifred (2,14%) (Tableaux 21). De manière générale, *Ph. papatasi* (43,07%), *Ph. alexandri* (18,76%) et *Ph. longicuspis* (16,95%) sont les trois espèces les plus abondantes de la Province de Zagora, suivies de *S. fallax*, *Ph. sergenti* et *S. schwetzi*, par contre, l'ensemble des autres espèces (*Ph. bergeroti*, *S. dreifussi*, *S. clydei*, *S. africana*, *S. lewisi*, *S. christophersi*, *Ph. longeroni*, *Ph. kazeruni*, *Ph. chabudi*, *Ph. chadlii*, *S. antennata*, *S. minuta*, *S. dreifussi*) ne représente que 6,64% au total. La proportion des mâles recueillis était supérieure à celle des femmes d'où le sex-ratio de (1,28 :1). Le sex-ratio varie selon les espèces concernées.

Tableau 21: Population (Totale) et abondance (AB%) des espèces de phlébotomes dans les douze villages étudiés(TA : Abondance totale,SR :Sex-Ratio : ,FR :Fréquence relative%)

Station	Espèces	<i>Ph. papatasi</i>	<i>Ph. longicuspis</i>	<i>Ph. sergenti</i>	<i>Ph. alexandri</i>	<i>Ph. bergeroti</i>	<i>Ph. longeroni</i>	<i>Ph. chabaudi</i>	<i>Ph. Kazeruni</i>	<i>Ph. chadlii</i>	<i>S. fallax</i>	<i>S. dreifussi</i>	<i>S. shwetsi</i>	<i>S. cydei</i>	<i>S. africana</i>	<i>S. minuta</i>	<i>S. lewizi</i>	<i>S. antennata</i>	<i>S. christophersi</i>	Total	AF
IF	M	172	5	7	19	2					11	2	27	13	5	0				263	1,45
	F	86	1	0	8	1			1		17	3	1	5	2	1				126	0,69
	Total	258	6	7	27	3	0	0	1	0	28	5	28	18	7	1	0	0	0	389	2,14
OUH	M	582	3	15	15	5					74		41	2						737	4,06
	F	411	8	10	45	13			1		27	10	10	27			2	4		568	3,13
	Total	993	11	25	60	18	0	0	1	0	101	10	51	29	0	0	2	4	0	1305	7,18
TIM	M	138	8	11	58	18	0			1	33		5	1		5				278	1,53
	F	224	12	16	785	21	0				24	24	8	16		0				1130	6,22
	Total	362	20	27	843	39	0	0	0	1	57	24	13	17	0	5	0	0	0	1408	7,75
SLA	M	932	51	479	104	3		1	18		223		13	10		6				1840	10,12
	F	407	72	75	271	63					68	35		6	7	10				1014	5,58
	Total	1339	123	554	375	66	0	1	18	0	291	35	13	16	7	16	0	0	0	2854	15,70
TAN	M	289	105	34	167	9					90	2	13	8		4				721	3,97
	F	200	109	21	361	49			2		40	7	1	4	6					800	4,40
	Total	489	214	55	528	58	0	0	2	0	130	9	14	12	6	4	0	0	0	1521	8,37
MO	M	752	353	45	92	3		3	4		107	2	14	16	2	9	1			1403	7,72
	F	396	467	12	145	33		2			44	23	12	10	10	12	0			1166	6,42
	Total	1148	820	57	237	36	0	5	4	0	151	25	26	26	12	21	1	0	0	2569	14,14
TO	M	283	201	36	508	10					94	4	41	3		1				1181	6,50
	F	267	293	15	622	37					70	12	16	28	2	1				1363	7,50
	Total	550	494	51	1130	47	0	0	0	0	164	16	57	31	2	2	0	0	0	2544	14,00
FA	M	255	143	8	37	7					46	9	11	4	2	10				532	2,93
	F	189	125	3	45	23	1				27	6	1	9	2	4			1	436	2,40
	Total	444	268	11	82	30	1	0	0	0	73	15	12	13	4	14	0	0	1	968	5,33
SA	M	328	4	2	6	2					4	5	27	4	1	1				384	2,11
	F	134	2	1	62	17					7	5	8	6		5				247	1,36
	Total	462	6	3	68	19	0	0	0	0	11	10	35	10	1	6	0	0	0	631	3,47
BL	M	919	400	9	12	4		29			114	2	230	22	101	3				1845	10,15
	F	225	145	1	8	34	3		1		103	17	15	28	65	10		5		660	3,63
	Total	1144	545	10	20	38	3	29	1	0	217	19	245	50	166	13	0	5	0	2505	13,78
TT	M	214	396	1	5	2	0				19	12	33	8	0					690	3,80
	F	44	170	0	5	4	2				8	10	16	6	1		2			268	1,47
	Total	258	566	1	10	6	2	0	0	0	27	22	49	14	1	0	2	0	0	958	5,27
YAN	M	214	6	10	14	26					10	7	24	3	2	0				316	1,74
	F	166	2	3	15	4					5	1	4	4	0	1				205	1,13
	Total	380	8	13	29	30	0	0	0	0	15	8	28	7	2	1	0	0	0	521	2,87
Total	TA	7827	3081	814	3409	390	6	35	27	1	1265	198	571	243	208	83	5	9	1	18173	100
	FR%	43,1	17	4,48	18,8	2,15	0,03	0,19	0,15	0,01	6,96	1,09	3,14	1,34	1,14	0,46	0,03	0,05	0,01	100	
	SR	1,85	1,19	4,18	0,44	0,30	0,00	16,50	4,40	0,00	0,29	0,29	5,21	0,63	1,19	0,89	0,25	0,00	0,00	1,28	:1

Touna Niaraben (TO), Ait Ali Ouassou (OUH), Timarighine (TIM), Tasla (SLA), Ksar Mougni (MO), Ifred (IF), Touna Niaraben (TO), Zaouite Leftah (FA), Zaouit Sidi Saleh (SA) Bleida (BL), Timtig (TT), Ait Oulahyane (YAN).

Concernant la répartition des espèces de phlébotomes entre les villages, l'espèce *Ph. papatasi* été trouvée au niveau des localités SLA, MO et BL. Pour le reste es espèces capturées, a été partagé entre les 9 localités restantes. La majorité des *Ph. alexandri* ont été prélevés au site TIM puis TAN. *Ph. longicuspis* était particulièrement piégé dans la localité MO (Tableau 17). La plupart des spécimens de *Ph. sergenti* ont été collectés en SLA. La

majorité des *Ph. bergeroti* ont été collectés en SLA, TAN, TO. *Ph. kazeruni* était particulièrement piégé dans la localité SLA. Des spécimens appartenant au genre *Sergentomyia* ont été collectés d'où *S. schwetzi* a été piégé à BL. *S. antennata* a été piégé au niveau de OUH et BL. La majorité des spécimens de *S. clydei*, *S. africana*, *S. schwetzi* et *S. fallax* ont été collectés en BL. La plupart des spécimens de *S. dreifussi* ont été trouvés dans les localités TAN et TIM. *S. minuta* a été trouvé dans MO, TAN et IF (Figure 51).

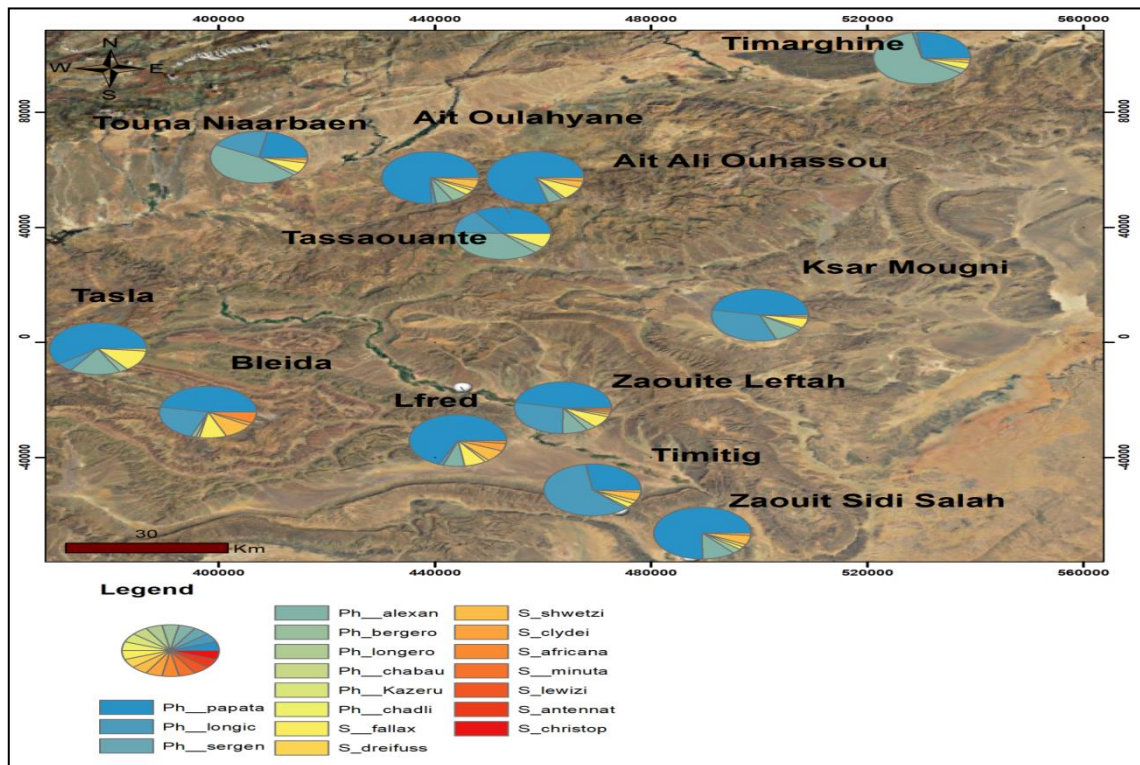


Figure 51: Distribution spatiale des phlébotomes collectés au niveau de la Province de Zagora pendant la période d'Avril à Octobre 2019

1.3.1. Distribution des phlébotomes selon le type de biotope

La capture des phlébotomes dans les divers biotopes nous a permis d'étudier la répartition des espèces en accord avec le type d'anthropisation, de comprendre les préférences trophiques des phlébotomes et de mesurer leur efficacité vectorielle dans le milieu naturel. Ainsi, deux types de biotopes ont été étudiés au cours de la période étudiée (Figure 52): Intradomestique (à l'intérieur des habitations humaines) et Peridomestique (à proximité des habitations). Dans cette étude, il apparaît que les phlébotomes ne se distribuent pas de manière égale dans les villages. Les phlébotomes ont été collectés davantage dans les milieux péridomestiques que dans les milieux intradomestiques (Figure 53). Cette abondance et la préférence pour les étables s'expliquent par la présence de matière organique. Vaillant (1970)

a noté que les larves de Phlébotominae préféraient les matières organiques d'origine animale. Selon l'OMS (2002), la présence de matières organiques d'origine animale, telles que les excréments de vaches, fournit les conditions nécessaires au développement des œufs de phlébotomes.

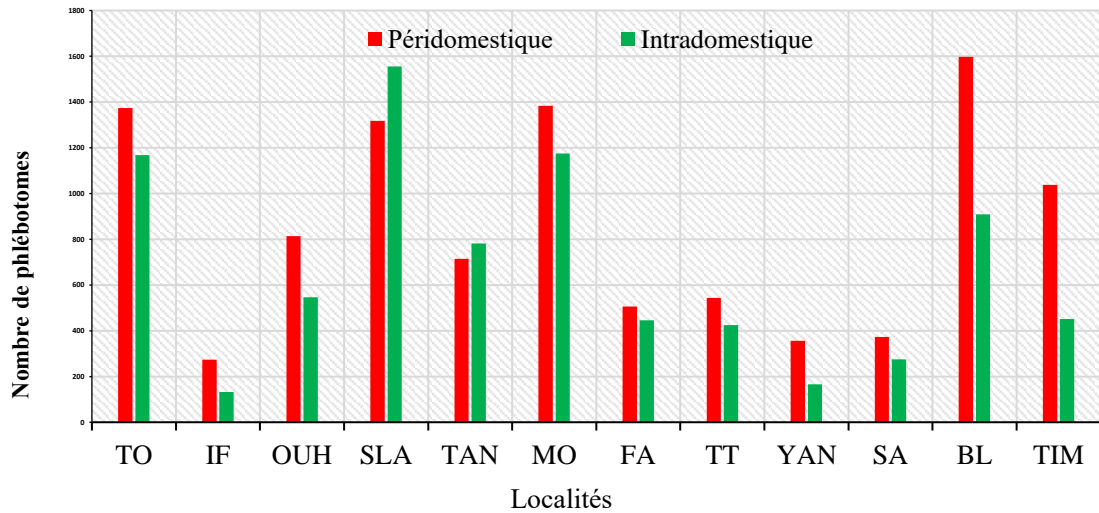


Figure 52: Nombre de phlébotomes par piège dans les différents villages (Intradomestique, Péridomestique).

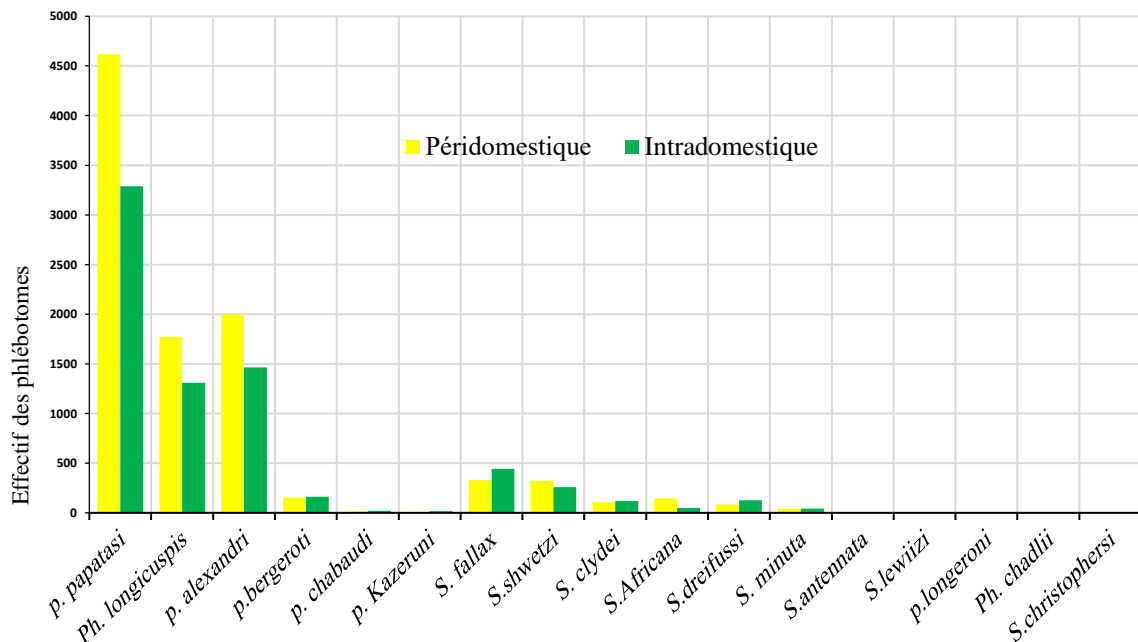
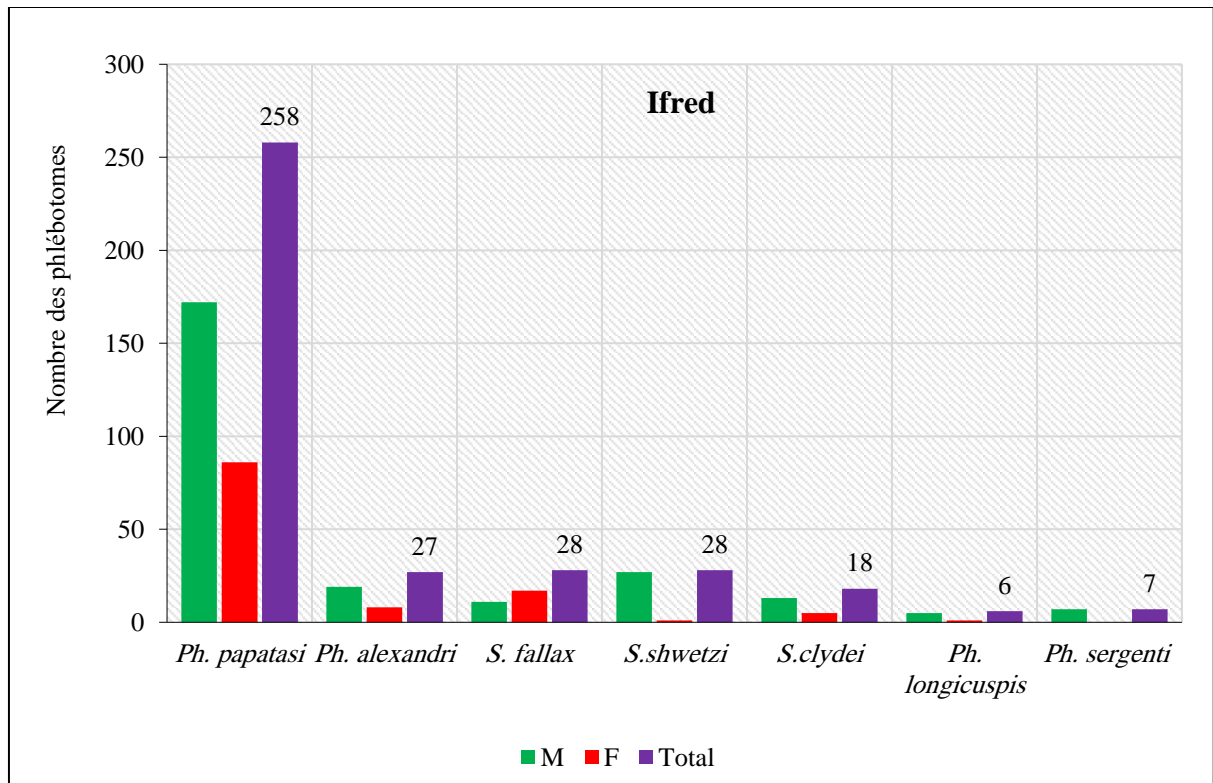


Figure 53: Nombre de phlébotomes par espèce dans les différents milieux

1.3.2. Répartition spatiale des phlébotomes dans la région de l'étude par localité

a. Ifred

D'après la figure 54, on remarque qu'il y a une dominance de *Ph. papatasi* du genre *Phlebotomus* avec un effectif de 258 individus. Ce chiffre reste très élevé en comparaison avec les effectifs des autres espèces qui ne dépassent même pas une trentaine d'individus, sur les autres espèces et plus particulièrement chez le sexe masculin.



F : female, M : mâle

Figure 54: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Ifred.

b. Ait Ali Ouassou

La figure 55 montre que parmi les espèces capturées en ce village, le *Ph. papatasi* était beaucoup plus présent avec 993 spécimens.

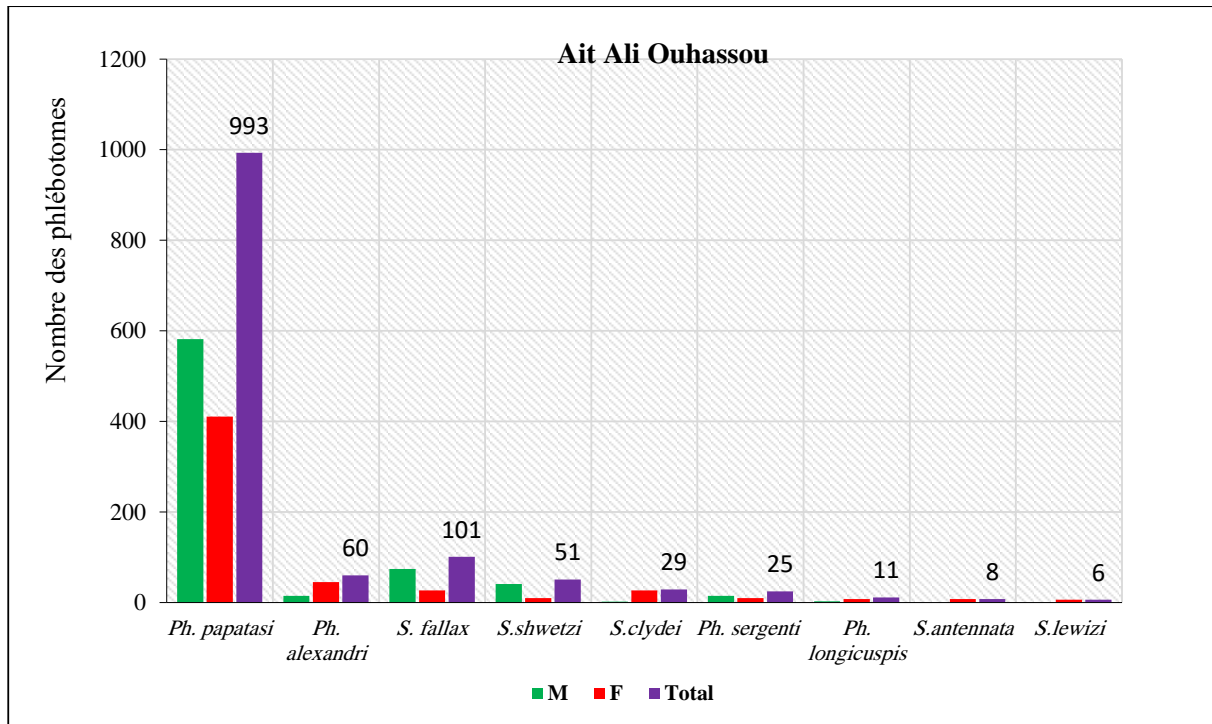


Figure 55: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Ait Ali Ouassou.
c. Timarighine

On note d'après la figure 56ci-dessous, que *Ph. alexandri* est plus abondant avec 785 mâles et 58 specimens pour les femelles suivi par *Ph. papatasi* avec 362specimens, alors que *Ph. chadlii* était beaucoup moins abondante, uniquement avec 1 specimens capturée.

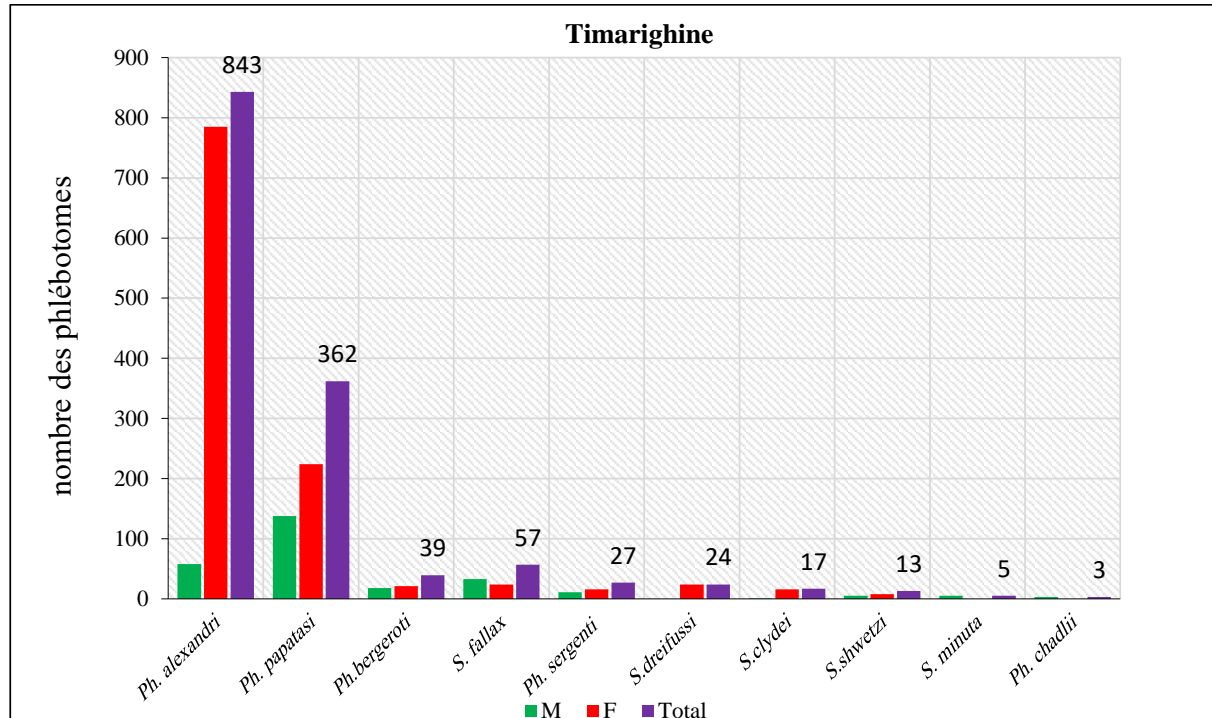


Figure 56: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Timarighine.

d. Tasla

Selon la figure 57, on remarque une dominance de *Ph. papatasi* et *Ph. sergenti* avec des effectifs successivement de 1339 et 554 individus, avec la dominance du sexe masculin. Pour *Ph. chabaudi*, est représenté par un très petit nombre (1 seul spécimen).

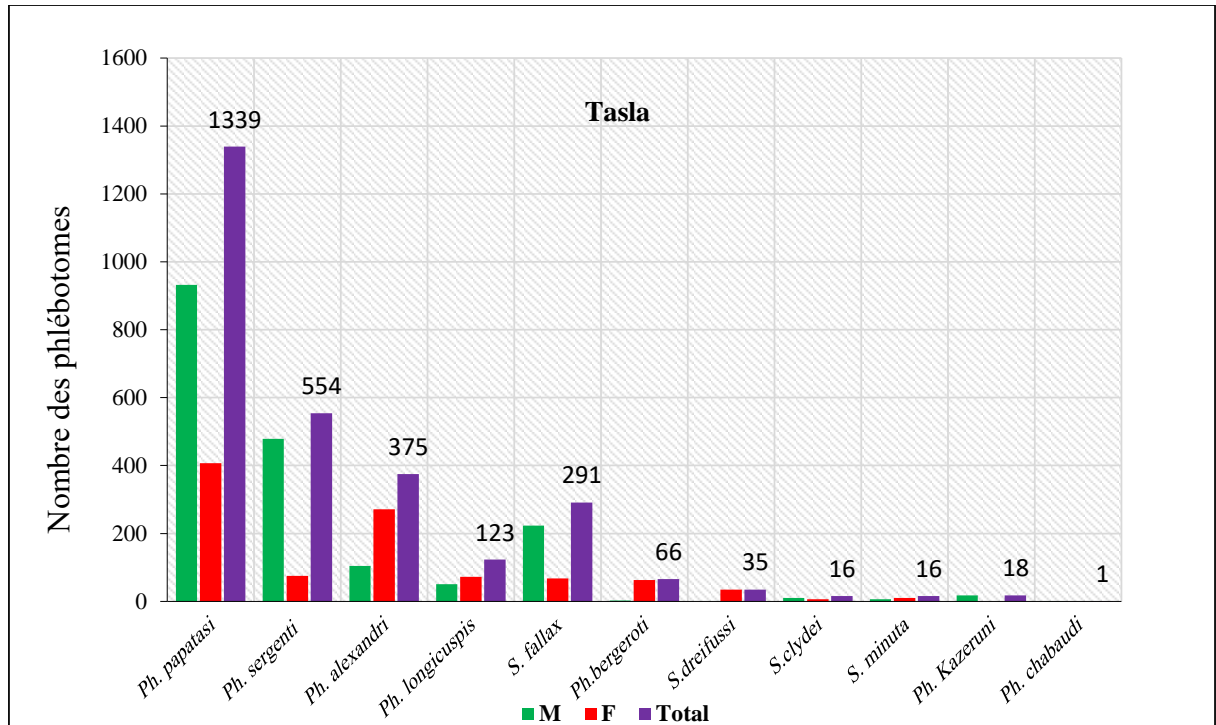


Figure 57: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Tasla.

e. Tassaouante

Selon la figure 58, il est clairement observé que 3 espèces du genre *Phlebotomus* dominant les espèces capturées avec un nombre 1344 spécimens. Il s'agit successivement de *Ph. alexandri*, *Ph. papatasi*, *Ph. longicuspis*, *Ph. bergeroti* et *Ph. sergenti*.

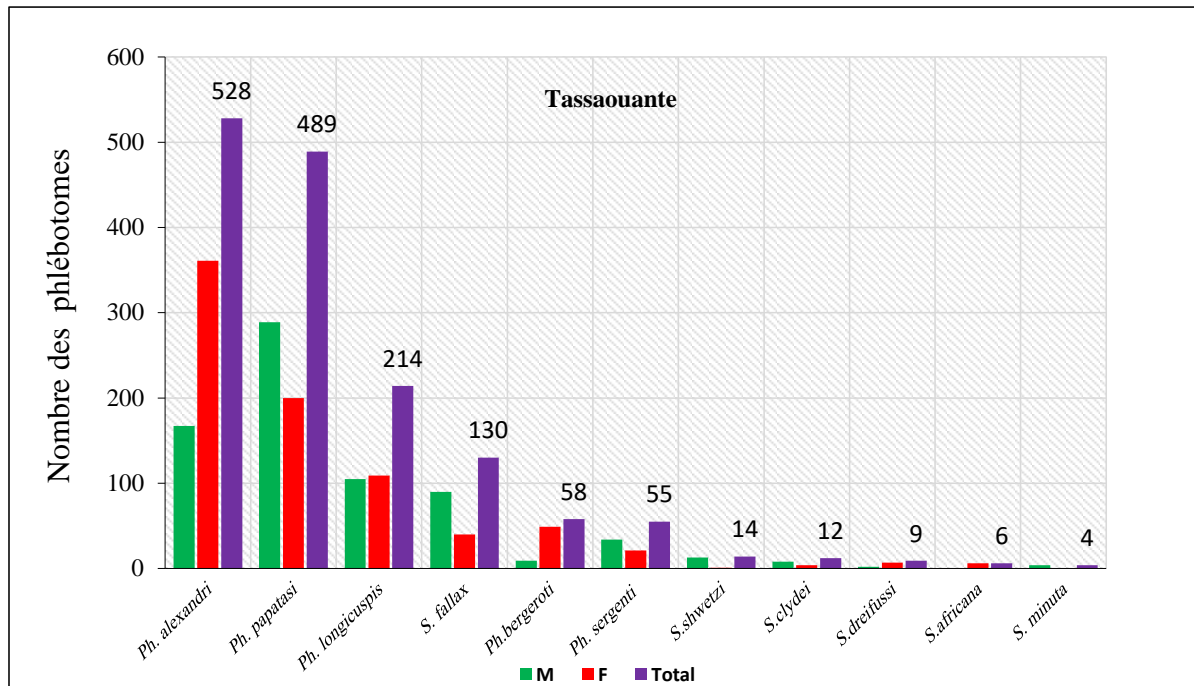


Figure 58: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Tassaouante.

f. Ksar mougni

La figure 59 montre la dominance de 2 espèces du genre *Phlebotomus* avec un effectif total qui dépasse 800, il s'agit de *Ph. papatasi* et *Ph. longicuspis*. Le reste des espèces se trouve inférieur à 250 individus, avec une absence totale de quelques espèces.

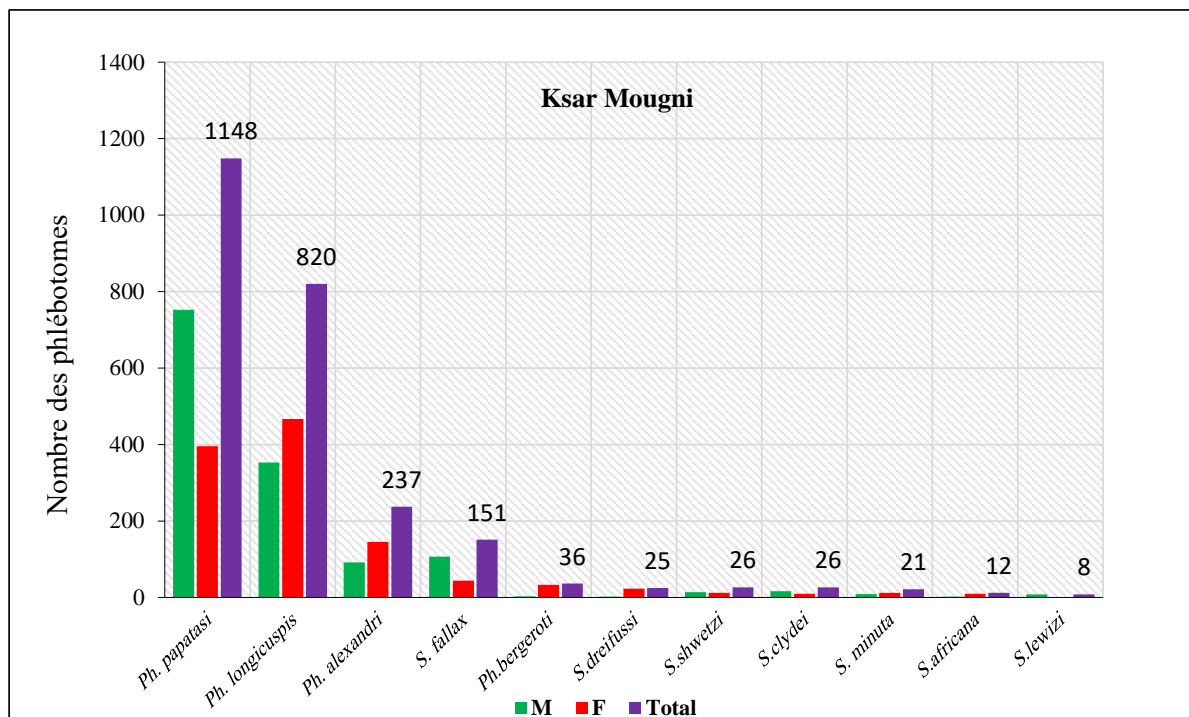


Figure 59: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Ksar Mougni.

g. Touna Niaaraben

D'après la figure 60, il est clairement constaté que 3 espèces du genre *Phlebotomus* dominent les captures avec un effectif qui dépasse 450 spécimens, il s'agit de *Ph. alexandri*, *Ph. papatasi* et *Ph. longicuspis* successivement. La présence des autres espèces ne dépasse pas une centaine d'individus, avec une absence totale d'autres espèces.

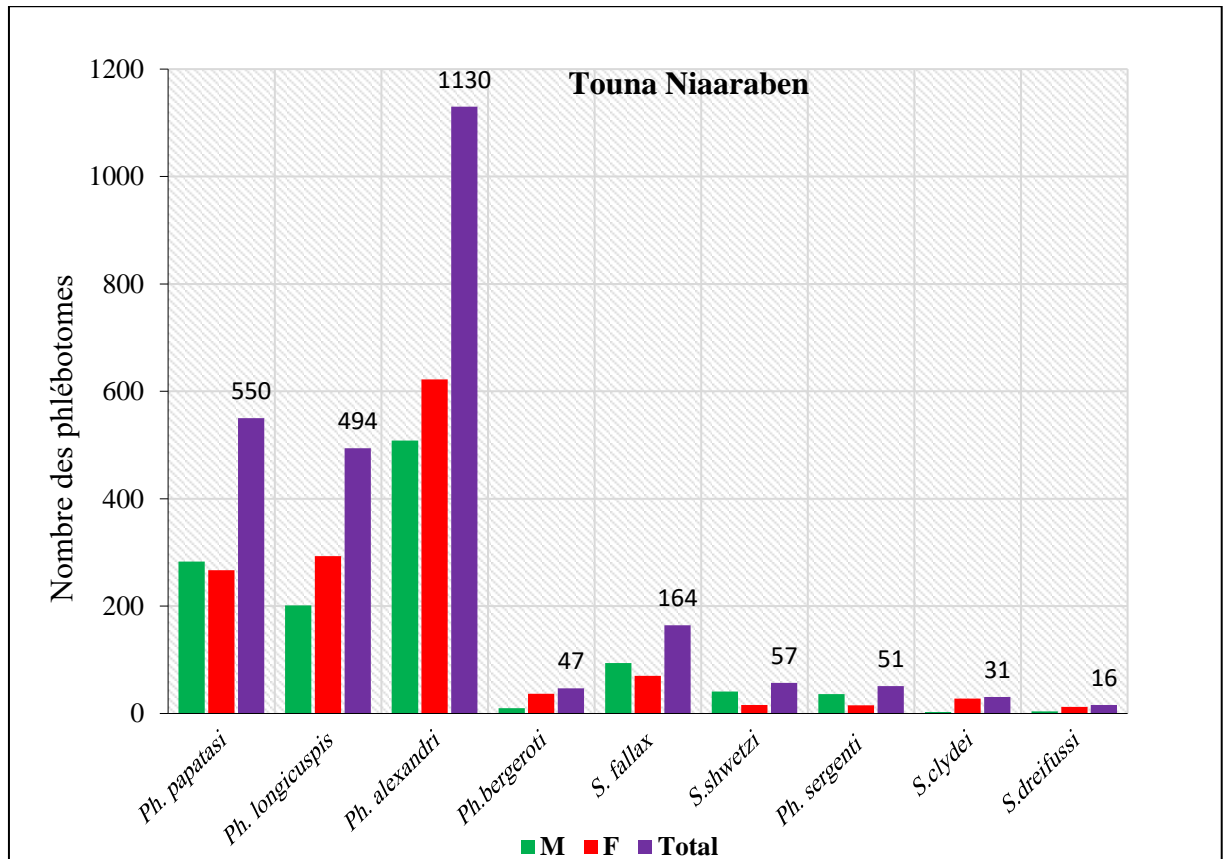


Figure 60: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Touna Niaraaben.

h. Zaouite Leftah

A l'aide de la figure 61, on peut constater qu'il y a une dominance de *Ph. papatasi* et *Ph. longicuspis* avec des effectifs dépassant 250 individus, notamment chez les mâles. Les effectifs des autres espèces sont peu élevés pendant les captures.

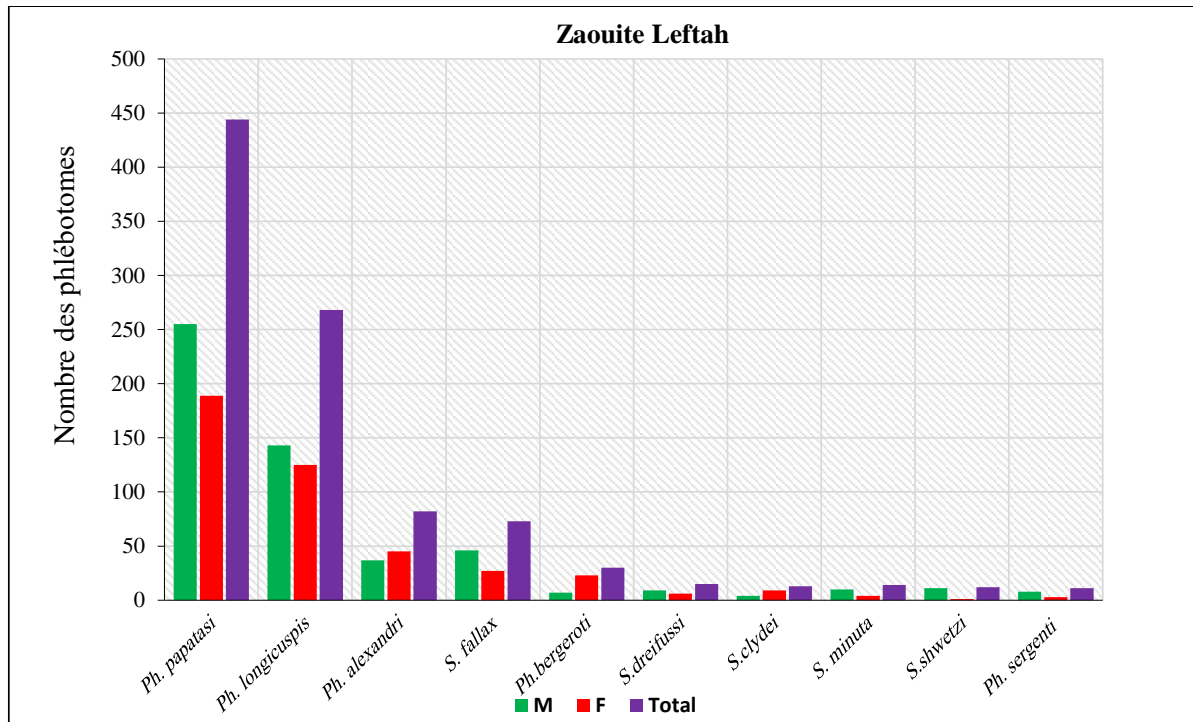


Figure 61: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Zaouite Leftah.

i. Zaouite Sidi Salah

Dans cette localité, une seule espèce domine nos échantillons avec un nombre de plus de 450 individus. Ce chiffre reste très élevé par rapport aux effectifs des autres espèces qui ne dépassent même pas 70 d'individus (Figure 62).

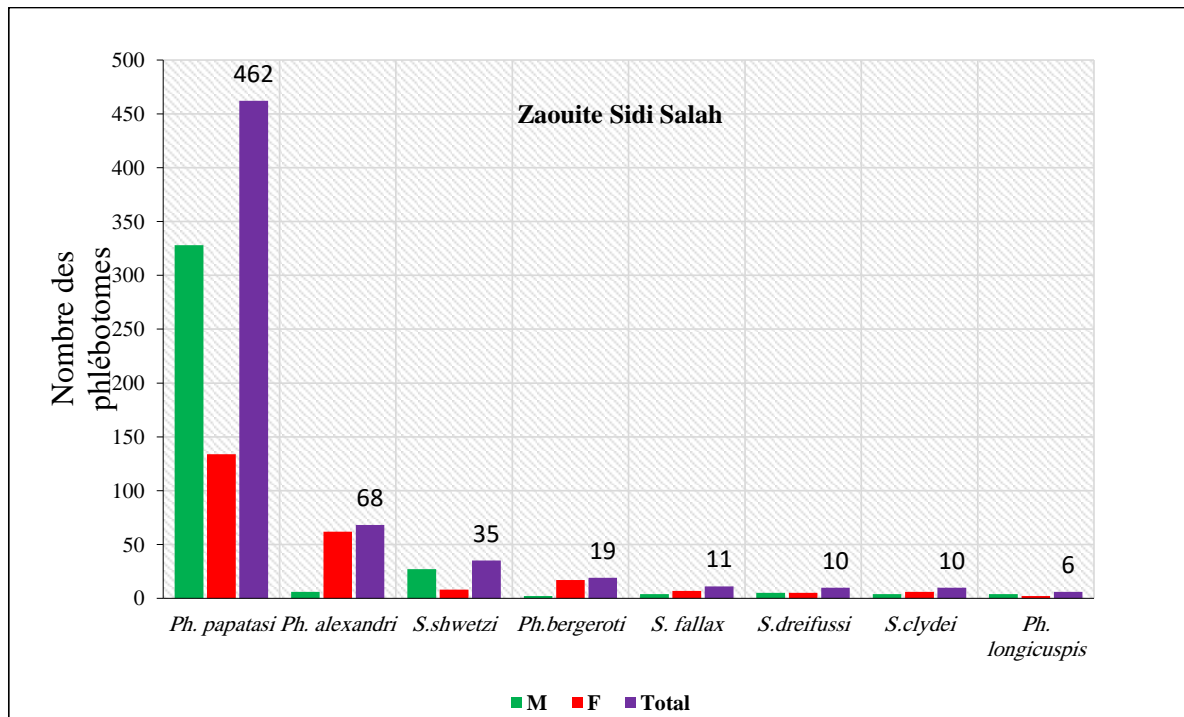


Figure 62: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Zaouit Sidi Saleh.

j. Bleida

La figure 63, expose les effectifs du peuplement phlébotomien capturés dans la localité Bleida. Cette dernière témoigne la présence de toutes les espèces mais avec une dominance préalable de *Ph. papatasi* et *Ph. longicuspis* plus particulièrement le sexe masculin.

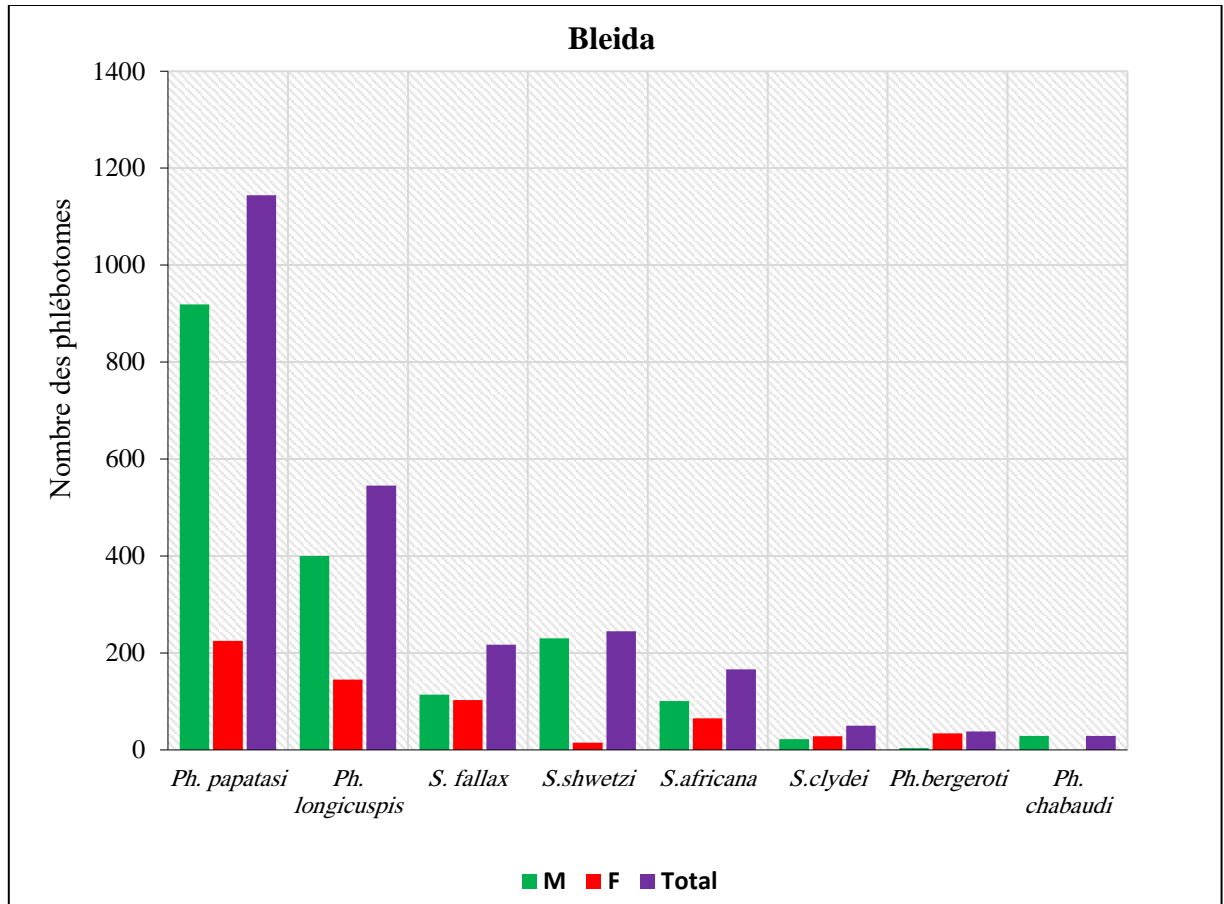


Figure 63: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Bleida.

k. Timtig

Au niveau de cette localité, il a été montrée une dominance des 2 espèces du genre *Phlebotomus* avec un effectif total qui dépasse 550 et 250. Il s'agit de *Ph. longicuspis* et *Ph. papatasi*. Le reste des espèces se trouve inférieur à 100 individus, avec une absence totale de quelques espèces (Figure 64).

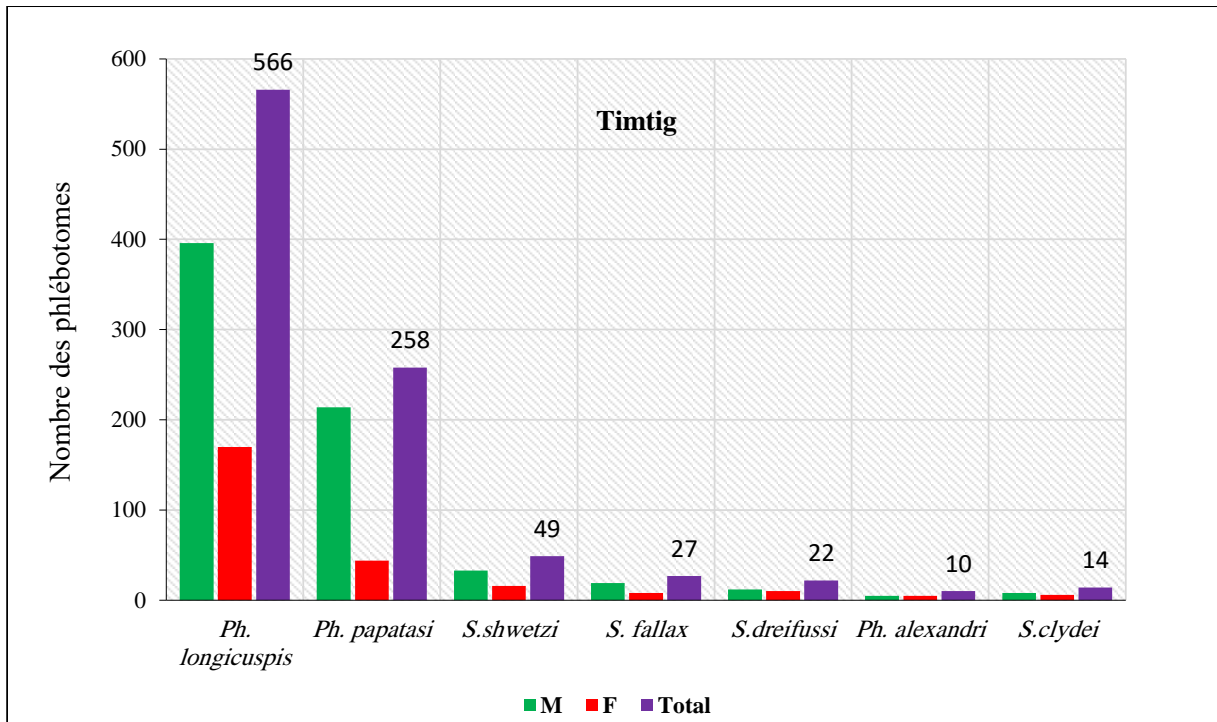


Figure 64: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Timtig.

I. Ait Oulahyane

Dans cette localité, une seule espèce qui domine nos échantillons avec un effectif de 380 individus. Ce chiffre reste très élevé en comparaison avec les effectifs des autres espèces qui ne dépassent même pas une cinquantaine d'individus. Figure 65

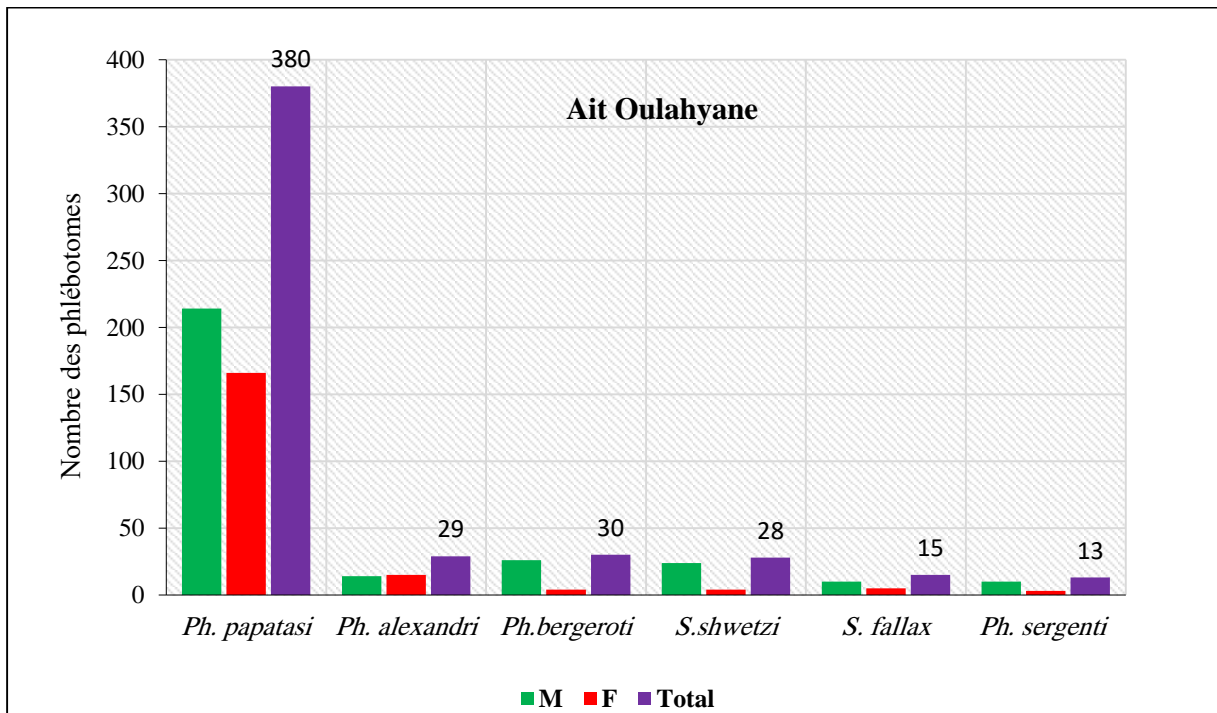


Figure 65: Répartition du peuplement phlébotomien dans la localité Ait Oulahyane.

2. Discussion

La présente étude a permis d'actualiser l'inventaire des phlébotomes au sud du Maroc, au niveau de la Province de Zagora. Les résultats de cette étude ont montré que la faune phlébotomienne se compose de deux genres : *Phlebotomus* et *Sergentomyia* repartis en sept sous-genres : *Phlebotomus*, *Paraphlebotomus*, *Larroussius*, *Sergentomyia*, *Parrotomyia*, *Grassomyia*, et *Sintonius*. L'utilisation des pièges lumineux ont révélé l'existence de dix huit espèces : *Ph. Papatasi*, *Ph. longicuspis*, *Ph. Sergenti*, *Ph. alexandri*, *Ph. Longeroni*, *Ph. Kazeruni*, *Ph. bergeroti*, *Ph. Chabudi*, *Ph. Chadlii*, *S. antennata*, *S. minuta*, *S. dreifussi*, *S. clydei*, *S. africana*, *S. schwetzii*, *S. fallax*, *S. lewisi* et *S. christophersi*.

Les derniers travaux de prospection menés par Guernaoui et al., en (2005) dans la région Marrakech, une région similaire à celle de Zagora, ont confirmé la présence de cinq espèces. Toutes ces espèces ont été retrouvées dans nos captures aussi. Par ailleurs, ces auteurs ont signalé également la présence des malformations chez les spécimens de *Ph. papatasi* et *Ph. longicuspis*. Toutefois, ces malformations existaient chez les spécimens de nos captures. Nos résultats toujours concordent avec ceux de Marrakech. Des autres travaux de Boussaa et al., 2008 ont pu collecter entre 2002 et 2006 que 5 espèces (*Ph. papatasi*, *Ph. longicuspis*, *Ph. sergenti*, *S. minuta*, *S. fallax*) dans la même ville de Marrakech. D'autre part, El-Miri et al., en 2013 a relevé la présence de 6 espèces (*Ph. perniciosus*, *Ph. ariasi*, *Ph. papatasi*, *Ph. longicuspis*, *Ph. sergenti*, *S. minuta*) dans le Nord-Ouest. Les seules espèces de *Ph. perniciosus* et *Ph. ariasi* qui ne présentent pas dans nos captures. La confrontation de nos résultats avec les études citées ci-dessus, montre que la région de Zagora abrite une faune phlébotomienne très importante. Cependant, dans notre étude, nous avons ciblé fondamentalement les habitats humains et les écuries des animaux domestiques. Ce mode de capture vise notamment la capture des espèces à intérêt médical, et ne permet pas d'établir la liste des espèces exophiles, et plus particulièrement, celles appartenant au genre *Sergentomyia* dont les gîtes de repos se retrouvent naturellement dans les biotops sauvages.

**Chapitre IV: Etude de la
dynamique saisonnière des vecteurs
potentiels des leishmanioses au niveau de
la Province Zagora**

Résumé

Cette étude a été réalisée dans la localité de Zagora pendant la période d'activité des phlébotomes d'Avril à Octobre 2019. L'objectif est d'étudier la dynamique des principaux vecteurs de *Leishmaniade* la Province de Zagora. Un total de 18173 spécimens ont été collectés par des pièges lumineux. *Ph. papatasi* était l'espèce dominante (42,31%), suivie par *Ph. alexandri* (15,72%), *Ph. longicuspis* (14,01%) et *Ph. sergenti* (8,68%). Les phlébotomes de la Province de Zagora ont été actifs pendant six mois allant du mois de Mai au mois d'Octobre. L'étude de la dynamique saisonnière des espèces dominantes *Ph. papatasi* et *Ph. alexandri* a révélé une distribution biphasique avec un premier pic au mois de Juillet et un second pic au mois d'Octobre. Alors que l'espèce de *Ph. longicuspis* était présente avec une tendance biphasique avec le premier pic en Mai et le second pic en Octobre. Concernant l'espèce *Ph. sergenti*, une tendance monophasique a été enregistré avec un pic en mois de Juillet. La présence des espèces *Ph. papatasi*, *Ph. sergenti* et *Ph. longicuspis* vectrices respectivement de *L. major*, *L. tropica* et *L. infantum* avec une grande densité dans Zagora, indiquent un risque potentiel élevé de transmission du parasite, d'où la nécessité d'élaboration d'un programme de lutte et d'évaluation de son efficacité.

Mots clés : *Ph. papatasi*, *L. major*, Dynamique, Fluctuation, Saison, Densité, Zagora, Maroc

1. Résultats

L'étude des fluctuations saisonnières des phlébotomes était suivie pendant six mois de Mai à Octobre 2019 au niveau de la Province de Zagora. En tenant compte de l'intérêt épidémiologique et écologique de la région, douze localités ont été sélectionnées où des cas de leishmanioses ont été officiellement déclarés (Ministère de Santé, 2016). Dans ces localités, le piégeage des phlébotomes a été effectué à l'aide des pièges lumineux. A chaque fois, ont été enregistrées les données météorologiques pour une étude écoentomologique et environnementale de la région d'étude.

1.1. Caractéristiques de la population étudiée

1.1.1. Effectif des phlébotomes et densité des phlébotomes

Cette étude a permis d'établir un inventaire faunistique au niveau de Zagora révélant la présence de quatre espèces appartenant au genre *Phlebotomus*. Les résultats des séries de prospections réalisés de Mai à Octobre 2019 ont permis de récolter 18173 spécimens au niveau de différentes stations de la localité Zagora. Une prédominance a été marquée chez l'espèce *Ph. papatasi*, le phlébotome le plus fréquemment récolté pendant la période d'étude avec 7827 spécimens (42,31%). En second lieu vient *Ph. alexandri* avec 3409 individus (18,78%), suivie par *Ph. longicuspis* avec 3081 (17,01%). *Ph. sergenti* était représentée par 814 (4,43%) (Figure 66).

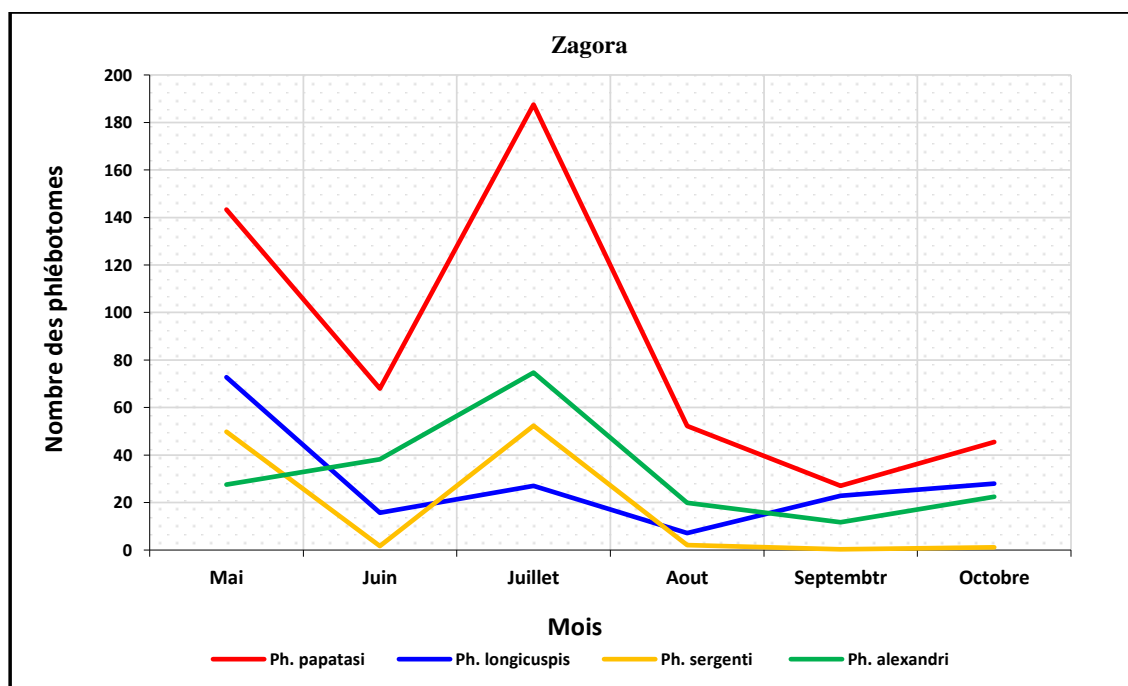


Figure 66: Etude de la dynamique de la faune phlébotomienne de Zagora pendant la période de Mai à Octobre 2019.

D'après les séances de captures réalisées au niveau de Zagora nous avons constaté une évolution mensuelle qui varie d'une espèce à l'autre. Seules les quatre espèces les plus abondantes (*Ph. papatasi*, *Ph. sergenti*, *Ph. alexandri* et *Ph. longicuspis*) potentiellement vecteurs des leishmanies ont été suivies afin de déterminer leurs dynamiques mensuelles.

D'après les séances de captures réalisées au niveau de la Province de Zagora, nous avons constaté une évolution mensuelle qui varie d'une espèce à l'autre, tantôt diphasique et tantôt triphasique. La première est représentée par *Ph. alexandri*, *Ph. longicuspis* et *Ph. sergenti*. *Ph. alexandri* s'évaluait avec un pic au mois de Juillet et l'autre en mois d'Octobre. *Ph. longicuspis* avait deux pics enregistrés en mois de Mai et Septembre. *Ph. sergenti* est la troisième espèce à évolution diphasique, mais cette fois-ci les deux pics étaient en Mai et Juillet. Pour l'évolution triphasique, l'espèce : *Ph. papatasi*, était la seule espèce qui a présenté une fluctuation saisonnière triphasique avec un important pic en Juillet, le deuxième en Mai et le troisième en mois d'Octobre.

a. Tasla

D'après les séances de captures réalisées au niveau maisons de Tasla nous avons constaté une évolution mensuelle diphasique qui varie d'une mensuelle à l'autre. Les quatre espèces commençaient leur activité au début du mois Mai et continue de progresser jusqu'à Octobre avec deux pics bien distincts. Le premier pic qui est le plus important était enregistré pendant le mois de Juillet où la majorité des espèces potentiellement vectrices des leishmanioses présentes et le deuxième pic relativement moins important était en mois d'Octobre (Figure 67a). Sauf le *Ph. alexandri* qui a changé le deuxième pic, en le faisant pendant le mois d'Aout.

b. Ifred

D'après la figure 66b, on remarque que *Ph. papatasi* est présente durant toute la période d'étude de Mai à Octobre, avec une évolution saisonnière biphasique à deux pics d'activité. Le premier pic enregistré pendant le mois d'Aout, qui est le pic le plus important, et le deuxième pic relativement moins important pendant le mois d'Octobre. Pour *Ph. longicuspis*, l'activité saisonnière était diphasique aussi avec deux pics successifs en Aout et Octobre. Il a été marqué une chute considérable en Septembre pour cette espèce. Alors pour *Ph. sergenti*, était présente avec un importante pic en Mai, et avec un deuxième pic pendant le mois d'Aout. *Ph. alexandri* était présente de mois de Juin à Octobre avec deux pics

d'activité. Le premier enregistre pendant le mois de Juillet, qui est le plus important et un deuxième pic relativement moins important pendant le mois d'Septembre.

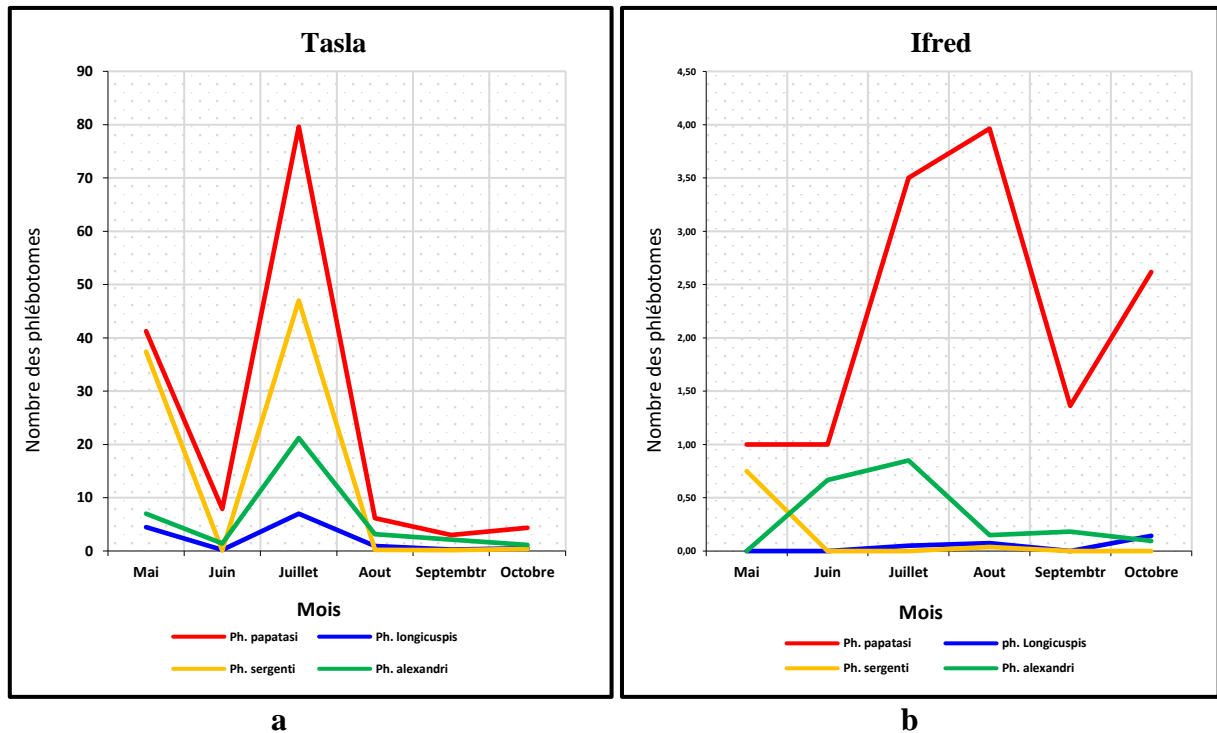


Figure 67: Fluctuations saisonnières des phlébotomes dans les localités de Tasla et Ifred.

c. Timarighine

D'après la figure 68a on remarque que *Ph. papatasi* était présente avec une évolution saisonnière diphasique allant de Mai à Octobre, avec deux pics d'activité. Le premier enregistré pendant le mois de Juillet, qui est le plus important, et le deuxième pic relativement important pendant le mois d'Octobre. Alors que *Ph. longicuspis* a commencé son activité qu'au début du mois Juin et Juillet, puis elle a marqué une chute considérable en Aout et Septembre. Cependant, elle a repris sa fluctuation avec une augmentation pendant le mois d'Octobre où on constate le deuxième pic d'activité. Pour *Ph. sergenti* a été capturé pendant le mois de Mai, le mois de premier pic. Un deuxième pic était en mois de Juillet, Aout et le dernier en Octobre avec une fréquence très faible. Au niveau de cette localité, cette espèce était absente pendant les mois de Juin et Septembre. *Ph. alexandri* était présente de façon trimodale pendant la période allant de Mai à Octobre, avec trois pics d'activité. Le premier enregistré pendant le mois de Juillet, le deuxième en mois d'Aout, qui est le plus important, et un troisième pic relativement moins important pendant le mois d'Octobre.

d. Tassaouante

Ph. papatasi été capturée pendant les mois de Mai à Octobre, dont l'évolution saisonnière diphasique avec deux pics bien distincts. Le premier pic enregistré était pendant le mois de Juillet, suivi d'un deuxième pic relativement important pendant le mois d'Octobre. Alors que *Ph. longicuspis* commença avec une activité diphasique aussi avec deux pics d'activité. Le premier pic enregistré pendant le mois de Juillet, qui est le plus important et un deuxième pic relativement important pendant le mois d'Octobre. *Ph. sergenti*, l'une des espèces aussi incriminée dans la transmission des leishmanioses cutané de type sèche était aussi présente avec une activité monophasique d'où son pic important était pendant le mois d'Aout. *Ph. alexandri* l'une des espèces qui pourrait être aussi vectrice était présente pendant la période allant de Mai à Octobre, avec une évolution diphasique, à deux pics d'activité. Le premier était pendant le mois de Juillet, qui est le plus important, et un deuxième pic relativement moins important pendant le mois d'Octobre (Figure 68b).

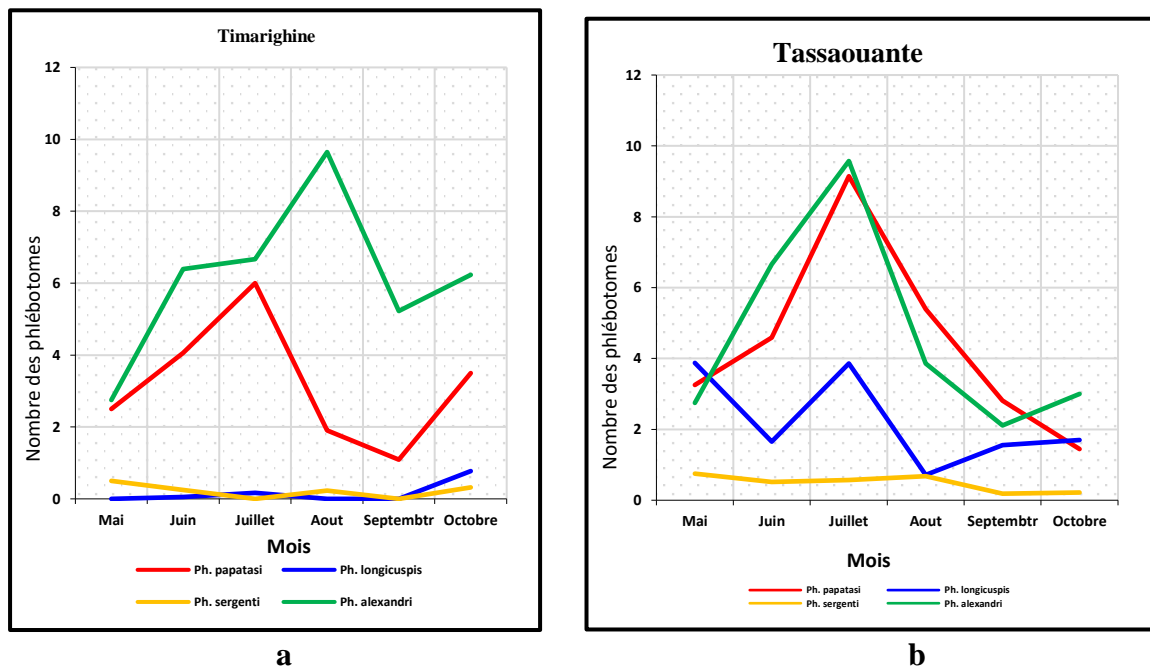


Figure 68: Fluctuations saisonnières des phlébotomes dans les localités de Timarighine et Tassaouante.

e. Ait Ali Ouassou

Ph. papatasi est une espèce très abondante dans cette localité d'Ait Ali Ouassouet présente de Mai à Octobre, avec deux pics d'activité. Le premier était enregistré pendant le mois de Juillet, qui est le plus important, et un deuxième pic important pendant le mois d'Octobre, alors que les 3 autres espèces sont peu abondantes. *Ph. longicuspis* commence au

début du mois Juillet et Aout et ou elle a marque une chute considérable en mois de Septembre. Cependant, elle a repris son activité pendant le mois d'Octobre ou on a constaté le deuxième pic faible d'activité. Pour *Ph. sergenti*, l'activité s'étend du mois de Mai au mois de Aout avec un pic d'activité au mois de Juin d'où l'évolution monophasique. Cette espèce était absente dans nos captures pendant les mois Septembre et Octobre. *Ph. alexandri* était présente de Mai à Octobre, avec deux pics d'activité. Le premier est enregistré pendant le mois de Juillet, qui est le plus important et le deuxième pic moins important était pendant le mois d'Octobre (Figure 69a).

f. Zaouit Leftah

Au niveau de cette localité, nous avons constaté la présence des quatre espèces *Ph. longicuspis*, *Ph. papatasi*, *Ph. sergenti* et *Ph. alexandri* de Mai à Octobre, avec une évolution mono ou diphasique à deux pics. La première est représentée par *Ph. alexandri* avec un léger pic en Juillet. Les autres espèces avaient un premier pic commun à celui du mois de Mai, par contre le deuxième était en mois d'Octobre (Figure 69b).

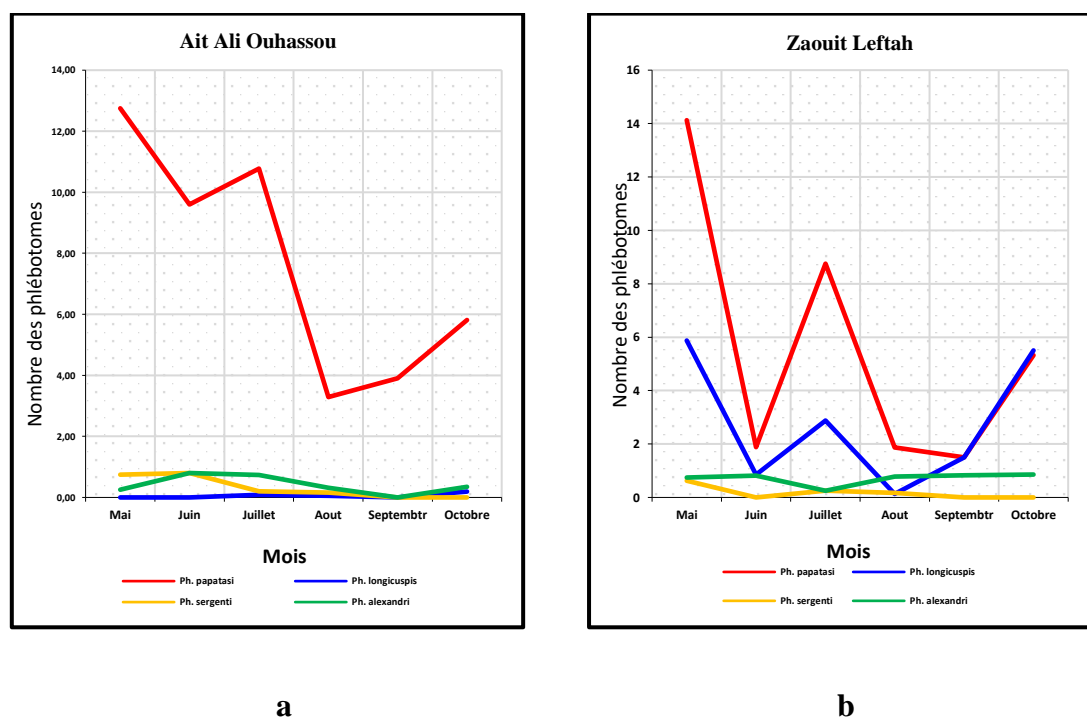


Figure 69: Fluctuations saisonnières des phlébotomes dans les localités de Ait Ali Ouassou et Zaouite Leftah.

g. Zaouit Sidi Salah

Au niveau de la présente localité, *Ph. papatasi* est présente depuis du mois de Mai à Octobre. L'évolution est fluctuée de façon biphasique avec deux pics d'activité

successivement en Aout et Octobre. En contre partie, les deux autres espèces potentiellement vectrices (*Ph. longicuspis* et *Ph. sergenti*) ont été présente avec une très faible abondance durant toutes la période d'activité. *Ph. alexandri* était la seule espèce sous évolution monophasique d'où le pic remarquable en mois d' Octobre (Figure 70a).

h. Ksar Mougni

La population de *Ph. papatasi* était beaucoup plus fréquente dans nos captures. Elle présente une distribution biphasique avec un première pic en Juin et un second pic en Octobre. alors que les espèces de *Ph. sergenti* ont montré une tendance monophasique avec un pic en Mai. Les autres espèces de *Ph. alexandri* ont montré une tendance biphasique avec un premier pic en Aout et un second pic en Octobre. Pour *Ph. longicuspis* s'oscille de façon triphasique, dont le premier était enregistré en Mai, le deuxième en Juillet et le troisième en mois de Septembre (Figure 70b).

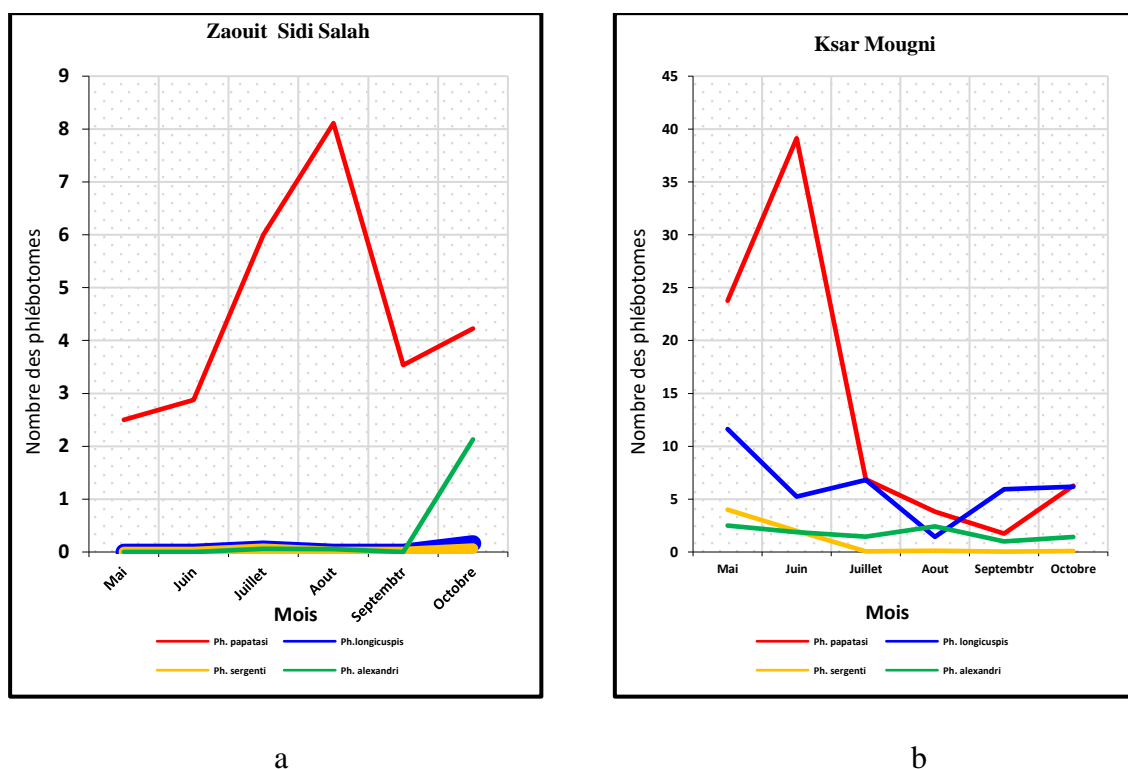


Figure 70: Fluctuations saisonnières des phlébotomes dans les localités de Zaouit Sidi Saleh et Ksar Mougni.

i. Touna Niarraben

Les specimens de *Ph. alexandri* étaient les espèces les plus dominantes dans cette localités, ils ont été capturés durant la période de Mai à Octobre. L'évolution saisonnière était triphasique avec trois pics d'activité. Le premier enregistré pendant le mois de Mai, et un

deuxieme pic moins important pendant le mois de Juillet et le dernier en Octobre. *Ph. sergenti* était active uniquement pendant la période de Mai au Juin, les autres mois ont été présente à faible proportion. La population *Ph. papatasi* ont montré une tendance triphasique avec un premier pic en Mai et un second pic en Juillet et Octobre (Figure 71a). Le dernier espèce *Ph. longicuspis* était diphasique avec un léger pic en Juillet, suivie d'une importante évolution dans les mois qui suivent avec le pic maximal en mois en Septembre.

j. Bleida

Ph. sergenti et *Ph. alexandri* sont deux espèces à faible présence et presque absentes. Les deux autres spécimens *Ph. papatasi* et *Ph. longicuspis* sont des espèces abondantes sous tendance monophasique ou diphasique. Le premier était monophasique avec un pic en Mai, par contre la deuxième espèce était diphasique avec deux pics successivement en Août et Octobre (Figure 71b).

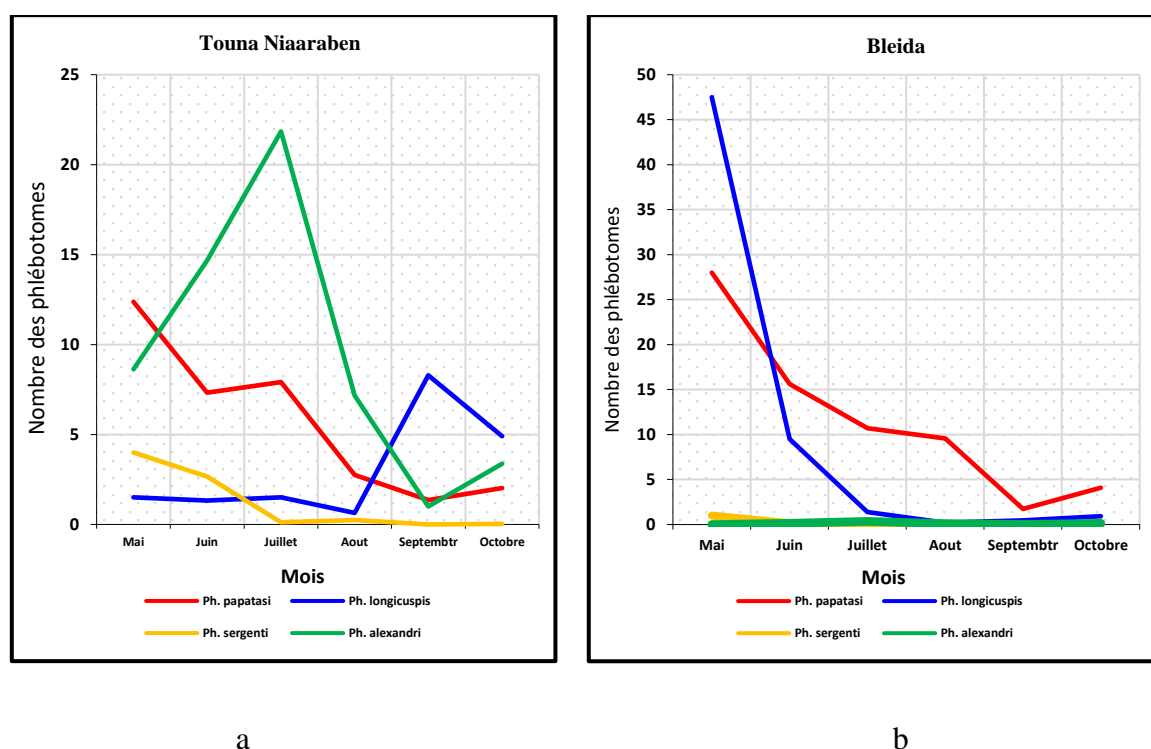


Figure 71: Fluctuations saisonnières des phlébotomes dans les localités de Touna Niaraben et Bleida.

k. Timtig

Les quatre espèces ont été actives à partir du mois de Juillet. *Ph. papatasi* et *Ph. longicuspis* ont suivie une évolution saisonnière diphasique d'où le pic important en mois

d'Octobre. *Ph. sergenti* et *Ph. alexandri* ont une tendance monophasique d'où le pic important respectivement en Juillet et Septembre.(Figure 72a).

1. Ait Oulahyane

Ph. papatasi est l'espèce prédominante de cette localité avec une évolution diphasique, d'où le pic maximal en mois d'Aout. Suivie de *Ph. alexandri*, avec tendance semblable diphasique mais cette fois-ci avec un pic maximal en mois de Septembre. Les deux autres espèces restant sont à faible proportion. *Ph. sergenti* était monophasique avec un maximum de spécimens capturés en Aout(Figure 72b).

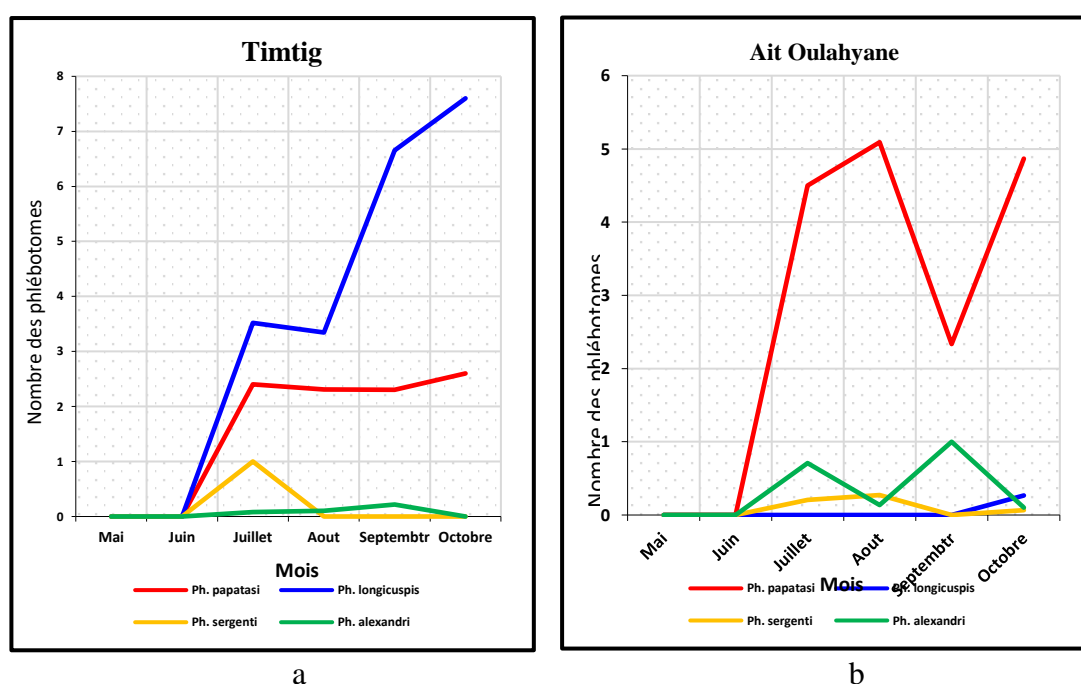


Figure 72: Fluctuations saisonnières des phlébotomes dans les localités de Timtig et Ait Oulahyane.

2. Discussion

Au cours des dernières années, l'incidence de la maladie de leishmaniose cutanée à *L. major* n'a pas cessé d'augmenter au niveau de la Province de Zagora (el Hamouchi, 2019). La majorité des cas ont été signalés principalement dans Ait ouallal, Tansift, Bouzeroual, Taftechna Tamegroute, Taghbalat, Errouha, Tagounite, Bleida, NKob Tinzouline. *Ph. papatasi* est confirmé en tant que vecteur de *L. major* en Maroc (A. Rioux, 1984). Cette espèce préfère pour son développement les zones arides et semi-arides. Au niveau de la Province de Zagora, *Ph. papatasi* était largement répandue; elle était présente pendant toute la

durée de nos enquêtes avec une évolution diphasique à deux pics, le premier a été observé en Juin et le deuxième en octobre. La même espèce a été récoltée au niveau du Marrakech, une zone aride du Sud du Maroc, avec une activité saisonnière allant de Juin à Novembre et à deux pics de densité bien distincts. Dans une étude similaire menée dans un foyer de *L. tropica* dans la Province de Tinghir, limitrophe de la Province de Zagora, ont trouvé que *Ph. papatasi* était le phlébotome le plus abondant (45,7 %), suivi de *Ph. sergenti* (27,8 %) puis de *Ph. longicuspis* (13,5 %), tandis que *Ph. alexandri* était l'espèce de *Phlebotomus* la moins collectée. Les résultats obtenus étaient en concordance avec celle obtenues au niveau du Marrakech avec une activité phlébotomienne maximale en Juillet (Boussa S. et al., 2004). Pour *Ph. longicuspis*, une forte densité phlébotomienne a été observée en mois d'Aout. Ce résultat est conforme à celui de Guernaoui et al. (2005) au niveau de la Province de Chichaoua où il est représenté avec une évolution monophasique et un pic remarquable en Août-Septembre.

Ph. sergenti est confirmé en tant que vecteur de *L. tropica* en Afrique du Nord, Moyen-Orient et en Asie centrale (Al-Zahrani et al., 1988; Tabbabi et al., 2011), même au Maroc (Pratlong et al., 1991). Ce spécimen gagne les zones arides et semi-arides (Rioux et al., 1999). Au niveau de la localité d'Aichoune, *Ph. sergenti* était largement répandue, elle était présente pendant toute la durée de nos enquêtes avec une évolution monophasique à pic maximal en Juin. Ce résultat est en discordance à ceux obtenus au niveau de Chichaoua et Taza. En effet, il a été observé une évolution diphasique avec deux pics en mois de Juillet et le deuxième en mois de Septembre (Guessous-Idrissi et al., 1997b). La même espèce a été récoltée au niveau du Taza, une zone semi-aride du Nord du Maroc, avec une activité saisonnière du mois de Juin à celui de Novembre et à deux pics de densité bien distincts (Guessous-Idrissi et al., 1997b). Par contre au niveau du Marrakech, cette espèce était avec une activité maximale en mois de Juillet (Boussaa et al., 2004).

Pour *Ph. longicuspis*, une activité phlébotomienne a été observée de Mai à Octobre avec un maximum d'espèces capturé en mois de Septembre. Ce résultat conforme à celui de Guernaoui et al. (2005) au niveau de la Province de Chichaoua où il est représenté avec une évolution monophasique et un pic remarquable en mois d'Août-Septembre. Une étude similaire a été exécuté en 2011 dans la région de Fès-Boulmane, précisément au niveau d'un foyer de leishmaniose cutanée Ouled Aid appartenant à la Province voisine de Sefrou (Lahouiti et al., 2013; 2014). Si nous comparons nos résultats avec ceux trouvés dans cette étude, nous pouvons en déduire que l'inventaire faunistique des vecteurs potentielles des

leishmanioses que nous avons obtenus est le même mais avec des densités différentes. En effet, les espèces les plus abondantes ont été représenté par *Phlebotomus papatasi* (50,52%), *Phlebotomus sergenti* (24,7%), *Phlebotomus perniciosus* (9.69%), et *Phlebotomus longicuspis* (5,54%) (Lahouiti et al., 2014).

Cette étude menée pendant la période de Mai à Octobre 2019, nous a permis d'étudier la dynamique et l'évolution saisonnière des principaux vecteurs potentiels de *Leishmania*. Un total de 18173 phlébotomes, appartenant aux quatre espèces, ont été collectés par des pièges lumineux. *Ph. papatasi* était l'espèce dominante avec 43,07%, suivie par *Ph. alexandri* (18,76%), *Ph. longicuspis* (16,95%) et *Ph. sergenti* (4,48%). D'après les résultats obtenus, les phlébotomes ont été actifs pendant tous les 6 mois (mai-octobre). La longue période d'activité de *Ph. papatasi* et *Ph. longicuspis* dans la localité de Zagora indique le risque potentiel élevé de la transmission des *L. major* et *L. infantum* dans cette province.

Le suivi de la distribution spatio-temporelle des espèces est indispensable pour étudier la dynamique des phlébotomes et préciser leur période d'activité afin de mieux diriger les campagnes de lutte anti-vectérielle.

Chapitre V : Etude de l'impact des facteurs écologiques sur la répartition spatio-temporelle des phlébotomes au niveau de la Province Zagora

Résumé

Une investigation éco-entomologique des phlébotomes a été menée dans la Province de Zagora. L'objectif de cette étude est d'étudier l'impact des facteurs climatiques et écologiques sur la dynamique de la faune phlébotomienne pendant la période allant de Mai à Octobre 2019. La collection de ces insectes a été réalisée deux fois par mois, à l'aide des pièges lumineux de type CDC. Tous les spécimens capturés (N=18173) sont présents avec la prédominance des mâles (sex ratio=1,28) et ils sont composés de dix-huit espèces réparties en deux genres: *Phlebotomus* (85,79%) et *Sergentomyia* (14,21%). *Ph. papatasi* était l'espèce la plus dominante avec une prévalence de 43,07%, suivie par *Ph. alexandri* (18,76%), *Ph. longicuspis* (16,95%) et *Ph. sergenti* (4,48%). Le genre *Sergentomyia* était représenté par 9 espèces. Le suivi de la dynamique de *Ph. papatasi* vecteur de *L. major* au niveau de la Province de Zagora, a montré une évolution bimodale caractérisée avec deux pics importants; le premier apparaît en mois de Juillet (37,61%) et le second en mois de d'Octobre (8,62%). L'étude de l'effet des facteurs climatiques de la région d'étude a permis de constater une corrélation entre la dynamique des phlébotomes et la variation de ces paramètres climatiques (Température et précipitation). En effet, le maximum des phlébotomes est recueilli en mois de Juillet lorsque la température et précipitation atteignait des valeurs de 35,6°C et 1mm respectivement et le minimum en mois de Septembre avec une température moyenne de 29,9°C et les précipitations de l'ordre de 5mm. L'analyse statistique par l'ACP a révélé une corrélation fortement positive avec la température. L'effet des autres facteurs influençant ainsi la dynamique des phlébotomes ont été analysés, à savoir le facteur d'altitude. Pour les précipitations, la corrélation était négative et sans aucun effet sur la dynamique de toutes les espèces.

Mot clés : Phlébotomes, *Ph. papatasi*, *L. major*, Ecologie, Climat, Dynamique, Zagora, Maroc.

1. Introduction

Selon la littérature, les facteurs écologiques ont été jugé comme étant des facteurs qui influencent l'activité phlébotomienne. En effet, les paramètres abiotiques peuvent affecter la saisonnalité des phlébotomes. L'impact de la nature de climat, l'urbanisation, la cohabitation homme et animal, la contenance de site de reproduction en matière organique et le type de la végétation, sont des facteurs importants, jouant un rôle majeur dans la distribution de ces insectes (Guernaoui et al., 2009). Actuellement, il n'y a pas des informations sur la relation entre les conditions environnementales (par exemple: la température, l'humidité relative...) et la saisonnalité des différents espèces des phlébotomes de les villages, province de Zagora. Dans ce chapitre, nous allons présenter les résultats de l'étude bioécologique des phlébotomes effectuées au niveau de la Province de Zagora. L'objectif de cette étude était d'étudier l'écologie des phlébotomes et analyser les effets de chaque paramètre climatique sur la répartition de différents spécimens potentiellement incriminé dans la transmission des leishmanioses. L'analyse des indices écologiques s'avère essentielle pour l'évaluation de la qualité de la recherche. L'exploitation de ces données serait d'une grande importance pour mieux comprendre les corrélations entre les différents paramètres écologiques et la répartition des phlébotomes, et par la suite participer à éclairer les conditions favorables et les facteurs limitant la prolifération des spécimens en question.

2. Résultats

2.1. Distribution mensuelle de l'abondance relative des phlébotomes dans la Province de Zagora

Un total de 18173 spécimens a été identifié au cours de cette étude. L'effectif et l'abondance relative de chaque espèce en fonction du type de piège (CDC) est représenté sur la (figure 73). D'une manière générale, l'abondance des espèces du genre *Phlebotomus* (85,79%) est bien classé par rapport au genre *Sergentomyia* (14,21%). *Ph. Papatasi*, *Ph alexandri* et *Ph.longicuspissont* les trois espèces les plus abondantes (43,07%, 18,76%, 16,95%) ,respectivement, suivies de *S.fallax*, *Ph. sergenti* et *S. schwetzi* (6,96%, 4,48%, 3,14%). Par contre, l'ensemble des autres espèces (*Ph. bergeroti*, *S.dreifussi*, *S. clydei*, *S. africana*, *S. lewisi*, *S.christophersi*, *Ph. longeroni*, *Ph. kazeruni*, *Ph. chabudi*, *Ph. chadlii*, *S. antennata*, *S. minuta*, *S. dreifussi*) ne représente que 6,64% (Figure 73).

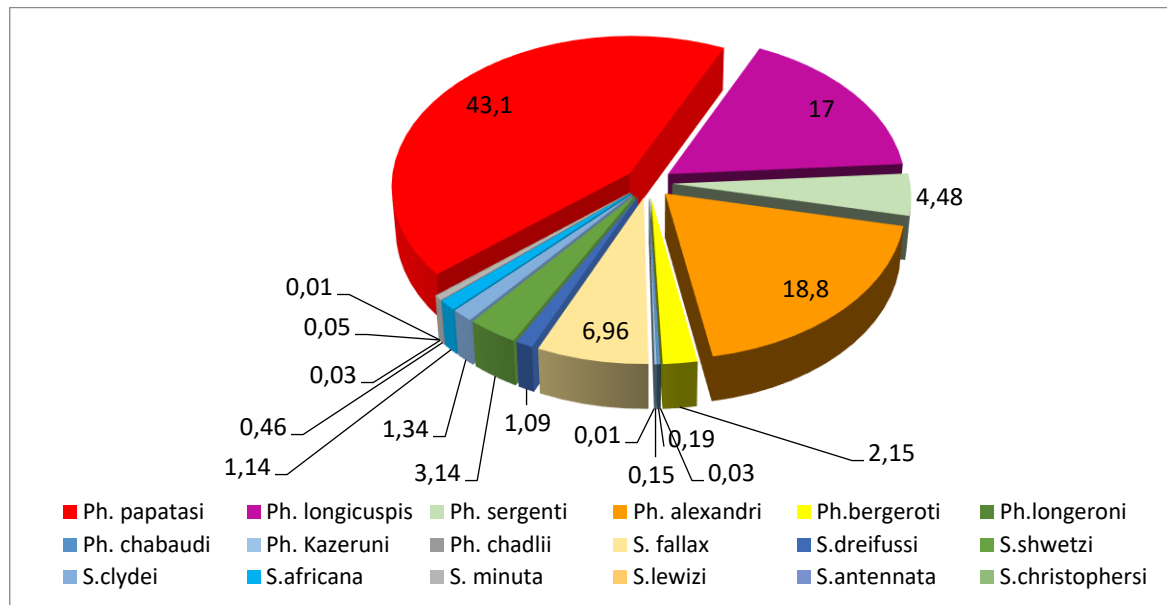


Figure 73: Abondance des phlébotomes de la province de Zagora (2019)

Pour analyser la dynamique des phlébotomes de Zagora, nous avons étudié l'évolution mensuelle de l'abondance relative des phlébotomes (figure74). Les phlébotomes sont dynamiques mensuellement de Mai à Octobre. L'activité saisonnière des phlébotomes est marquée par deux périodes. Une période hivernale allant de Janvier à Avril où l'abondance relative est nulle. C'est une période limitante de développement biologique des phlébotomes. La deuxième s'étale sur six mois allant de Mai à Octobre. L'évolution saisonnière est biphasique avec deux pics importants en Mai (27,92%) et Juillet (37,61%) (Figure 74). C'est la période optimale au développement biologique des phlébotomes au niveau de la Province de Zagora.

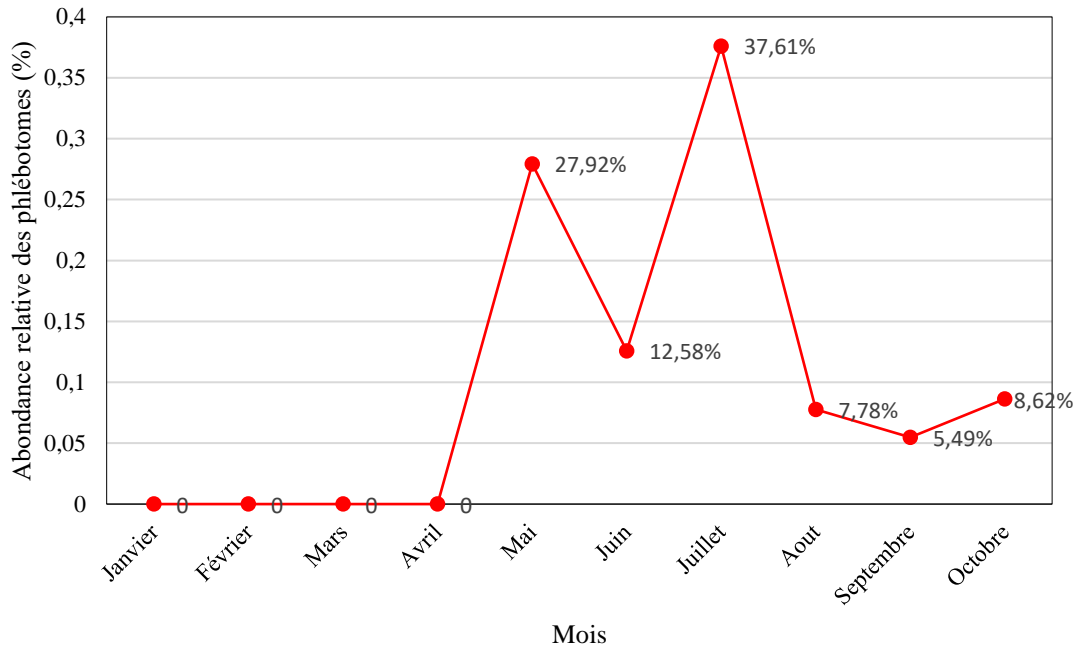


Figure 74: Distribution mensuelle de l'abondance relative des phlébotomes de la Province de Zagora en 2019 (de Janvier à Octobre)

2.2. Etude des fluctuations saisonnières des phlébotomes

2.2.1. Etude des fluctuations saisonnières du genre *Phlebotomus*

L'étude des fluctuations saisonnières des phlébotomes a montré une grande richesse spécifique de neuf espèces pendant le mois de Juin, c'est la période de coexistence des trois espèces incriminées dans la transmission de leishmaniose. De mois de Novembre jusqu'à mois d'Avril, la saisonnalité de tous ces espèces reconnaissent un recul voire la disparition de tous les phlébotomes, c'est la période passive de point de vue entomologique.

Ph. sergenti, *Ph. alexandri* présentent une activité monophasique. Ils étaient actifs de mois de Mai à Octobre, puis ils disparaissent dans le reste des mois. Pour les espèces du genre *Phlebotomus* ; *Ph. longicuspis* et *Ph. papatasi* présentent une répartition triphasique, avec trois pics apparaissent respectivement en mois de Mai, Juillet et Octobre. Pour *Ph. alexandri*, présente une tendance diphasique avec un maximal en mois de Juillet (0,07%) (Figure75).

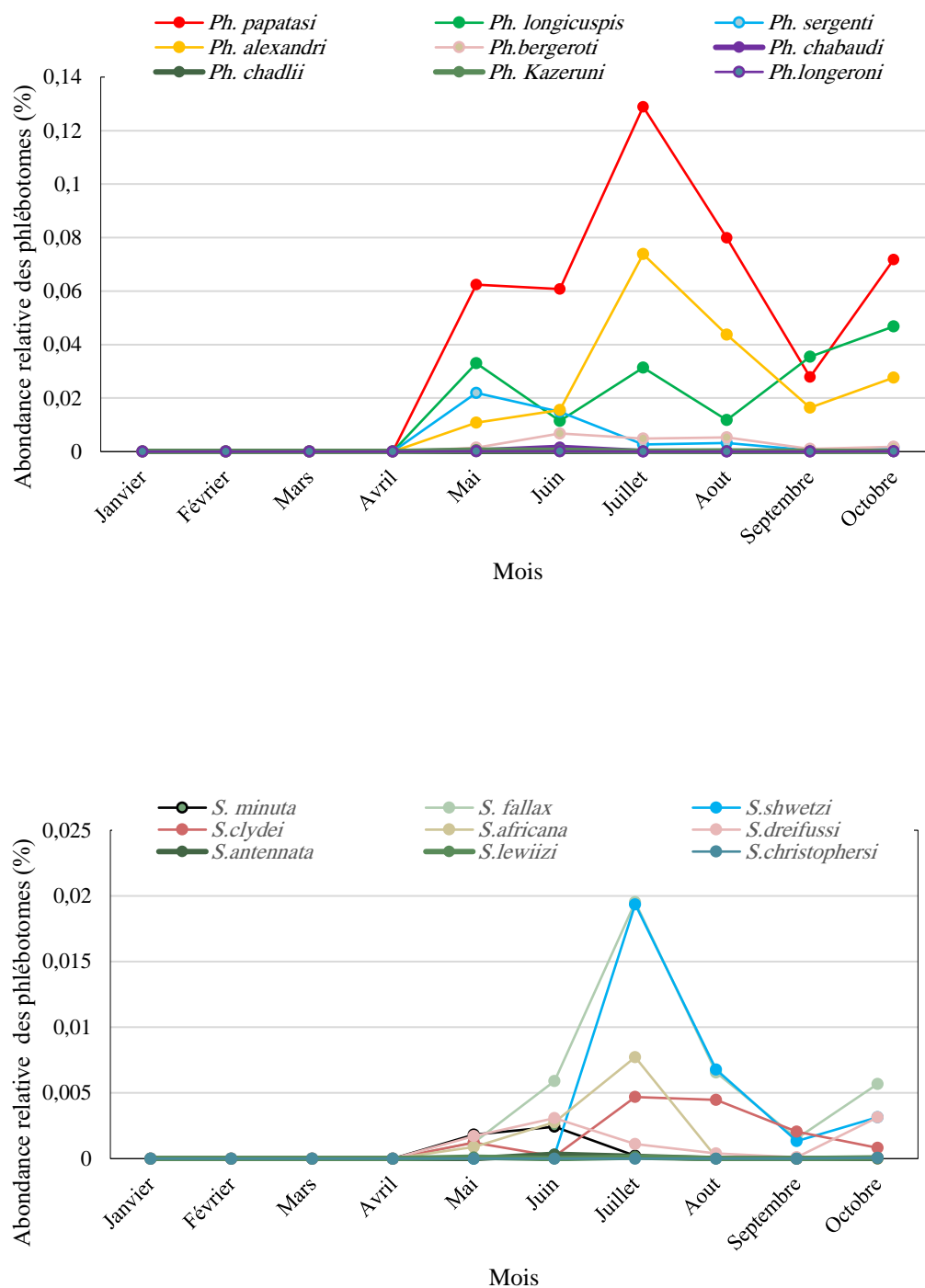


Figure 75: Fluctuation saisonnière des phlébotomes, (A : genre *Phlebotomus*, B : genre *Sergentomyia*) collectés de différentes localités de la Province de Zamora durant l'année 2019.

Pour le genre *Sergentomyia*, nous avons collecté neuf espèces avec la prédominance de *Se. shwetzi* et *S. fallax*. Presque toutes les espèces de ce genre suivent une évolution saisonnière monophasique avec un pic maximal en mois de Juillet.

2.2.2. Comportement du peuplement phlébotomien et indices écologiques

a. Sex ratio

Généralement, on a remarqué au cours de nos captures par les pièges lumineux (PL) qu'il y avait plus de mâles que des femelles. La comparaison du sex-ratio selon l'espèce montre que les mâles sont plus nombreux que les femelles chez presque toutes les espèces à l'exception de *Ph.alexandri* (0,44), *Ph.bergeroti*(0,30), *S.minuta*(0,89), *S.lewizi*(0,25), *S.dreifussi*(0,29), *S.clydei*(0,63)(Tableau 22).

Tableau 22: Sex ratio (mâles/femelles) des espèces collectées.

Genre	Sous-genre	espèces	Mâle	Femelle	Total	Sex ratio	
Phlebotomus	Phlebotomus	<i>Ph. papatasi</i>	5078	2749	7827	1,85	
		<i>Ph.bergeroti</i>	91	299	390	0,30	
	Paraphlebotomus	<i>Ph. sergenti</i>	657	157	814	4,18	
		<i>Ph. alexandri</i>	1037	2372	3409	0,44	
		<i>Ph. chabaudi</i>	33	2	35	16,50	
	Larrousius	<i>Ph. Kazeruni</i>	22	5	27	4,40	
		<i>Ph. longicuspis</i>	1675	1406	3081	1,19	
		<i>Ph.longeroni</i>	0	6	6	0,00	
			<i>Ph. chadlii</i>	1	0	1	0,00
	Sergentomyia	Sergentomyia	<i>S. minuta</i>	39	44	83	0,89
<i>S. fallax</i>			825	440	1265	1,88	
<i>S.antennata</i>			0	9	9	0,00	
<i>S.shwetzi</i>			479	92	571	5,21	
Parrotomyia		<i>S.africana</i>	113	95	208	1,19	
		<i>S.lewizi</i>	1	4	5	0,25	
Grassomyia		<i>S.dreifussi</i>	45	153	198	0,29	
Sintonius		<i>S.clydei</i>	94	149	243	0,63	
		<i>S.christophersi</i>	0	1	1	0,00	

b. Fréquence d'occurrence des espèces

D'après la distribution des espèces dans les différentes localités, on peut distinguer 5 groupes d'espèces : les espèces, *Ph. papatasi*, *Ph. bergeroti*, *Ph. sergenti*, *Ph alexandri*, *Ph.longicuspis*, *S.fallax*, *S. schwetzi*, *S. africana*, *S. dreifussi*, *S. clydei*, *S. minuta*, *Ph. kazeruni* sont qualifiées de constantes (ou espèces communes) parce qu'elles étaient retrouvées dans plus de 50 % des localités prospectées. Alor que, *Ph. chabudi*, *Ph. longeroni* et *S.lewizi* sont accessoires car elles représentent une fréquence d'occurrence comprise entre 25% et 33%. Puis, l'espèce rare est *S. antennata* possédant une fréquence d'occurrence entre

10% et 25%. Enfin, *Ph. chadlii* et *S.christophersi* considérées comme très rare avec une fréquence d'occurrence inférieure à 10% (Tableau 23).

Tableau 23: Fréquence d'occurrence et distribution des espèces de phlébotomes dans la zone d'étude

<i>Species</i>	Occurrence frequency	Occurrence classe
<i>Ph. papatasi</i>	100%	
<i>Ph. longicuspis</i>	100%	
<i>Ph. sergenti</i>	100%	
<i>Ph. alexandri</i>	100%	
<i>Ph.bergeroti</i>	100%	Constant
<i>S. fallax</i>	100%	
<i>S.dreifussi</i>	100%	
<i>S.shwetzi</i>	100%	
<i>S.clydei</i>	100%	
<i>Se. africana</i>	83%	
<i>Se. minuta</i>	83%	commune
Ph. Kazeruni	50%	
Ph.longeroni	25%	
S.lewizi	25%	accessoire
Ph. chabaudi	25%	
<i>Se. antennata</i>	17%	rare
<i>Ph. chadlii</i>	8%	
<i>S.christophersi</i>	8%	très rare

C :Constante ; C : commune ;A : accessoire ; R : rare ; C : commune; TR : très rare

c. Diversité et équitabilité de la distribution des espèces de phlébotomes

Dans le but de décrire la composition de la population de phlébotomes capturés dans les différentes localités étudiées, des paramètres écologiques fondamentaux ont été utilisés. La richesse totale (S), l'indice de Shannon (H), l'indice de Simpson et l'indice d'équitabilité (E), représentés dans le (Tableaux 24). Selon le dernier tableau, le plus grand nombre d'espèces est noté à Bleida, avec 15 espèces, Ait Ali Ouassou et Zaouite Leftah avec 14 espèces, Tasla et Ksar Mougni avec 13 espèces, Ifred et Tassaouante avec 12 espèces, Touna Niaraben et Zaouit Sidi Saleh avec 11 espèces. En outre, il a été observé que la biodiversité est plus élevée dans les localités suivantes : Bleida (H= 1,67, E=0,62), Tasla (H=1,68,E= 0,62), Ksar Mougni (H=1,51,E=0,56), Touna Niaraben (H=1,54 ,E=0,57). L'indice de

Simpson indique une faible diversité des espèces dans toutes les stations, ce qui est confirmé par les valeurs de l'indice de Simpson obtenues dans les stations étudiées, et qui nous permet de les classer en trois groupes. La première classe qui a une valeur d'IS < 0,46 où une seule espèce, *Ph. papatasi*, est dominante. La deuxième classe est estimée à $0,46 \leq LS < 0,69$ où trois espèces, *Ph. papatasi*, *Ph. longicuspis*, *Ph alexandri*, co-dominent dans les stations et, enfin, les groupes de sites avec une équitabilité de $0,70 \leq 1$ où trois espèces, *Ph. papatasi*, *Ph. longicuspis*, et *Ph alexandri*, dominant et où les populations de toutes les espèces sont distribuées équitablement.

Tableau 24: Richesse totale (s), indice de diversité de Shannon et Simpson, (E), équipartition des peuplements.

Localite	code	H	S	R	E	Espèces dominantes	(AR%)
Ait Oulahyane	YAN	1,13	0,46	11	0,47	<i>Ph. papatasi</i>	72,94%
						<i>Ph.bergeroti</i>	5,76%
Timtig	TT	1,17	0,57	11	0,49	<i>Ph. longicuspis</i>	59,45%
						<i>Ph. papatasi</i>	27,10%
Bleida	BL	1,71	0,73	15	0,63	<i>Ph. papatasi</i>	45,67%
						<i>Ph. longicuspis</i>	21,76%
Zaouit Sidi Saleh	SA	1,07	0,45	11	0,45	<i>Ph. papatasi</i>	73,22%
						<i>Ph. alexandri</i>	10,78%
Zaouite Leftah	FA	1,55	0,69	13	0,61	<i>Ph. papatasi</i>	46,39%
						<i>Ph. longicuspis</i>	28,00%
Touna Niaraben	TO	1,56	0,71	11	0,65	<i>Ph. alexandri</i>	44,42%
						<i>Ph. papatasi</i>	21,62%
						<i>Ph. longicuspis</i>	19,42%
Ifred	IF	1,31	0,54	12	0,53	<i>Ph. papatasi</i>	66,32%
						<i>Ph. alexandri</i>	6,94%
Ksar Mougni	MO	1,48	0,68	13	0,58	<i>Ph. papatasi</i>	45,13%
						<i>Ph. longicuspis</i>	32,23%
Tassaouante	TAN	1,68	0,75	12	0,68	<i>Ph. alexandri</i>	34,71%
						<i>Ph. papatasi</i>	32,15%
Tasla	SLA	1,64	0,72	13	0,64	<i>Ph. papatasi</i>	46,92%
						<i>Ph. sergenti</i>	19,41%
Timarighine	TIM	1,22	0,57	11	0,51	<i>Ph. alexandri</i>	60,17%
						<i>Ph. papatasi</i>	25,84%
Ait Ali Ouassou	OUH	1,05	0,41	12	0,09	<i>Ph. papatasi</i>	76,09%
						<i>S. fallax</i>	7,74%

R : Richesse spécifique, H : indice de Shannon, S : indice de Simpson, E : équitabilité

2.3. Effet des paramètres climatiques sur la distribution des phlébotomes de la Province de Zagora

2.3.1. Diagramme ombrothermique de la Province de Zagora

La Province de Zagora connaissait une quantité de 77 mm pendant toute l'année (2004-2020) avec une variation de précipitation de 0 mm à 80 mm. A partir de données spatiales CHIRPS et température de surface de MODIS de Zagora, nous avons pu tracer le diagramme ombrothermique (Figure 76) qui a révélé le mois Juillet était le mois le plus sec, en contrepartie le mois d'Octobre est enregistré comme le mois le plus humide. Selon le diagramme ombrothermique la période de sécheresse s'étale sur dix mois.

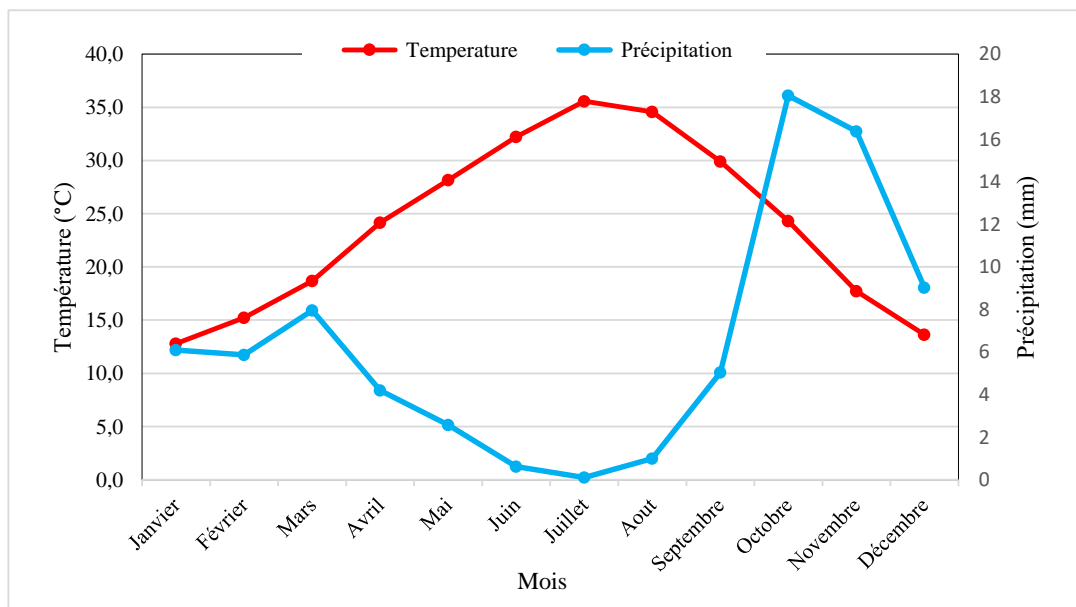


Figure 76: Diagramme ombrothermique de la province de Zagora (2004-2020)

2.3.2. Effet des paramètres bioclimatiques sur l'évolution temporelle des phlébotomes

a. Effet de la température sur la distribution mensuelle des phlébotomes

L'étude de l'effet de la température sur la distribution mensuelle des phlébotomes a permis de constater une relation entre la dynamique de ces insectes et la variation de ce paramètre. La température minimale de la région pendant la période de l'activité des phlébotomes varie entre 21,9°C et 18,6°C et pour la maximale entre 34,5°C et 30,1°C. Le maximum des phlébotomes (N=5354) est recueilli en mois de Juillet lorsque la température atteignait une valeur moyenne de 35,6°C et le minimum en mois de Septembre avec une valeur moyenne de 29,9°C (figure 77).

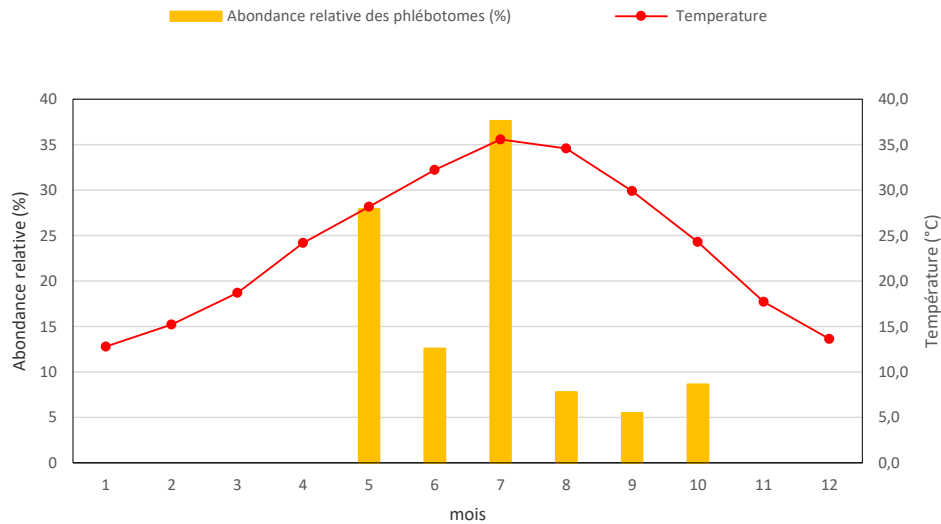


Figure 77: Effet de la température moyenne mensuelle sur l'abondance des phlébotomes.

b. Effet des Précipitations sur la distribution mensuelle des phlébotomes

L'étude de l'effet des Précipitations sur la distribution mensuelle des phlébotomes a permis de constater une relation entre la dynamique de ces insectes et la variation de ce paramètre. Les Précipitations minimales de la région pendant la période de l'activité des phlébotomes varie entre 0 et 18mm. Le maximum des phlébotomes (N=5354) est recueilli en mois de Juillet lorsque la Précipitation atteignait une valeur de 0 mm et le minimum en mois de Septembre avec une valeur de 5mm (Figure78).

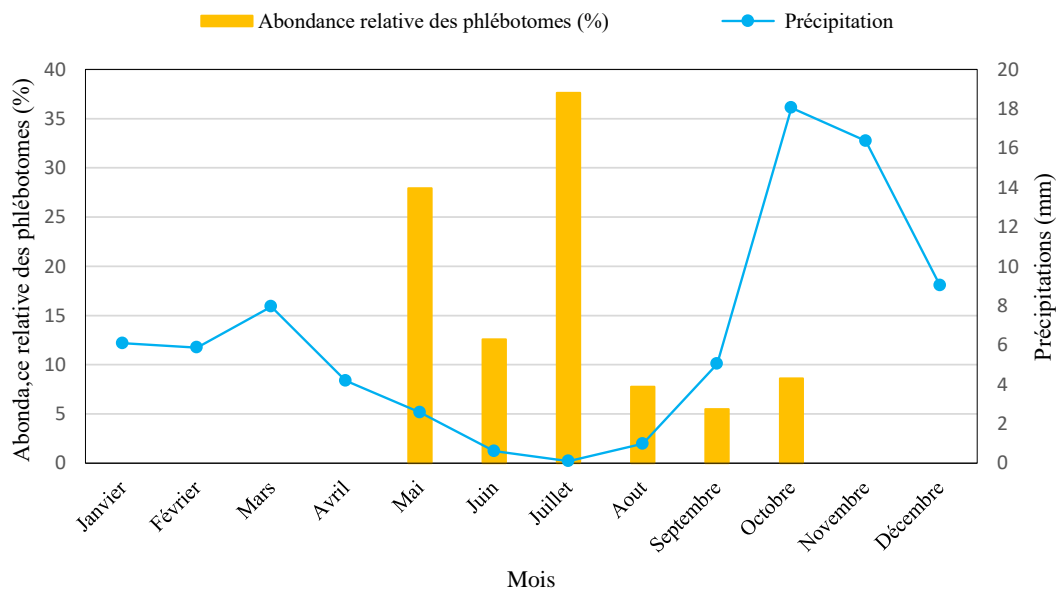


Figure 78: Effet des Précipitations mensuelles sur l'abondance des phlébotomes de la Province de Zagora

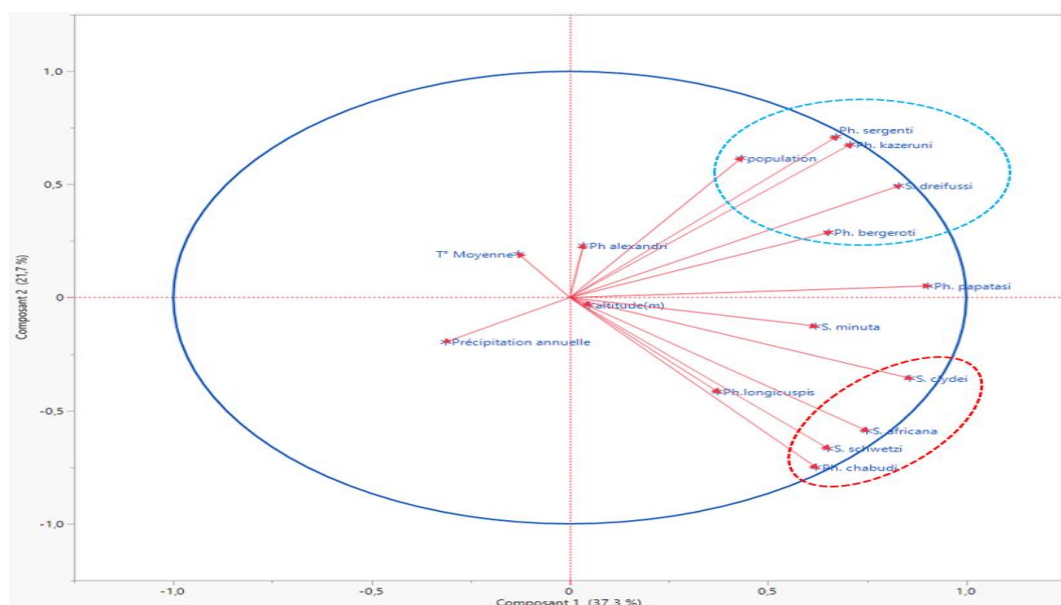
2.4. Analyse statistique de l'impact des facteurs abiotiques

Pour déterminer le nombre des composantes à retenir, nous allons adopter le critère de Kaiser qui dit que lors d'une ACP normée, on retient les composantes dont les valeurs propres sont supérieures à 1. Le Tableau de la variabilité expliquée montre que les cinq premières composantes ont des valeurs propres supérieures à 1 et expliquent une variabilité de 88,65%. Ce tableau affiche aussi les pourcentages de la variabilité expliquée par chaque composante et les pourcentages cumulés. La représentation graphique de ces résultats est illustrée dans le graphique des valeurs propres.

2.4.1. Analyse en composantes principales

Nombre de composante	Valeur propre	% de Variance	% Cumulé
1	5,96199	37,262	37,262
2	3,47785	21,737	58,999
3	1,91218	11,951	70,950
4	1,66792	10,425	81,375
5	1,16455	7,278	88,653
6	0,721717	4,511	93,164
7	0,535888	3,349	96,513
8	0,317953	1,987	98,500
9	0,179479	1,122	99,622
10	0,0467539	0,292	99,914
11	0,013714	0,086	100,000
12	7,69442E-16	0,000	100,000
13	3,60271E-16	0,000	100,000
14	2,5034E-16	0,000	100,000
15	-1,23814E-17	0,000	100,000
16	-6,63414E-16	0,000	100,000

2.4.2. Graphe des corrélations



D'après le graphe des corrélations, on peut extraire les informations suivantes:

Il y a deux groupements d'espèces qui montrent une corrélation entre elles:

- ✓ Le premier groupe *Ph. chabudi* et *S. schwetzi*, *S. africana* et *S. cydei* sont corrélés entre elles.
- ✓ Le deuxième groupe : *Ph. sergenti*, *Ph. Kazeruni*, *Ph. bergeruti*, *S. dreifussi* qui sont corrélés entre elles et avec la population, c'est-à-dire que ces espèces préfèrent les localisations qui connaissent des populations élevées.

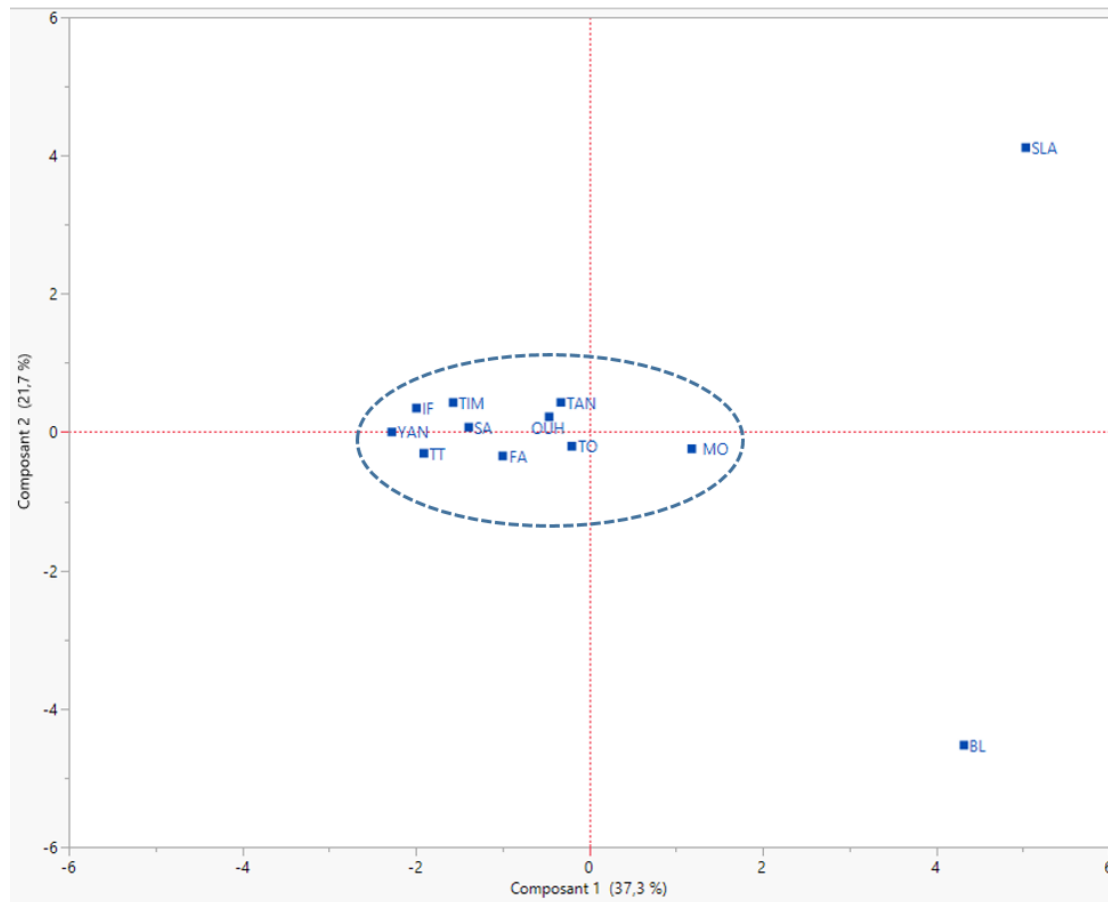
Toutes les espèces présentent des tendances de corrélations négatives avec la température et les précipitations. L'altitude n'a pas d'influence sur les espèces. Les corrélations observées sont confirmées par le test de corrélation dans le tableau 25 en bas.

Tableau 25: Les coefficients de corrélations entre les espèces et les paramètres géographiques et climatiques

	altitu de	populati on	<i>Ph.</i> <i>papatasi</i>	<i>Ph.longicus</i> <i>pis</i>	<i>Ph.</i> <i>sergenti</i>	<i>Ph</i> <i>alexand</i> <i>ri</i>	<i>Ph.</i> <i>kazeru</i> <i>ni</i>	<i>Ph.</i> <i>berger</i> <i>oti</i>	<i>Ph.</i> <i>chabu</i> <i>di</i>	<i>S.</i> <i>minut</i> <i>a</i>	<i>S.</i> <i>dreifus</i> <i>si</i>	<i>S.</i> <i>clyd</i> <i>ei</i>	<i>S.</i> <i>africa</i> <i>na</i>	<i>S.</i> <i>schwet</i> <i>zi</i>	Précipitati on annuelle	T° Moyen ne
altitude(m)	1															
population	-0,09	1														
<i>Ph.</i> <i>papatasi</i>	0,14	0,41	1													
<i>Ph.longicus</i> <i>pis</i>	-0,30	-0,17	0,34	1												
<i>Ph. sergenti</i>	0,09	0,78*	0,59*	-0,10	1											
<i>Ph</i> <i>alexandri</i>	-0,11	-0,29	-0,04	0,08	0,16	1										
<i>Ph.</i> <i>kazeruni</i>	0,03	0,82*	0,64*	-0,06	0,98*	0,04	1									
<i>Ph.</i> <i>bergeroti</i>	0,24	0,07	0,54	0,16	0,64*	0,53	0,59*	1								
<i>Ph. chabudi</i>	0,14	-0,12	0,49	0,43	-0,09	-0,23	-0,04	0,14	1							
<i>S. minuta</i>	-0,21	0,10	0,65*	0,47	0,32	-0,14	0,43	0,43	0,52	1						
<i>S. dreifussi</i>	0,08	0,65*	0,77*	0,15	0,92*	0,24	0,91*	0,70*	0,16	0,48	1					
<i>S. clydei</i>	0,02	0,11	0,79*	0,46	0,31	0,16	0,31	0,47	0,79*	0,51	0,56	1				
<i>S. africana</i>	0,14	0,04	0,56	0,37	0,14	-0,18	0,17	0,30	0,96*	0,56	0,34	0,84*	1			
<i>S. schwetzi</i>	0,16	0,01	0,51	0,37	0,02	-0,16	0,04	0,15	0,95*	0,38	0,22	0,83*	0,95*	1		
Précipitatio n annuelle	0,51	-0,17	-0,37	-0,06	-0,23	0,02	-0,31	-0,19	0,05	-0,44	-0,17	-0,26	-0,01	0,08	1	
T° Moyenne	0,25	0,06	-0,07	0,14	0,07	0,12	0,03	-0,14	-0,17	-0,24	0,13	-0,10	-0,20	-0,22	0,34	1

* : corrélation statistiquement significative au niveau de confiance de 95%

2.4.3. Graphe des localisations



L'information qu'on peut extraire à partir de ce graphique est que les localités peuvent être divisées en trois groupes selon les paramètres étudiés. Le premier groupe est constitué de toutes les localisations à l'exception des deux localités : SLA et BL. Ces deux localités sont différentes des autres et différentes entre elles. Cette classification est confirmée par le dendrogramme réalisé par la méthode de la classification hiérarchique ascendante (CHA).

2.5. Biotypologie des Phlébotomes de la région d'étude

La biotypologie est une classification hiérarchisée des biotopes étudiés en se basant sur les phlébotomes qui y vivent. Des groupements d'espèces peuvent être individualisés en fonction des biotopes.

2.5.1. Les analyses factorielles des correspondances (A.F.C.) appliquées aux différences entre les abondances relatives des espèces dans les localités enquêtées

Ces analyses permettent d'avoir une synthèse globale en conservant le maximum d'informations. L'analyse porte sur la diversité et les variations d'abondances des différentes

espèces des phlébotomes recensées aux niveaux des 12 villages d'étude. Afin de déceler les espèces et les groupes d'espèces appartenant à une ou plusieurs localités et de mettre en évidence les ressemblances et les différences qui existent entre les stations d'étude, la diagonalisation de la matrice de similitude par une analyse factorielle des correspondances a permis de déterminer de nouvelles variables ou des vecteurs propres définissant les axes correspondants (Zarrouk, 2018). Pour les stations, on a noté les critères descriptifs suivants : Altitude, urbanisation (milieu urbain, périurbain ou rural), végétation (cultivée, naturelle (forêt, steppe) et population. (Tableau 26)

Tableau 26: Caractéristiques descriptives des villages choisis dans la région d'étude.

Localité	code	altitude(m)	place	population	EXPOSITION	végétation
Ksar Mougni	MO	776	Rural	803	NW	palmeraie et culture
Tasla	SLA	1200	Rural	3383	S	lande
Zaouit Sidi Saleh	SA	602	Rural	1275	NW	palmeraie et culture
TASSAOUANTE	TAN	1086	Rural	407	E	lande
Bleida	BL	1308	Rural	659	E	palmeraie et culture
Zaouite Leftah	FA	729	Suburban	350	W	palmeraie et culture
Ifred	IF	785	Suburban	1501	E	lande
TIMARIGHINE	TIM	1020	Rural	347	NE	Acacia saharienne
AIT OULAHYANE	YAN	2317	Suburban	510	NW	palmeraie et culture
AIT ALI OUHASSOU	OUH	1240	Suburban	1395	E	palmeraie et culture
Timtig	TT	710	Urban	1715	S	palmeraie et culture
Touna Niaraben	TO	904	Rural	254	SW	palmeraie et culture

Les stations sont regroupées en quatre catégories, et retracent l'habitat type pour quatre groupes d'espèces (Figure 79).

- ✓ Groupe 1: Formé par les stations des Tassaouante, Touna Niaraben et Timarighine (entre 904 m et 1086 m d'altitude). Ces stations se trouvent surtout dans les milieux, urbain et périurbain, mais aussi dans le milieu rural. C'est un groupe très individualisé formé par *Ph alexandri*.
- ✓ Groupe 2: Ce sont spécialement les stations de la province de Zagora situées entre (710 m et 776 m) et une station de Bleida à 1308 m, en zone rurale. Ces stations se trouvent surtout dans les milieux, urbain et périurbain, mais aussi dans le milieu rural. C'est un groupe très individualisé formé par *Ph. longicuspis*.

- ✓ Groupe 3 : Toutes les stations de ce groupe sont situées dans des douars Zaouit Sidi Saleh ,Ifred ,Ait Oulahyane ,Ait Ali Ouassou de la province de Zagora à des altitudes entre 602 m et 785 m et les douars de la province de Zagora à des altitudes entre 1240 m et 2317 m, en zone rurale.
- ✓ Groupe 4: Tasla,Bleida ,Timarighine ,Timgig .ce sont le seul groupe qui englobe toutes les stations des trois villages. Ces stations se trouvent surtout dans les milieux, urbain,mais aussi dans le milieu rural.

La diversité et l'abondance des espèces de phlébotomes étaient différentes en fonction de l'altitude et, l'effet de l'altitude sur la diversité et la densité des phlébotomes est en relation avec le risque leishmanien. *Ph. papatasi* était abondante à 1200m. De même elle est collectée à des altitudes plus basses (600 m). Guernaoui et al. (2006) montrent que *Ph. papatasi* présente une large plasticité écologique. La distribution spatiale de. La densité de *Ph.papatasi* est très importante en la haute altitude (776-1300m).*Ph. sergenti* est collectée dans toutes les zones altitudinales et à des altitudes plus basses. Ses densités maximales sont enregistrées à 1200 m. La distribution de *Ph. sergenti* correspond à celle de *L. tropica* au Maroc (Rioux et al. 1997). Cependant, Guernaoui et al. (2006) ont signalé que la densité maximale de *P. sergenti* est enregistrée à 800-1000 m.*Ph. alexandri* se caractérisait par la haute altitude (1020m). Elle est collectée en zones rurale ou village ce qui est confirmé dans les résultats de Guernaoui et al. (2006). *Ph. longicuspis* et *Ph. langeroni* ont une large distribution couvrant toute la gamme des altitudes dans la zone d'étude. Ainsi, elles sont collectées dans toutes les zones altitudinales. *Ph. longicuspis* est collecté à différentes altitudes avec un pic à 776-1200 m d'altitude.

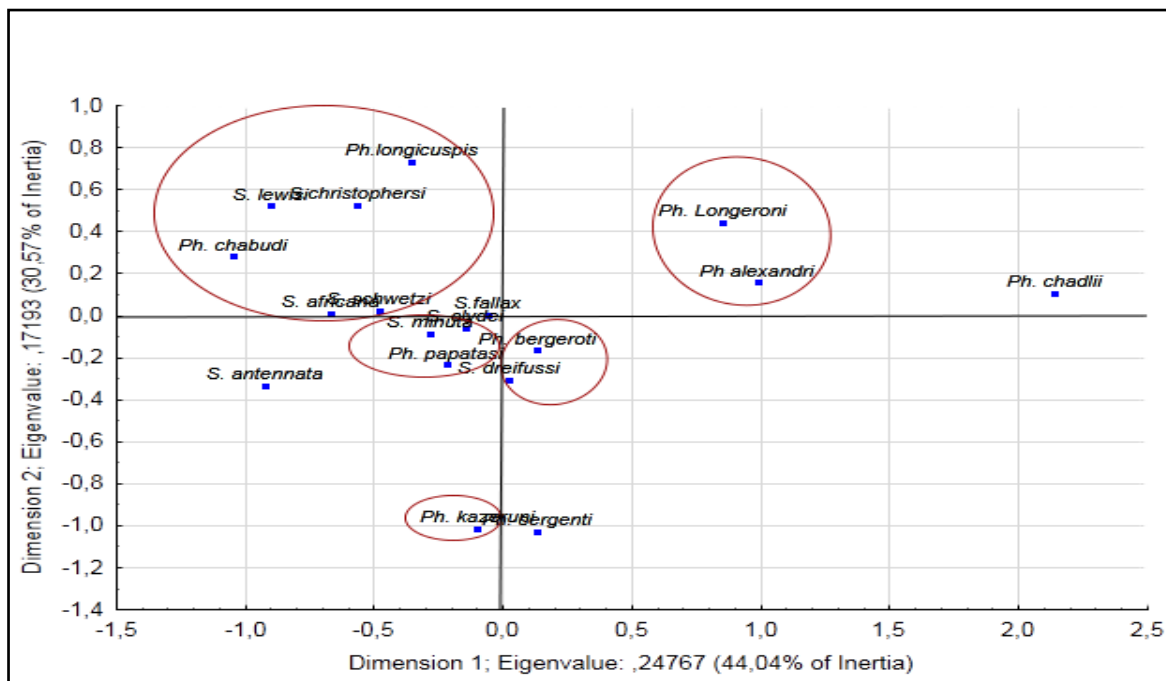
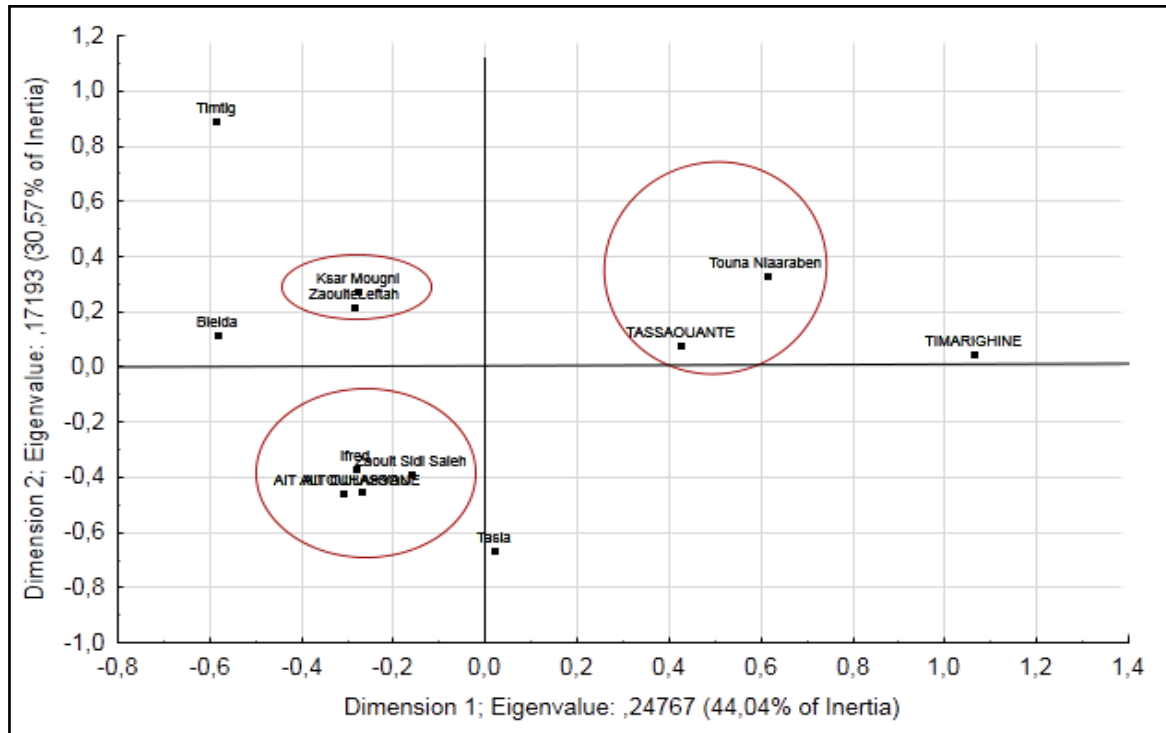


Figure 79: Analyse factorielle des correspondances espèce/station.

3. Discussion

L'étude d'investigation entomologique et l'impact des facteurs écologiques sur l'évolution des phlébotomes au niveau de la province de Zagora, a confirmé la présence de 18 espèces de phlébotomes durant l'année 2019. L'étude de l'activité saisonnière a révélé une évolution biphasique des phlébotomes suivant deux modes distincts. En effet, pour les espèces de *Ph. papatasi*, *Ph. longicuspis* et *Ph. alexandri*, la distribution suivait un mode biphasique avec un premier pic en mois de Juillet (23,37%) et le deuxième en mois de Octobre avec 7,74%. En revanche, *Ph. papatasi* était l'espèce la plus dominante de territoire de Zagora. De point de vue épidémiologique, *Ph. papatasi* est vecteur de la maladie de LCZ (Rioux et al. 1986b). Elle est présente avec deux pics durant la période comprise entre Mai et Octobre. Ce résultat est en concordance avec ce qui est constaté au niveau de Marrakech par Boussa et al. (Boussa et al., 2005). C'est une espèce bien adaptée aux conditions climatiques arides (Rioux et al., 1984 ; Boussa et al., 2005, Zeroual, 2017). Elle est connue par sa large répartition dans le bassin Méditerranéen (Dedet et Belazzoug, 1985). L'évolution mensuelle a montré une activité biphasique avec une haute prévalence en mois de Juin (15,15%). Cette espèce a connu un deuxième pic en mois d'Octobre (3,68%). Cette fluctuation est statistiquement aussi liée aux facteurs écologiques de la zone (précipitation de l'ordre 18 mm et la température de 24,3°C). D'après certains travaux, cette espèce est considérée comme une espèce plaine vu son abondance est bien remarquable dans les sites à une altitude variant de 400 et 600m et son absence entre 1200 et 1400m (Guernaoui et al., 2006b). *Ph. longicuspis* est une espèce vectrice suspectée de *L. infantum* dans le bassin méditerranéen (Killick-Kendrick, 1990) et elle est très fréquente au Maroc (Chaumara et al., 1971). *Ph. longicuspis* a été recueilli dans toutes les altitudes mais avec une grande densité entre 600 et 799m d'altitude (Guernaoui et al., 2006b). Et selon Kahim et al., cette espèce s'est trouvée dans les régions à une altitude de 800 à 1300m et occupe les sols de sable limoneux (Kahim et al., 2015). Elle a été rapportée avec 5,88% d'ou la haute densité révélée en mois de Mai. Ceux-ci affirment ce que Guernaoui et al. ont trouvé en province de Chichaoua (Guernaoui et al., 2005a). *Ph. sergenti* est très abondante dans tous le territoire du Maroc (Faraj et al., 2012 ; El Miri et al., 2013). Mais sa large répartition est localisée dans les zones à climat aride et sub-humides (Rioux, 1999). Selon Boussa S. et al. ce spécimen est très répandu dans les zones ruro-urbaines avec une altitude varie jusqu'à 1400m. Ce résultat a été aussi prouvé par d'autres auteurs (Yahia et al., 2004; Guernaoui et Boumezzough, 2009). En fonction de la nature du sol, *Ph. sergenti* préfère des habitats à texture sablonneux (Boussa et Boumezzough, 2014). Au niveau de Zagora durant

l'année (2019), *Ph. sergenti* a suivi cette fois-ci une évolution saisonnière monophasique avec un seul pic bien remarquable en mois de Juillet (4,23%). Cette répartition marquée par l'absence de deuxième pic pourrait probablement être expliquée par l'effet de climat. En mois d'Octobre, les précipitations de la région Zagora durant la période d'étude étaient de 18 mm. Ce paramètre météorologique pourrait influencer la distribution de cette espèce. Pour *Ph. alexandri*, l'évolution mensuelle a montré une activité biphasique avec une haute prévalence en mois de Juin (6,03%). Cette espèce a connu un deuxième pic en mois de Septembre.

Selon certains auteurs, la distribution saisonnière est favorisée par les facteurs environnementaux locaux (les précipitations et la température), les facteurs biotiques (l'abondance et la dynamique des hôtes vertébrés) et les facteurs physiques (disponibilité de l'habitat) (Cross et al., 1996; Ghosh et al., 1999). Le Maroc est caractérisé par une grande diversité climatique et écologique; l'altitude seule ne semble pas être influençant la distribution des phlébotomes. Mais les facteurs climatiques joueraient le rôle, ils pourraient expliquer la dynamique constatée chez différentes espèces capturées durant la période d'étude.

Les espèces du genre de *Sergentomyia* n'ont pas été considérées dans nos analyses. D'ailleurs, l'effectif saisonnier n'était pas suffisant pour nous permettre d'analyser leurs dynamiques saisonnières. La faible abondance du genre *Sergentomyia* serait due au mode de capture qui vise essentiellement les espèces anthropophiles d'intérêt médical.

Au niveau de notre zone d'étude, l'activité de la faune des phlébotomes apparaît seulement à partir de mois de Mai jusqu'à Octobre, qui correspond à la saison chaude. En général, la totalité des espèces collectées ont été marquée par deux hautes prévalences marquées en mois de Juin avec la présence de tous les 18 spécimens et en mois d'Octobre. Pour le paramètre de température, si les valeurs sont exclues de l'intervalle thermique (32,2°C; 24,3 °C), il aurait un effet négatif sur la vie biologique des phlébotomes. Dans la même région de Draa, en particulier dans la Province de Zagora, la température et précipitation sont confirmés être des principaux facteurs pour la propagation de la maladie. Les phlébotomes atteignaient leur maximum lorsque la température varie de 28°C à 32°C. Dans les régions montagneuses à climat aride près de Marrakech, la période d'activité des phlébotomes a été signalée de Juin à Novembre avec une évolution monophasique pour tous les espèces présentées (Guernaoui S. et al., 2005b). Boussa et al. ont montré que les phlébotomes de Marrakech ont été actifs de mois de Mai à Novembre (Boussaa et al., 2005).

Ce facteur thermique est signalé comme agent précurseur de développement biologique des phlébotomes (Niang, 1992). L'analyse statistique par l'ACP a montré que la température a un effet important sur l'activité phlébotomienne, elle peut jouer le rôle d'un facteur limitant sur l'abondance des phlébotomes à basse valeur. Killick-Kendrick 1999b, a remarqué que les valeurs basses de températures et les périodes très chaudes sont considérés un facteur limitant pour l'activité phlébotomienne. Tous ces résultats des études comparatives, pourraient être expliqués par une adaptation de peuplement phlébotomiens au type de climat, et la période d'activité élevée des phlébotomes est déterminée par les conditions climatiques de milieu d'étude.

Les résultats obtenus seraient utiles pour comprendre la dynamique des phlébotomes et sa relation avec les conditions environnementales. Cette étude permettrait de mieux saisir la relation existante entre la densité phlébotomienne, la répartition des espèces et les facteurs météorologiques de la province de Zagora. La période d'activité de ces arthropodes s'étend de Mai à Octobre, c'est donc la période à risque leishmanien pour cette région. Les résultats retenus sont utiles pour l'élaboration d'un programme de contrôle pour mieux diriger les opérations et évaluer l'efficacité.



**Conclusion, perspectives et
recommandations**

L'objectif principal de ce travail était de mener une étude entomologique sur la faune phlébotomienne, de caractériser le biotope et d'étudier l'impact des facteurs climatiques et écologiques sur l'abondance et la distribution spatio-temporelle des espèces de phlébotomes dans 12 localités de la province de Zagora au Sud-est du Maroc au cours de l'année 2019. Ainsi, la faune phlébotomienne collectée au cours de cette période d'étude au niveau de la province de Zagora a révélé l'existence de 18 espèces, ce qui représente plus de 78 % du nombre total d'espèces signalées au Maroc. Ces espèces appartiennent aux deux genres : *Phlebotomus* et *Sergentomyia*. Pour le genre *Phlebotomus*, trois sous genres ont été reportés ; le sous genre *Phlebotomus*, représenté par deux espèces (*Ph. papatasi* et *Ph. bergeroti*), le S/G *Paraphlebotomus* représenté par 4 espèces (*Ph. sergenti*, *Ph. alexandri*, *Ph. chabaudi* et *Ph. kazeruni*) le S/G *larrousius* (*Ph. longicuspis*, *Ph. longeroni* et *Ph. chadlii*), De même pour le genre *Sergentomyia* où les 4 sous genres signalés sont également représentés; *Sergentomyia* (*Se. minuta*, *Se. fallax*, *Se. antennata* et *Se. schwetzi*), *Parrotomyia* (*Se. africana*, *Se. lewisi*), *Sintonius* (*Se. clydei*, *Se. christophersi*) et *Grassomyia* (*Se. dreyfussi*).

De point de vue épidémiologique, Les vecteurs de toutes les espèces de *leishmania* présentes au Maroc ont été trouvés dans la région de Zagora à savoir *Ph. papatasi* vecteur de LC à *L. major*, *Ph. sergenti*, vecteur de LC à *L. tropica* et *Ph. longicuspis*, vecteur de *L. infantum*. Le suivi des fluctuations saisonnières des espèces vectrices pendant la saison favorable au développement des phlébotomes qui s'étend de Mai à Novembre, montre une activité des populations de phlébotomes tout au long de la période d'étude avec des pics d'activité qui diffèrent d'une espèce à l'autre. *Ph. papatasi* a connu deux pics d'activité pendant les mois de Juin-Juillet et le mois d'Octobre; *Ph. longicuspis* a connu une évolution pendant les mois de Mai, Juillet et Septembre; *Ph. sergenti* a connu une évolution monophasique avec un pic au mois de Mai. Par conséquent, les plans de lutte anti-vectorielle dans cette région doivent tenir compte de ces différences dans le choix du meilleur moment d'intervention. En se basant sur les résultats de la présente étude, nous soulignons que le risque épidémiologique dans la zone d'étude est élevé ; lié essentiellement à l'abondance et la longue période d'activité des espèces vectrices. Notre travail fournit en outre, des données très importantes sur l'impact des facteurs biotiques et abiotiques sur l'abondance et la distribution spatio-temporelle des espèces de phlébotomes.

Comme perspective, ce travail mériterait d'être approfondi, nous suggérons d'établir des études des phlébotomes du sud marocain en s'étalant vers les autres foyers à proximité et en utilisant les nouvelles approches enzymatiques et moléculaires pour élucider le statut

taxonomique de certaines espèces ce qui permettrait la mise en évidence d'autres espèces potentiellement vectrices et par conséquent contribuer à la mise en place d'une stratégie spécifique pour arrêter l'extension de la leishmaniose dans la province.

Au Maroc, la leishmaniose est devenue un problème de santé publique depuis des décennies. La région de Zagora est parmi les régions les plus touchées par cette maladie et surtout par la leishmaniose cutanée zoonotique. Afin de mieux connaître la structure phlébotomienne de cette région endémique, un inventaire taxonomique des phlébotomessusceptibles de transmettre la leishmaniose zoonotique était indispensable. Nos résultats ont permis de mettre l'accent sur plusieurs facteurs qui influencent de façon importante l'abondance et la distribution spatio-temporelle des populations de phlébotome.

Au terme de ce travail de thèse, nous avons montré que la province de Zagora constitue un foyer de la leishmaniose cutanée zoonotique. Grâce aux différentes données des investigations entomologiques menées au niveau de cette province nous pouvons formuler plusieurs recommandations afin de contrer cette parasitose :

- ✚ Améliorer les conditions d'hygiène et du cadre de vie de la population qui doit passer par :
 - ✓ L'élimination des fissurations dans les habitations afin de détruire les gîtes propices des phlébotomes.
 - ✓ La séparation des étables des maisons afin de dévier la prise de nourriture des phlébotomes
 - ✓ Appliquer les méthodes de lutte anti-vectorielle pendant les pics de la période des risques.
- ✚ Organiser des campagnes de sensibilisation et d'information au profil des habitants exposés au risque de l'infestation par la leishmaniose, sur le rôle de l'hygiène dans la limitation de la prolifération des phlébotomes et sur le mode de transmission de la maladie.
- ✚ Inviter la population à participer dans la lutte contre cette parasitose par l'adoption de bonnes pratiques d'hygiène et de lutte.
- ✚ Consolider les acquis et prévenir le risque en invitant les autorités et tous les départements et organismes concernés (autorités locales, Santé, Agriculture, Education, Université, Environnement, ...) à adhérer aux directives et recommandations de la Gestion Intégrée de la Lutte Anti Vectorielle afin de contrôler les risques et anticiper l'apparition des épidémies.

A decorative blue border with intricate, symmetrical scrollwork patterns on all four sides, framing the central text.

Références bibliographiques

- Abonnenc, E. (1972). Les phlébotomes de la région Ethiopienne (Diptera, Psychodidae). Ed. Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer (O.R.S.T.O.M.). Paris.285 p.
- Acebey-Castellon, I.L. (2007). Caractérisation de terpènes anti-leishmaniens isolés par bioguidage d'une plante bolivienne *Hedyosmum angustifolium* (Ruiz & Pavon) Solms. Thèse de Doctorat en Chimie-Biologie-Santé. Université, de Toulouse. 5070p: 26-35.
- Al-Zahrani, M.A., Peters, W., Evans, D. A., Chin, C., Smith, V., & Lane, R. P. (1988).Phlebotomus sergenti, a vector of *Leishmania tropica* in Saudi Arabia. Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. 82 : 416 .
- Anonyme. (2010). Lutte contre les leishmanioses. Guide des activités. Direction de l'épidémiologie et de lutte contre les maladies. Service des Maladies parasitaires. Ministère de la Santé. Maroc.
- Ayari, C. Ben Othman, S., Chemkhi, J., Tabbabi, A., Fisa, R. &Ben Salah, A. (2016).First detection of *Leishmania major* DNA in *Sergentomyia* (*Sintonius*) *clydei* (*Sinton*, 1928, Psychodidae: Phlebotominae), from an outbreak area of cutaneous *leishmaniasis* in Tunisia. Infect Genet Evol. 39:241–8.
- Bagnouls, F. & Gaussen, H. (1953). Saison sèche et indice xérothermique. Production végétale, Série. Cartographie. 3 (1): 8- 47.
- Bailly-Choumara, H., Abonnenc, E. & Pastre, J. (1971).Contribution à l'étude des phlébotomes du Maroc. (Diptera : Psychodidae). données faunistiques et écologiques. Cah, ORSTOM. Ser Ent Med Parasitol. 9(4):431-460.
- Bañuls, A.L., Hide, M., Prugnolle, F. (2007). *Leishmania* and the *leishmaniasis*. A parasite genetic updates and advances in taxonomy, epidemiology and pathogenicity in Humans. Adv Parasitol. 64: 1-109.
- Barbault, R. (1981) .Ecologie des populations et des peuplements. Éd. Masson, Paris .P. 200.
- Bates, P.A. (2007). Transmission of *Leishmania* metacyclic promastigotes by phlebotomine sand flies. Int J, Parasitol 37: 1097-106.
- Belazzoug, S. (1983).Isolation of *Leishmania major* Yakimoff & Schokhor, 1914 from *Psammomys obesus* Gretzehmar, 1828 (Rdentia: Gerbillidae) in Algeria. Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg. 77 : 876 .
- Belazzoug, S. (1986).Découverte d'un Mérinos shawī (rongeur, Gerbillide) naturellement infesté par *Leishmania* dans le nouveau foyer de leishmaniose cutanée de Ksar Chellala (Algérie). Bull Soc Pathol Exot. 79: 630-633.

- Belazzoug, S. Mahzoul, D. Addadi, K. Dedet, JP. (1982) *Sergentomyia minuta parroti* (Alder et Theodore, (1927) en Algérie (Diptera, Psychodidae). Systématique infra spécifique et répartition géographique. *Ann Parasitol.* 57 (6):621–30.
- Benallal, K., Dib, Y., Boubidi, S.C. & Harrat, Z. (2012). Nouvelles stations de *Sergentomyia schwetzi* (Adler, Theodor & Parrot; 1929) dans le Tassili N'Ajjer. *Arch Inst Pasteur d'Algérie* .68:131–7.
- Berchi, S. (1990). Ecologie des phlébotomes (Diptera, Psychodidae) de l'Est algérien, mémoire de Magister en Entomologie Appliquée. Université, de Constantine, p .116 .
- Berdjane-brouk, Z., Charrel, RN. Bitam, I., Hamrioui, B. & Izri, A. (2011). Record of *Phlebotomus* (*Transphlebotomus*) *mascittii* Grassi, 1908 and *Phlebotomus* (*Larrousius*) *chadlii* Rioux, Juminer & Gibily, 1966 female in Algeria. *Parasite.* 18:337–9
- Berthet-Beaufils, A. (2010). Manifestations dermatologiques associées aux Diptères chez le Chien et le Chat. Thèse de Doctorat. Ecole Nationale de Vétérinaire d'Alfort, France. p .180.
- Bettini, S. & Gradoni, L. (1986) Canine *leishmaniasis* in the mediterranean area and its implications for human *leishmaniasis*. *Insect Science and its Applications.* 7: 241-245.
- Bettini, S. (1989). Sandfly breeding-sites. *Life Sciences.* 163: 179–188.
- Bhattarai, R. et al. (2012). Estimating the non-monetary burden of neurocysticercosis in Mexico. *PLoS Neglected Tropical Diseases.*6:e1521 (doi:10.1371/journal.pntd.0001521).
- Bounamous, A.(2010). Biosystématique et caractérisation par la biologie moléculaire des phlébotomes de l'est algérien. Thèse de doctorat. Université, Mentouri de Constantine, faculté des sciences, de la nature et de la vie. 255 p.
- Boussaa, S. (2008). Epidémiologie des leishmanioses dans la région de Marrakech, Maroc Effet de l'urbanisation sur la répartition spatio-temporelle des phlébotomes et caractérisation moléculaire de leurs populations. Thèse de Doctorat. Université, Louis Pasteur, Strasbourg I, France. 181p.
- Boussaa, S., Boumezzougha, A., Remy, P.E., Glasser, N. & Pesson, B. (2008b) Morphological and soenzymatic differentiation of *Phlebotomus perniciosus* and *Phlebotomus longicuspis* (Diptera: Psychodidae) in Southern Morocco. *Acta Tropica.* Vol.106, n°3.Pages 184-189.
- Boussaa, S. (2008a). Epidémiologie des leishmanioses dans la région de Marrakech, Maroc : effet de l'urbanisation sur la répartition spatio-temporelle des Phlebotomes et caractérisation moléculaire de leurs populations. Th. Doc. Univ, Louis Pasteur Strasbourg. I. Fr.181p.
- Boussaa, S., Guernaoui, S., Pesson B. & Boumezzough, A. (2005). Seasonal fluctuations of phlebotomine sand fly populations (Diptera: Psychodidae) in the urban area of Marrakech, Morocco. *Acta Tropica.* 95(2): 86-91.

- Boussaa, S., Guernaoui S. & Boumezzough, A. (2004). Periodicity of phlebotomine sand flies in an urban area of Marrakech, Morocco. In Proceedings of the European Multicolloquium of Parasitology. pp. 18:23.
- Boussaa, S., Neffa, M., Pesson, B. & Boumezzough, A. (2010) Phlebotomine phlébotomes (Diptera: Psychodidae) of southern Morocco: results of entomological surveys along the Marrakech–Ouarzazat and Marrakech–Azilal roads. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*. 104: 163-170.
- Boussaa, S., Pesson, B., & Boumezzough, A. (2009). Faunistic study of the phlébotomes (Diptera: Psychodidae) in an emerging focus of cutaneous *leishmaniasis* in Al Houz province, Morocco. *Annals of tropical medicine et parasitology*. 103(1) pp: 73-83.
- Boussaa, S. & Boumezzough, A. (2014). Identification et caractérisation des gîtes larvaires de phlébotomes (Diptera: Psychodidae) à Marrakech (Maroc). *Entomol. Faunist.* 67: 93-101.
- Boussaa, S., Neffa, M., Pesson, B., & Boumezzough, A., 2010. Phlebotomine phlébotomes (Diptera: Psychodidae) of southern Morocco: results of entomological surveys along the Marrakech–Ouarzazat and Marrakech–Azilal roads. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*. 104(2):163–170.
- Cadoumi, M.T. (1995). Phlebotomine Phlébotomes in Jordan: Laboratory Colonisation and Role in Transmission of *Leishmania*. Master of Science, Yarmouk University. 156
- Chahed, M. K., (2010-2011). Addressing *Leishmaniasis* in Tunisia's changing climate, Tunisia: Climate Change Adaptation in Africa Program.
- Chemkhi, J., Guerbouj, S., Saadawi, W., Shaibi, T., Faris, S., Ghawar, W., & al. (2019). Presence of *Sergentomyia* (*Parrotomyia*) *lewisii* (Diptera: Psychodidae) in Tunisia. *J Med Entomol*. 56(2):560–4.
- Chouihi, E., Anui, F., Bouslimi, N., ; Siala, E., Selmi, K., Zallagua, N., Ben Abdallah, R., Bouratbine, A., & Aoun, K. (2009). Les cultures sur milieu NNN dans le diagnostic biologique des leishmanioses = Cultures on NNN medium for the diagnosis of leishmaniasis *Pathologie et biologie*. 57(3):219-224.
- Connelly, C. R. (2005). University of Florida, Entomology and Nematology Department. [Online].
- Croset, H., Abonnenc, E., Rioux, J.A. (1970). *Phlebotomus* (*Paraphlebotomus*) *chabaudi* n.sp. (Diptera-Psychodidae) *Ann Parasitol*. 45 (6):863–73.
- Croset, H., Rioux, J., Maistre, M., Bayar, N. (1978). Les Phlébotomes de Tunisie (Diptera, Phlebotomidae) Mise au point systématique, chronologique et éthologique. *Ann Parasitol*. 53(6):711–49.

- Cross, E. R. & Hyams, K. S. (1996). The potential effect of global warming on the geographic and seasonal distribution of *Phlebotomus papatasi* in southwest Asia. *Environ Health Perspect.* 104(7) :724–727.
- Dajoz, R. (2003). *Précis d'écologie*. Edt. Dunod. (Paris). France. 423p.
- Dajoz, R. (1985). *Précis d'écologie* Ed. Bordas Paris.
- Dedet, J.P. (1979). Leishmanioses en Afrique du Nord. *Bulletin de l'Institut Pasteur d'Algérie* 77 (1): 49-82.
- Dedet, J.P. (2001) .Leishmanies, leishmanioses. *Biologie, clinique et thérapeutique. Encyclopédie Médico-Chirurgicale*.8 : 506-510.
- Dedet, J.P. (2009). *Leishmanies, leishmanioses : biologie, clinique et thérapeutique*.EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), *Maladies infectieuses*. 506 (8) : p.10.
- Dedet, J.P. (2006). Les découvertes d'Edmond Sergent sur la transmission vectorielle des agents de certaines maladies infectieuses humaines et animales. *Revue Histoire de la Médecine*. n° 3038.
- Dedet, J.P. & Belazzoug, S. (1985). *Leishmaniasis in North Africa*. Elsevier Science Publishers B.V. (Biomedical Division).
- Dedet, J.P., Addadi, K., Belazzoug, S. (1984). Les phlébotomes (Diptera, Psychodidae) d'Algérie. *Cah ORSTOM sér Ent Med Parasitol*. 12 (2):99–127.
- DELM, (2012). Department of Planning and Financial Resources, Directorate of Planning and Research Services Research and Health Information, Health Digit Edit.
- DELM, (2011). Department of Planning and Financial Resources, Directorate of Planning and Research Services Research and Health Information, Health Digit Edit.
- Depaquit, J., Ferté, H. & Léger, N. (2000). Révision du sous-genre *Paraphlebotomus* (*Phlebotomus-Phlebotominae-Psychodidae-Diptera*). *Approches morphologique et moléculaire. Ann. Pharm.* 58 : 333-340 .
- Dereure, J., Rioux, J.A., Gallego, M., Périères, J., Pratlong, F., Mahjour, J. & Saddiki, H. (1991). *Leishmania tropica* in Morocco: infection in dogs. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 85(5):595.
- Desjeux, P. (1996). Leishmaniasis: public health aspects and control. *Clin. Dermatol.* 14, 417-423.
- Desjeux, P. (2001) .The increase in risk factors for leishmaniosis worldwide. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 95: 239-243.

- Diaz - Salez, V., Morillas-Ma´rquez, F., Merino-Espinosa, G., Corpas-Lo´pez, V., Morales-Yuste, M., Pesson B, et al.(2018).Phlebotomus langeroni Nitzulescu (Diptera, Psychodidae) a new vector for Leishmania infantum in Europe. Parasitol Res.13:117-1105.
- Djerbouh, A., Toudjine, M., Djoudi, M., Benikhlef R. & Harrat Z. (2005) .La leishmaniose canine en Algérie : essai de traitement par l’allopurinol. Ann Méd Vét, 149 : 132-134.
- Dolmatova, A.V. & Demina N.A. (1971).Les phlébotomes (Phlebotominae) et les
- Dryden, M. W. (1988). Evaluation of certain parameters in the bionomics of Ctenocephalides felis felis. West Lafayette: Purdue University.
- El Badry, A. A., Al Juhani, A. M., El Kheir, D. I. & Al-Zubiany, S. F.(2009). Sand Flies distribution and Bionomics, in Al-Madinah Al-Munawarah. Journal of Parasitology, pp. 1-11.
- El Hamouchi, A., Daoui, O., Ait Kbaich, M., Mhaidi1, I., El Kacem, S., Guizani, I., Sarih, M., Lemrani, M. (2019). Epidemiological features of a recent zoonotic cutaneous leishmaniasis outbreak in Zagora province, southern Morocco. PLOS Neglected Tropical Diseases, 13, 4: e0007321
- El –Jaoudi,R.(2000). Sérodiagnostic de la leishmaniose viscérale, expérience du laboratoire de parasitologie de l’hôpital d’enfant de Rabat. Thèse de pharmacie, faculté de médecine et de pharmacie de Rabat. n°28.
- El Miri, H., Rhajaoui M., Himmi, O., Ouahabi, S., Benhoussa, A. & Faraj, C. (2013). Etude entomologique de cinq foyers de leishmaniose cutanée dans la province de Sidi Kacem au nord du Maroc - Annal de la Société d’entomologie de France (N.S.) : International Journal of Entomology 49 : 154-159.
- El Sawaf, B.M., Doha, S.A., Imam, M.I. (2012).Transmission of Leishmania infantum MON-98 to hamsters by the bite of Phlebotomus langeroni Nitzulescu (Diptera: Psychodidae). Acta Trop .121(1):44–6.
- Emberger L. 1971. Considérations complémentaires au sujet de recherches bioclimatiques et
- Emberger, L. (1952). Sur le quotient pluviothermique. Comptes-rendus des séances de l’Académie des Sciences. 234: 2508-2510.
- Emberger, L. (1955). Une classification biogéographique des climats. Recueil des travaux des laboratoires de botanique, de géologie et zoologie de la faculté des sciences de l’université de Montpellier. 7: 1- 43.
- Es-Sette, N., Ajaoud, M., Charrel, R.N&Lemrani, M. (2016).Epidémiologie moléculaire des phlebovirus dans quatre provinces du Maroc. Bull Soc Pathol Exot, 109(3):143–50.

- Es-Sette, N., Ajaoud, M., Anga, L., Mellouki, F., & Lemrani, M. (2015). Toscana virus isolated from phlébotomes, Morocco. *Parasit Vectors*. 8:205.
- Es-Sette, N., Ajaoud, M., Laamrani-Idrissi, A., Mellouki, F., & Lemrani, M. (2014) Molecular detection and identification of Leishmania infection in naturally infected sand flies in a focus of cutaneous leishmaniasis in northern Morocco. *Parasites & Vectors*. 7 : 305.
- Faraj, C. & Himmi, O. (2019). Liste actualisée des Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) du Maroc Updayed list of Phlebotominae (Dipetra: Psychodidae) from Morocco. *Bull Soc Pathol Exot*. 112 (5):296– 301.
- Faraj, C., Adlaoui, E.B., Ouahabi, S., El Kohli, M., El Rhazi, M., Lakraa, L. & Ameer, B. (2013). Distribution and bionomic of sand flies in five ecologically different cutaneous *Leishmaniasis* foci in Morocco. *ISRN Epidemiol.*, pp:1-8.
- Faraj, C., Himmi, O. (2020). Liste actualisée des Phlebotominae (Diptera : Psychodidae) du Maroc. *Bull. Soc. Pathol. Exot.* DOI 10.3166/bspe-2020-0107.
- Forget, G. (2004). Etude des mécanismes d régulation négative utilisés par Leishmania pour contrer la réponse immunitaire innée. Thèse de Doctorat en microbiologie-immunologie. Faculté de Médecine. Université Laval. France.
- Francino, O., Altet, L., Sánchez-Robert, E., Rodriguez, A., Solano-Gallego, L., Alberola, J., Ferrer, L., Sánchez, A. & Roura, C. (2006). Advantages of real-time PCR assay for diagnosis and monitoring of canine *Leishmaniasis*. *Vet. Parasitol.* 137, 214-221.
- Garlapati, S., Dahan, E., Shapira, M. (1999). Effect of acidic pH on heat shock gene expression in Leishmania. *Mol. Biochem. Parasitol.* 100: 95-101.
- Gaud, J. & Laurent, J. (1952). Observations sur les phlébotomes de la région de Rabat. *Bull. Soc. Scs Nat. Maroc.* XXVII. 207-212.
- Gaud, J. (1947). Phlébotomes du Maroc. *Bull. Soc. Nat. Maroc.* 27, 207-212.
- Gaud, J. (1947). Phlébotomes du Maroc. *Bull. Soc. Nat. Maroc.* 27 :207-212.
- Gaud, J., 1954. Phlébotomes du Maroc. *Bull. Inst. Hyg. Maroc.* XIV. 1-2.
- Gebre-Michael, T., Balkew, M., Ali, A., Ludovisi, A. & Gramiccia, M. (2004) the isolation of Leishmania tropica and L. aethiopica from Phlebotomus (Paraphlebotomus) species (Diptera: Psychodidae) in the Awash Valley, northeastern Ethiopia. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 98: 64-70.
- Gebresilassie, A., Kirstein, O.D., Yared, S., Aklilu, E., Moncaz, A., Tekie, H., Balkew, M., Warburg, A., Hailu, A. & Gebre-Michael, T. (2015). Species composition of phlebotomine sand

- flies and bionomics of *Phlebotomus orientalis* (Diptera: Psychodidae) in an endemic focus of visceral leishmaniasis in Tahtay Adiyabo district, Northern Ethiopia. *Parasites & Vectors* 8:248.
- Ghrab, J., Rhim, A., Bach Hamba, D., Aoun, K. & Bouratbine, A. (2005). *Phlebotomus* (Larroussius) *langeroni* Nitzulescu en Tunisie en 1930: présence de la femelle et actualisation de la distribution géographique. *Bull Soc Pathol Exot.* 98.
 - Giacobe, A. (1961). Nouvelles recherches écologiques sur l'aridité dans les pays de la méditerranée occidentale. *Naturalia Monspeliensia, Série Botanique.* Montpellier. 11: 7- 28.
 - Gossage, S. M. (2004). *Molecular and Cellular Biology of Leishmania Development.* Liverpool: University of Liverpool.
 - Gramiccia, M. & Gradoni, L. (2005). The current status of zoonotic leishmaniasis and approaches to disease control, *Int. J. Parasitol.* 35: 1169-1180.
 - Guerbouj ,S., Chemkhi, J., Kaabi ,B., Rahali ,A., Ben Ismail ,R., & Guizani ,I.(2007). Natural infection of *Phlebotomus* (Larroussius) *langeroni* (Diptera: Psychodidae) with *Leishmania infantum* in Tunisia. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 101:372–7.
 - Guernaoui, S. & Boumezzough, A. (2009). Habitat Preferences of Phlebotomine Sand Flies (Diptera: Psychodidae) in Southwestern Morocco. *Journal of Medical Entomology*, Sep;46(5):1187-94.
 - Guernaoui, S. (2006a). Les leishmanioses dans les zones arides et semi-arides du sud-ouest marocain. Ecologie, épidémiologie, modélisation et aide à la décision pour la lutte antivectorielle. Thèse de Doctorat. Faculté des Sciences, Semlalia, Marrakech.
 - Guernaoui, S., Boumezzough, A. & Laamrani, A (2006b). Altitudinal structuring of sand flies (Diptera: Psychodidae) in the High-Atlas mountains (Morocco) and its relation to the risk of leishmaniasis transmission. *Acta Trop.* 97: 346-351.
 - Guernaoui, S., Boumezzough, A., Pesson, B. & Pichon, G.(2005b).Entomological investigations in Chichaoua: an emerging epidemic focus of cutaneous leishmaniasis in Morocco. *J. Med. Entomol.* 42(4): 697-701.
 - Guernaoui, S., Boussaa, S., Pesson, B. & Boumezzough, A. (2006). Nocturnal activity of phlebotomine phlébotomes (Diptera: Psychodidae) in a cutaneous Leishmaniasis focus in Chichaoua, Morocco. *Parasitol Res.* 98:184–188.
 - Guernaoui, S., Pesson, B., Boumezzough, A. & Pichon, G. (2005a). Distribution of phlebotomine phlébotomes, of the subgenus Larroussius, in Morocco. *Med. Vet. Entomol.* 19:111-115.

- Guessous-Idrissi, N., Chiheb, S., Hamdani, A. et al.(1997b).Cutaneous leishmaniasis: an emerging epidemic focus of *Leishmania tropica* in north Morocco. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene. 91(6) : 660-663.
- Guessouss-Idrissi, N., Berrag B., Riyad, M., Sahibi, H., Bichichi M. &Rhalem. A. (1997a) *Leishmania tropica*: etiologic agent of a case of visceralizing canine leishmaniasis in north Morocco. Am J, Trop Med &Hyg. 57:172-3.
- Guilvard, E., Rioux, J. A., Gallego, M., Pratlong, F., Mahjour, J., Martinez-Ortega, E., Dereure, J., Saddiki, A. & Martini, A. (1991). *Leishmania tropica* au Maroc III- Rôle de *Phlebotomus sergenti*. A propos de 89 isolats. Ann. Parasitol. Hum. Comp. 66 : 96- 99.
- Guilvard, E., Zribi, M., Kennou, M. F., Rispaill, P., Knechtli, E. & Serres, E.(1986a). Les leishmanioses cutanées du bassin Méditerranéen occidental, de l'identification enzymatique à l'analyse éco-épidémiologique. L'exemple de trois « foyers », tunisien, marocain et français. In : *Leishmania. Taxonomie et Phylogénèse. Applications éco-épidémiologiques.* (Coll. Int. CNRS/INSERM, 1984). IMEEE, Montpellier.365-395.
- Hanafi, A.H., Fryauff, D. J. & Modi, G. B.(2007). Bionomics of Phlebotomine sand flies at a peacekeeping duty site in the north of Sina. Egypt .Acta Trop.101 (2):106-114.
- Hanafi, H.A., El SMB, Fryauff ,D.J, Modi, G.B.& Presley, S.M. (1996).Experimental infection and transmission of *Leishmania major* by laboratory-reared *Phlebotomus bergeroti* Parrot. Am, J, Trop .Med. Hyg.54.
- Hanafi, H.A., Fryauff, D.J., Dykstra, E.A.& Szumlas, D.E. (2007).Laboratory demonstration of the acquisition and development of *Leishmania major* in the sand fly *Phlebotomus kazeruni* (Diptera: Psychodidae). J, Egypt. Soc Parasitol. 37(1):227–241.
- Haouas, N., Amer, O., Alshammri, F.F., Al Shammari, S., Remadi, L., Ashankyty, I. (2017).Cutaneous leishmaniasis in northwestern Saudi Arabia: Identification of sand fly fauna and parasites. Parasit Vectors .10 (1):1–11.
- Izri A., Depaquit J. & Parola P. (2006). Phlébotomes et transmission d'agents pathogènes autour du bassin méditerranéen. Médecine, Tropicale. 66 :429-435.
- Izri, M.A., Marty P., Rahal, A., Lelievre, A., Ozon, C., Baldelli ,G., Presiozo, J., Haas ,P. & Le Fichoux ,Y. (1992). *Phlebotomus perniciosus* Newstead, 1911 naturellement infesté par des promastigotes dans la région de Nice (France). Bull. Soc. Path. Ex. 85: 385-387.
- Jacobson, R.L., Eisenberger ,C.L., Svobodova, M., Baneth, G., Sztern J., Carvalho ,J., Nasereddin, A., El Fari, M., Shalom, U., Volf, P., Votypka ,J., Dedet, J.P., Pratlong F., Schonian G., Schnur ,L.F. Jaffe, C.L. & Warburg, A. (2003) Outbreak of Cutaneous Leishmaniasis in Northern Israel. J. Infec.

- Jarry, D.M. (1999). Historique des leishmanioses et de leurs complexes pathogènes. In Dedet J.P., Les Leishmanioses, Ellipses Ed. Paris. 89-108.
- Jebbouri, Y. (2013). Profil épidémiologique, thérapeutique et évolutif de la leishmaniose cutanée (à propos de 52 cas). Expérience du service de dermatologie de l'hôpital militaire Moulay Ismail-Meknès. Thèse de Doctorat. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah. Fès, Maroc. 175p.
- Kahime, K., Bounoua, B., Messouli, M., Boussaa, S., Ouanaimi, F. & Boumezzough A. (2015). Evaluation of eco-adaptation strategies of health to climate change: case of zoonotic cutaneous leishmaniasis (LCZ) as vulnerability indicator in pre-Saharan region of Morocco. In: Behnassi M, editor. Environmental change and human security. Berlin: Springer.
- Karmaoui, A. (2020). Seasonal Distribution of *Phlebotomus papatasi*, Vector of Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis. *Acta Parasitol.* 28:1–14.
- Kasap, O. E. & Alten, B. (2005). Laboratory estimation of degree-day developmental requirements of *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae). *Journal of Vector Ecology.* 30(2): 328-333.
- Kettle. (1995). *D.S. Medical and Veterinary Entomology - Second Edition* CAB International, Wallingford. 177-191.
- Killick Kendrick, R. (1990). Phlebotomine vectors of leishmaniasis: Review. *Med. Vet. Entomol.* 4:1-24.
- Killick-Kendrick, R. & Killick-Kendrick M. (1999b). Biology of sand fly vectors of Mediterranean canine leishmaniasis. In: *Canine leishmaniasis: an update.* Barcelona, Spain. Wiesbaden, Hoechst Roussel Vet. 26-31.
- Killick-Kendrick, R. (1987b). Breeding places of *Phlebotomus ariasi* in the Cévennes focus of Leishmaniasis in the South of France. *Parassitologia*, 29:181-191.
- Killick-Kendrick, R. (1990). Phlebotomine vectors of leishmaniasis: a review. *Med. Vet. Entomol.* 4: 1-24.
- Killick-Kendrick R. (1999a). The biology and Control of Phlebotomine Phlébotomes. *Clin. Dermatol.* 17:279-289.
- Killick-Kendrick, R. (1999). The biology and control of phlebotomine sand flies. *Clin. Dermatol.* 17: 279-289.
- Killick-kendrick, R. (1988). Studies and criteria for the incrimination of vectors and reservoirs host of the leishmaniasis. In: *Proceedings of the International Workshop on control strategies for the leishmaniasis.* Ottawa : IDRC.272-280.
- Laamrani el idrissi, A., Lyagoubi, M., Ayoujil, M., Mouki, B., Barkia, A. & Lhayati, M. (1997). lutte contre les leishmanioses. Publication du ministère de santé, MAROC.OMS.

- Lachaud, L., Chabbert, E., Dubessay, P., Reynes, J., Lamothe, J. & Bastien, P. (2001). Comparison of various sample preparation methods for PCR diagnosis of visceral *Leishmaniasis* using peripheral blood. *J Clin Microbiol* 39: 613-617.
- Lane, R.P. (1993). Phlébotomes (Phlebotominae). In: Lane, R.P., Crosskey, R.W. (Eds.), *Medical Insects and Arachnids*. Chapman and Hall, London, pp: 78-119.
- Lawyer, P.G. & Perkins, P.V. (2000). *Leishmaniasis and trypanosomiasis* In: *Medical Entomology – A textbook on public health and veterinary problems caused by arthropods*, ELDRIDGE, B.F., EDMAN, J.D., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 231-298.
- Léger, N. & Depaquit, J. (2001). Les phlébotomes et leur rôle dans la transmission des leishmanioses. *Rev. Fr. Labo* n° 338, 41-48.
- Léger, N., Pesson, B., Madulo-Leblond, G. & Abonnenc, E. (1983). Sur la différenciation des femelles du sous-genre *Larrousius* Nitzulescu, 1931 (Diptera, Phlebotomidae) de la région méditerranéenne. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.* 58: 611-623.
- Lewis, D. J. (1973). *Phlebotomidae and Psychodidae (sand-flies and moth-flies in insects and other arthropods of medical importance*. Edited by Kenneth G. V. Smith, London. 155-179.
- Lewis, D.J. (1978). The phlebotomine phlébotomes (Diptera: Psychodidae) of the Oriental Region. *Bulletin of the British Museum (Natural History) (Entomology)* .37: 217-343.
- Lewis, D.J. A. (1982). Taxonomic review of the genus *Phlebotomus* (Diptera: Psychodidae). *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Ent.)*. 45 :121-209 . maladies qu'ils transmettent (Vol. 18). Office de la recherche scientifique et technique outremer.
- Marco, J. D., Bhutto, A. M., Soomro, F. R., Baloch, J. H., Barroso, P. A., Kato, H., Uezato, H., Katakura, K., Korenaga, M., Nonaka, S. & Hashiguchi, Y. (2006). Multilocus enzyme electrophoresis and cytochrome b gene sequencing-based identification of *Leishmania* isolates from different foci of cutaneous leishmaniasis in Pakistan. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 75(2): 261-266.
- Maroli, M., Gramiccia, M. & Gradoni, L. (1988). Read PD, Smith DF, Aquino C. Natural infections of phlebotomine phlébotomes with Trypanosomatidae in central and south Italy. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 82 (2):227–8.
- Maroli, M, Feliciangeli, M.D., Bichaud, L., Charrel ,R.N., Gradoni ,L. (2013). Phlebotomine phlébotomes and the spreading of leishmaniasis and other diseases of public health concern. *Med Vet Entomol.* 27 (2):123– 47.

- Marty ,P., Le Fichoux ,Y., Pratlong, F., Lanotte, G., Rioux, J.A.&Lacour, J.P. (1987).Cutaneous leishmaniasis due to *Leishmania tropica* in young Moroccan child observed in Nice France. *Trans Roy Soc Trop Med Hyg.*83:510.
- Mazelet, L. (2004) . La leishmaniose canine dans le bassin méditerranéen français. Mémoire de Métrise en Biologie des Populations et des Ecosystèmes. Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, France. 31p. *Medical Insects and Arachnids*. Chapman and Hall, London. 78-119.
- Ministère de l'Intérieur. (2008). Monographie de la province Zagora. Rapport inédit. 40 p.
- Ministère de la Santé Publique. (2001). Etat d'avancement des programmes de lutte contre les maladies parasitaires. Direction de l'épidémiologie et de lutte contre les maladies. Rabat, Maroc.
- Mohscn, Z., H.(1983). Biting activity, physiological age and vector potential of *Phlebotomus papatasi scopoli* (Diptera: Phlebotornidae) in central Iraq. *J, BioI Sci.*14: 79-94.
- Moureau, G., Bichaud, L., Salez, N., Ninove, L., Hamrioui, B., Belazzoug, S., et al. (2010).Molecular and Serological Evidence for the Presence of Novel Phleboviruses in Phlébotomes from Northern Algeria. *Open Virol*, Nov5. 4(2):15–21.
- Mukhopadhyay, A. K., Rahaman, S. J. & Chakravarty, A.n .K. (1990). Effect of flood on immature stages of phlébotomes in a flood-prone kala-azar endemic village of North Bihar, India. Effect of flood on immature stages of phlébotomes in a flood prone kala azar endemic village of North Bihar, India. Geneva: WHO.
- Narvaez, F. J.A., Silvia, B., C., L., Nicole, R., V., Eduardo, A., R., Z., Alberto, V., G. &Nelly, E. A. A. (2003). Seasonal transmission of *Leishmania Mexicana* in the state of Campeche. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro. 98(8) :995-998.
- Nitzulescu, V. (1930) .*Phlebotomus langeroni* n. sp et *P. langeroni* var. *longicuspis* n. var de Douar-Shott (Tunisie). *Ann Parasitol.*8 (5):547–53. 100.
- O.M.S. (2014). Leishmaniose. Aide-mémoire N°375. Janvier.
- OMS- Organisation Mondiale de la Santé. World Health Organization (WHO). (2010).Control of the Leishmaniasis: Report of a Meeting of the WHO Expert Committee on the Control of Leishmaniasis. World Health Organization Technical Report Series No. 949; WHO: Geneva, Switzerland.
- OMS. (2002). Urbanization: an increasing risk factor for leishmaniasis. *Weekly Epidemiological, Record.* 77: 365-372.
- Ozenda, P. (1991). Flore et végétation du Sahara. 3e Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris. 39-96.
- Ozenda, P. (1983). Flore de sahara. Ed.CNRS. Paris. 622 p.

- Palvosky, E., N. (1966). Natural Nidality of Transmissible Diseases, with special reference to the landscape Epidemiology of Zoonthronose. University of Illinois Press, 256 p.
- Parrot, L. (1936).Notes sur les phlébotomes. XVIII.-Sur la présence en Algérie de Phlebotomus ariasi Tonnoir et sur la spermathèque de cette espèce.Arch. Inst. Pasteur Algér. 14: 48-49.
- Parrot, I., Donatien, A., & Plantureux, E. (1941).Sur l'infection naturelle des phlébotomes par la leishmaniose générale de l'homme et du chien en Algérie. Arch Inst Pasteur Algérie, 19, 209-217.
- Parrot, L. & Clastier, J. (1958).Notes on Phlebotomes. LXXII. Presence at Biskra (Algiers) of Phlebotomus lewisi Parrot. 1948. Arch l'Institut Pasteur d'Algerie Inst Pasteur d'Algerie. 36 (3):312-3.
- Parrot, L., Durand-Delarc, R. (1947).Notes sur les phlébotomes. Phlébotomes de Beni Ounif-De-Figuig (Sahara Oranais). Arch Inst Pasteur d'Algérie. 27:76-86.
- Pesson, B., Ready, J.S., Benabdennbi, I., Martin-Sanchez, J., Esseghir, S., Cadi Soussi, M., Morillas-Marquez, F. & Ready P.D. (2004). Phlébotomes of the Phlebotomus perniciosus complex: mitochondrial introgression and a new sibling species of P. longicuspis in the Moroccan Rif. Med. Vet. Entomol. 18: 25-37.
- Pratlong, F., Dereure, J., Ravel, C., Lami, P., Balard, Y., Serres, G., et al. (2009).Geographical distribution and epidemiological features of Old World cutaneous leishmaniasis foci, based on the isoenzyme analysis of 1048 strains. Trop Med Int Health. 14 (9):1071-85.
- Pratlong, F., Lambert, M., Bastien, P. & Dedet, J.P. (1997). Leishmanioses et immunodépression : Aspects biocliniques actuels. Revue Française des Laboratoires. Volume 1997, Issue 291, March. 1997 : 161-168.
- Pratlong, F., Rioux, J. A., Dereure, J., Mahjour, J., Gallego, M., Guilvard, E., Lanotte, G., Perieres, J., Martini, A. & Saddiki, A.(1991). Leishmania tropica au Maroc IVDiversité isozymique intrafocale. Ann, Parasitol. Hum. Comp. 66 :100-104.
- Pratlong, F., Rioux, J. A., Dereure, J., Mahjour, J., Gallego, M., Guilvard, E., Lanotte, G., Perieres, J., Martini, A., & Saddiki, A.(1991). Leishmania tropica au Maroc IVDiversité isozymique intrafocale. Ann. Parasitol. Hum. Comp. 66 : 100-104.
- Quitarie, N., Odette & L., Nadau, C. (2005). Etude préliminaire de l'utilisation de la protéine LACK dans le Test d'intra-dermo-réaction de la leishmaniose Canine. Thèse de Doctorat Vétérinaire. Université Paul-Sabatier, Toulouse. 116 : 12-51.
- Ramade, F. (2003). Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale. 3e Ed. dunod. Paris. 690p.
- Ramaoui, K., Guernaoui, S., & Boumezzough, A. (2008). Entomological and epidemiological study of new focus of cutaneous leishmaniasis in Morocco. Parasitol Res. vol. 103: 859-863.

- Rhajaoui, M. (2009). Human Leishmaniasis in Morocco: A nosogeographical diversity. *Pathol. Biol.* 59: 226–229.
- Rhajaoui, M. (2009). Human leishmaniasis in Morocco: a nosogeographical diversity. *Pathologie Biologie*, 59 (4): 226-229.
- Rhajaoui, M. (2009). Human leishmaniasis in Morocco: a nosogeographical diversity,” *Pathologie Biologie*, vol. 59(4): 226-229.
- Rhajaoui, M., Abdelmajeed, N., Fellah, H., Azmi, K., Amrir, F., Al-jawabreh, A., et al. (2007). Molecular typing reveals emergence of a new clinic-epidemiologic profile of cutaneous leishmaniasis in Morocco. *Emerg Infect Dis.* 3(9):1358–60.
- Rhodain, F., & Perez, C. (1985). Chapitre 5 : les phlébotomes : systématiques, biologie, importance médicale. In : *Précis d'entomologie médicale et vétérinaire*, Maloine, Paris . 157-175.
- Rimlinger, P. (1921). Un cas de Kala-azar infantile observé au Maroc. *Arch Inst Pasteur Afr Noi.* 1 :240-1.
- Rioux, J.A., Mahjour, J., Gallego, M., Dereure, J., Perieres, J., Lahmrani, A. et al. (1996). Leishmaniose cutanée humaine à *Leishmania infantum* Mon 24 au Maroc. *Bull Soc Fran Parasitol*;14:2 .
- Rioux, J.A., Golvan, Y.J., Croset, H., Houin, R., & Tour, S. (1970). Résultats d'une enquête écologique sur le foyer leishmanien des Cévennes méridionales-Extrait de la revue de médecine N° 18 :1039-1052.
- Rioux, J.A., Golvan, Y.J., Croset, H., Houin, R., Juminer, B., Bain, O., & Tour, S. (1967). Ecologie de leishmanioses dans le sud de la France. Les phlébotomes. Echantillonnage, éthologie. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.* 42 : 561-603.
- Rioux, J.A., Rispaïl, P., Lanotte, G. & Lepart, J. (1984). Relations phlébotomes-bioclimats en écologie des leishmanioses. Corollaires épidémiologiques. L'exemple du Maroc. *Bull. Soc. Bot. Fr.* 131 : 549-557.
- Rioux, J.A. & Rispaïl, G. (1983). La leishmaniose viscérale. *Cah Med*; 8(63):88.
- Rioux, J.A., Croset, H., Dedet, J.P. & Osman, F.B. (1971). Présence en Tunisie de *Sergentomyia* (*Sintonius*) *christophersi* (Sinton, 1927). *Ann Parasitol Hum Comp.* 46 (4):503–9.
- Rioux, J.A., Croset, H., Leger, N., Benmansour, N. & Cadi Soussi, M. (1975). Présence au Maroc de *Phlebotomus bergeroti*, *Phlebotomus chabaudi*, *Phlebotomus chadlii* et *Sergentomyia christophersi*. *Ann Parasitol.* 50(4):493–506.

- Rioux, J.A., Guilvard, E., Gallego, J., Moreno, G., Pratlong, F., Portus, M., Rispaïl, P., Gallego, M., & Bastien, (1986a). *Phlebotomus ariasi* Tonnoir, 1921, *Phlebotomus perniciosus* Newstead, 1911, vecteurs du complexe *Leishmania infantum* dans un même foyer. In : *Leishmania. Taxinomie et Phylogénèse. Applications éco-épidémiologiques.* (Coll. Int. CNRS/INSERM, 1984). IMEEE, Montpellier, France. : 439-444.
- Rioux, J.A., Juminer, B., Gibily, H. (1966). *Phlebotomus (Phlebotomus) chadlii* n. sp. (Diptera-Psycbodidae). *Ann Parasitol Hum Comp.*41 (1):83–9.
- Rioux, J.A., Lanotte, G., Serres, E., Pratlong, F., Bastien, P. & Périères, J. (1990). Taxonomy of *Leishmania*. Use of isoenzymes. Suggestions for a new classification. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.* 65:111-115.
- Rioux, J. A., Guilvard, E., Dereure, J., Lanotte, G., Denial, M., Pratlong, F., Serres, E. & Belmonte, A. (1986b). Infestation naturelle de *Phlebotomus papatasi* (Scopoli, 1786) par *Leishmania major* MON-25. A propos de 28 souches isolées dans un foyer du Sud Marocain. In : *Leishmania. Taxinomie et Phylogénèse. Applications écoépidémiologiques.*
- Rioux, J. A., Guilvard, E., Gallego, J., Moreno, G., Pratlong, F., Portus, M., Rispaïl, P., Gallego, M. & Bastien, P.(1986c). *Phlebotomus ariasi* Tonnoir, 1921, *Phlebotomus perniciosus* Newstead, 1911, vecteurs du complexe *Leishmania infantum* dans un même foyer. In : *Leishmania. Taxinomie et Phylogénèse. Applications éco-épidémiologiques.* (Coll. Int. CNRS/INSERM, 1984). IMEEE, Montpellier, France. 439-444.
- Rioux, J.A., Akalay, O., Périères, J., Dereure, J., Mahjour, J., Le Houérou, H.,N., Léger, N., Desjeux, P., Gallego, M., Saddiki, A., Barkia, A. & Nachi, H. (1997).L'évolution éco-épidémiologique du « risque leishmanien » au Sahara atlantique marocain. Intérêt heuristique de la relation phlébotomesbioclimats. *Ecol. Mediterr.* 23 : 73- 92.
- Rioux, J.A., Croset, H., Léger, et al. (1975). Présence au Maroc de *Phlebotomus bergeroti*, *Phlebotomus chabaudi*, *Phlebotomus chadlii* et *Sergentomyia christophersi*. *Annales de Parasitologie (Paris).*t. 50(4) : 493-506.
- Roberts, L.S., Janovy, J.J., Gerald, D., Schmidt Larry, S. Roberts. (2000).*Foundations of Parasitology.* McGraw-Hill Higher Education, Boston.
- Roscoe, M., S., (2009). *Environmental Predictors of Cutaneous Leishmaniasis in Afghanistan: A Spatial Epidemiologic Study.* California: TUI University Cypress.
- Roura, X., Sanchez, A. & Ferrer, L. (1999). Diagnosis of canine leishmaniosis using a PCR technique. *Vet. Rec.* 144, 262–264.

- Ruiz-Postigo, J.A., Jain, S., Mikhailov, A., Nilce, A., Elkhoury, M., Valadas, S., Warusavithana, S., Osman, M., et al. (2020). Global leishmaniasis surveillance: 2019-2020, a baseline for the 2030 roadmap/Surveillance mondiale de la leishmaniose: 2019-2020, une période de référence pour la feuille de route à l'horizon 2030. *Weekly Epidemiological Record* (Vol. 96, Issue 35) .
- Safyanova, V., M. (1946). Laboratory Cultivation of Phlébotomes (Diptera : Phlebotominae). *Bull. Wid Hlth Org.* 31 : 573-576.
- Samake, S. (2006). *Epidémiologie de la leishmaniose cutanée à Kemena et Sougoula (Cercle de Baroueli)*. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Mali. 120p.
- Sangare, I. (2009). *Prospection entomologique de la population phlébotomienne de la ville de BOBO*. Diplôme d'Etude Approfondie Biologie Appliquée et Modélisation des Systèmes Biologiques (DEA BA-MSB).
- Sawalha, S., S., Shtayeh, M. S. & Khanfar, H., M. (2003). Phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) of the Palestinian WestBank: potential vectors of Leishmaniasis. *J Med Entomol.* 40(3):321-328.
- Schlein, Y. & Jacobson, R., L. (1999) .Sugar meals and longevity of the sandfly *Phlebotomus papatasi* in an arid focus of *Leishmania major* in the Jordan Valley. *Med. Vet. Entomol.* 13:65-71.
- Schlein, Y. (1993). *Leishmania and phlébotomes: interactions in the life cycle and transmission*. *Parasitol. Today.* 9: 255-258.
- Schmidt, J., Schmidt, M. & McWilliams, J. (1960). Isolation of Phlebotomus fever virus from *Phlebotomus papatasi*. *Am J Trop Med Hyg.* 9:450-4.
- Schnur, L., F., Nasereddin, A., Eisenberger, C., L., Jaffe, C., L., El Fari, M., Azmi, K., Anders, G., Killick-Kendrick, M., Killick-Kendrick, R., Dedet, J., P., Pratlong, F., Kanaan, M., Grossman, T., Jacobson, R., L., Schonian, G. & Warburg, A. (2004). Multivarious characterization of *Leishmania tropica* from a judean desert focus.
- Schuster, F.L. & Sullivan, J.J. (2002). Cultivation of clinically significant hemoflagellates. *Clin. Microbiol. Rev.* 15 (3), 374-389.
- Silverman, J., Rust, M., K. & Reiersen, D., A. (1981). Influence of temperature and humidity on survival and development on the cat flea, *Ctenocephalides felis* (Siphonaptera: Pulicidae). *J Med Entomol.* 18: 78-83.
- Singh, K. (1999). Studies on the role of climatological factors in the distribution of phlebotomine phlébotomes (Diptera: Psychodidae) in semi-arid areas of Rajasthan, India. *Journal of Arid Environments.* 42: 43-48.

- Sinton, J. (1927). Some Indian Species of the Genus *Phlebotomus*, with Special Reference to New Aids to the Differentiation of Species. Designation of a New Species. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 21 (1):5–7.
- Talbi, F, El Ouali, A., Lalami, A., Idrissi, J., Sebti, F. & Chafika, F. (2015). Leishmaniasis in Central Morocco: Seasonal Fluctuations of Phlebotomine Sand Fly in Aichoun Locality, from Sefrou Province path Pathology Research International Volume. 2015: 1-4.
- Talbi, F.Z., Faraj, C., EL-Akhal, F., El Khayyat, F., Chenfour, D., Janati Idrissi, A. & El Ouali Lalami, A. (2015a). Diversity and Dynamics of Sand Flies (Diptera: Psychodidae) of Two Cutaneous Leishmaniasis Foci in the Fes-Boulemane Region of Northern Morocco. *International Journal of Zoology*, Article. ID 497169.6 p.
- Tulasne, L. (2009). Actualités dans la lutte contre la leishmaniose canine. Thèse de Doctorat Vétérinaire. École Nationale Vétérinaire d'Alfort. 128p.
- Vaillant, F. (1970). Les exigences écologiques des larves de Diptères Psychodidae. *Bull. Soc. Zool. Fr.* 95: 305-314.
- Volf, P. & Léger, N. (2008a). Molecular homogeneity in diverse geographical populations of *Phlebotomus papatasi* (Diptera, Psychodidae) inferred from ND4 mtDNA and ITS2 rDNA Epidemiological consequences. *Infect Genet Evol.* 8 (2):159-170.
- Volf, P., Rohousova, I., Cerna, P., Mikes, L., Ozensoy, S. & Ozbel, Y. (2002). Immunogens and enzymes in phlébotomes and antibody response of bitten hosts.
- Ward, R., D. (1985). Vector biology and control. In: *Leishmaniasis*, eds CHANG K.P. et BRAY R..S., p: 199-212. Elsevier Science Publishers B.V.
- Whelan, P. (2003). Biting midges or "phlébotomes" in the NT. *The Northern Territory Disease Control Bulletin*, 10(3):1-12.
- Yaghoobi, E. & Akhavan, A., A. (1999). Entomological survey of phlébotomes (Diptera: Psychodidae) in a new focus of zoonotic cutaneous leishmaniosis in Iran. *Acta Tropica.* 73: 321–326.
- Yahia, H., Ready, P., D., Hamdani, A., Testa, J.M. & Guessous Idrissi, N. (2004). Regional genetic differentiation of *Phlebotomus sergenti* in three Moroccan foci of cutaneous leishmaniasis caused by *Leishmania tropica*. *Parasite.* 11:189-199.
- Yatich, J. K. (1995). A review of the control of phlebotomine phlébotomes (diptera: psychodidae) and a survey of responses on management of Visceral Leishmaniasis by residents living in a focus of the disease in Marigat, Kenya. s.l.: Simon Fraser University.

- Yatich, J., K.(1987). A review of the control of phlebotomine phlébotomes (Diptera: psychodidae) and a survey of responses on management of visceral leishmaniasis by residents living in a focus of the disease in Marigat, Kenya. Nairobi: University of Nairobi.
- Young, C., J., Turner, D., P., Killick-Kendrick ,R., Rioux, J., A. & Leaney, A., J. (1980).Fructose in wild-caught Phlebotomus ariasi and the possible relevance of sugars taken by sand flies to the transmission of leishmaniasis. Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. 74 (3): 363-366.
- Young, D., G., & Arias, J., R. (1991). Phlebotomine phlébotomes in the Americas. PanAmerican Health Organization. 24 : 1-26.
- Zarrouk, A. (2018). Les phlébotomes du Nord Marocain (Diptera: Psychodidae : Phlebotominae) : Taxonomie, Ecologie, Nuisances et Epidémiologie des leishmanioses au Maroc. Thèse de doctorat. Faculté des Sciences de Tétouan. 200 p.
- Zeroual, S. (2017). Les phlébotomes vecteurs de leishmaniose dans la région de Biskra : Inventaire et écologie des phlébotomes et étude épidémiologique. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar – ANNABA. 68 p.
- Zhang, L., M.& Leng, Y., J. (1997).Eighty-year research of phlebotomine phlébotomes (Diptera: Psychodidae) in China (1915–1995). II. Phlebotomine vectors of leishmaniasis in China. Parasite. 4:299–306.
- Zhioua, E., Moureau, G., Chelbi, I., Ninove, L., Bichaud, L., Derbali, M., et al. (2010).Punique virus, a novel phlebovirus, related to sandfly fever Naples virus, isolated from phlébotomes collected in Tunisia. J, Gen Virol. 91 (5):1275–83.
- Zouirech, M. (2016).Epidémiologie des leishmanioses et écologie des phlébotomes vecteurs dans la région d’Azilal, Maroc. Thèse de doctorat national en sciences.
- Zouirech, M., Belghyti, D., El Kohli, M. & Faraj C. (2013) .Entomological and epidemiological investigations of an emerging focus of cutaneous leishmaniasis in Azial province Morocco. Pakistan Entomologist.
- Zouirech, M., Rhajaoui, M., Faraj, C., El Guamri, Y., Amahmid, O., El Hachimi, M., Bouhout, S., El Kharrim, K. & Belghyti, D.(2018). Inventaire entomologique des phlébotomes et étude épidémiologique de la leishmaniose à Afoufer, province d'Azilal, Haut-Atlas, Maroc. Médecine et Santé Tropicales, 28 : 385-389.

A decorative blue border with intricate, symmetrical scrollwork patterns on all four sides, framing the central text.

Listes d'annexes

Annexe : Clé d'identification des phlébotomes du Maroc (Diptera: Psychodidae:Phlebotominae)

Article 4989

Reçu le 30/12/19

14 349 Caractères – 14 Références

Clés morphologiques pour l'identification des phlébotomes du Maroc (Diptera: Psychodidae:Phlebotominae)

Morphological keys for identification of sandflies from Morocco (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae)

Chafika FARAJ¹, Oumnia HIMMI²

1. Laboratoire d'entomologie médicale, Institut national d'hygiène, 27 Avenue Ibn Batouta, Agdal, Rabat 10090, Maroc. Fax +212537772067, Mail : chafikaf@gmail.com, Tél +212667997305
2. Laboratoire de géo-biodiversité et du patrimoine naturel (GEOBIO, "Geophysics, Natural Patrimony and Green Chemistry" Research Center (GEOPAC), Institut scientifique, Université Mohammed V, Avenue Ibn Batouta, B.P. 703, Rabat-Agdal, Maroc. Fax +212537774540, Mail : himmioumnia@yahoo.fr, Tél +212666316466

Résumé

La faune phlébotomienne marocaine est composée de 24 espèces dont la détermination morphologique peut être difficile pour les non-taxonomistes.

Les clés d'identification présentées ici permettent l'identification des genres et espèces des phlébotomes du Maroc et faciliteront les études futures sur ces insectes d'importance médicale, vecteurs de leishmaniose.

Mots clés : Phlébotomes, clés, identification, leishmaniose, caractères morphologiques Maroc

Abstract

The Moroccan phlebotomine fauna is composed of 24 species whose morphological determination may be difficult for non-taxonomists. The identification keys, presented here, allow the identification of sandflies genera and species in Morocco and will facilitate future studies on these insects of medical importance.

Key words: sandflies, key, identification, leishmaniasis, morphological characters

Introduction

Au Maroc, *Phlebotomus papatasi* est le vecteur de *L. major*. *Ph. sergenti* est responsable de la transmission de la leishmaniose à *L. tropica*, alors que la leishmaniose à *L. infantum* aussi bien sous sa forme cutanée que viscérale est transmise par trois espèces *Ph. perniciosus*, *Ph. longicuspis* et *Ph. ariasi* [3].

La détermination des espèces de phlébotomes est, de ce fait, d'une grande importance épidémiologique, d'où l'intérêt de développer des clés d'identification locales simples et régulièrement mises à jour.

La première clé de détermination des phlébotomes du Maroc a été établie en 1971[2]. Elle a été actualisée en 2007 puis en 2010, au même titre que la liste des espèces signalées à l'époque au Maroc [10,11] à partir de clés plus générales[1,8,9]. Une nouvelle liste des phlébotomes du Maroc a été récemment publiée [4]. Elle est constituée de 24 espèces réparties entre le genre *Phlebotomus* (14 espèces) avec 3 sous genres (*Phlebotomus*, *Paraphlebotomus* et *Larrousius*) et le genre *Sergentomyia* (10 espèces) avec 4 sous-genres (*Sergentomyia*, *Parrotomyia*, *Grassomyia* et *Sintonius*).

Les clés présentées dans ce document actualisent et complètent celles déjà citées.

Clés d'identification des phlébotomes du Maroc

A -Détermination du genre

Cibarium inerme ; soies des tergites abdominaux II à VI dressées ; chez le mâle, style porteur de 4 à 5 épines insérées à des niveaux différents et dépourvu de soie non caduque.....

***Phlebotomus*(B
& C)
Fig. 1**

Cibarium armé de dents ; soies des tergites abdominaux II à VI couchées; chez le mâle, style porteur de 4 épines terminales et une soie non caduque.....

***Sergentomyia*
(D & E)
Fig. 1**

B - Détermination des espèces du genre *Phlebotomus* : mâles

- | | |
|---|---|
| (1) a. Style à 4 épines, coxite portant un lobe basal garni de soies, paramère simple en forme de cuillère | Sous genre <i>Paraphlebotomus</i>(2) |
| b. Style à 5 épines | (6) |
| (2) a. Apex des valves péniennes aigu | (3) |
| b. Apex des valves péniennes mousse | (4) |
| (3) a. Lobe basal du coxite avec 8 à 12 soies | <i>Ph.chabaudi</i> (Fig. 2a) |
| b. Lobe basal du coxite avec 30 à 40 soies | <i>Ph.riouxi</i> (Fig. 2b) |
| (4) a. Une seule épine terminale sur le style, lobe basal du coxite aussi long que large, nettement dilaté à l'extrémité, pourvu de nombreuses soies (environ 25) | <i>Ph.alexandri</i> (Fig. 2c) |
| b. Deux épines terminales sur le style, lobe basal du coxite plus long que large, digitiforme, soies peu nombreuses (environ 15) | (5) |
| (5) a. Style enflé, au plus 3 fois plus long que large | <i>Ph.sergenti</i> (Fig. 2d) |
| b. Style, plus de 3 fois plus long que large | <i>Ph.kazeruni</i> (Fig. 2e) |
| (6) a. Style long à épines courtes et spatulées, dont trois sont terminales, paramère trilobé à appendice supérieur arciforme, abondamment pourvu de soies ; à la base du coxite, présence d'un petit tubercule porteur de soies, lobe latéral avec 2 épines terminales spatulées | Sous genre <i>Phlebotomus</i>(7) |
| b. Style trapu avec deux épines terminales, paramère simple, pas de tubercule sur la base du coxite, lobe latéral inerme | Sous genre <i>Larrousius</i>..(8) |
| (7) a. Style élancé, 10 à 14 fois plus long que large ; les deux épines du groupe préapical du style sont submédianes, face interne du coxite pourvue dans sa partie supérieure d'un placard ayant en moyenne 11 soies (7-14) | <i>Ph.papatasi</i> (Fig. 2f) |
| b. Style seulement 6 à 8 fois plus long que large ; les deux épines du groupe préapical du style sont subterminales, face interne du coxite | <i>Ph.bergeroti</i> (Fig. 2g) |

- pourvue d'un placard de 5 soies en moyenne (4-7)
- (8) a. Valve pénienne à apex bifide *Ph. Perniciosus (Fig. 2h)*
b. Valve pénienne à apex simple (9)
- (9) a. Bord dorsal de la valve pénienne porteur de 4 à 6 dents *Ph. perfiliewi (Fig. 2i)*
b. Bord dorsal de la valve pénienne dépourvu de denticulation (10)
- (10) a. Valve pénienne pointue à l'apex (11)
b. Valve pénienne arrondie à l'apex (12)
- (11) a. Valve pénienne régulièrement effilée, se terminant par une pointe longue, légèrement asymétrique *Ph. longicuspis/Ph. perniciosus*
a1. Nombre de soies médianes des coxites supérieur à 18 *Ph. longicuspis (Fig. 2j)*
a2. Nombre de soies médianes des coxites inférieur à 18 *Ph. perniciosus*
b. Valve pénienne tronquée en biseau, se terminant par une pointe très courte nettement asymétrique *Ph. langeroni (Fig. 2k)*
- (12) a. Coxite pourvu d'une plage interne de 60 à 80 soies *Ph. chadlii (Fig. 2l)*
b. Coxite pourvu d'une plage interne de 20 à 40 soies (13)
- (13) a. Apex de la valve pénienne en battant de cloche *Ph. ariasi (Fig. 2m)*
b. Apex de la valve pénienne en baguette de tambour *Ph. mariae (Fig. 2n)*

C - Détermination des espèces du genre *Phlebotomus* : femelles

- (1) a. Réservoir de la spermathèque comportant moins de 2 segments *Ph. kazeruni (Fig. 3a)*
b. Réservoir ayant plus de 2 segments. (2)
- (2) a. Tête de la spermathèque sessile (3)
b. Tête de la spermathèque pédonculée *Sous genre Larrousius (7)*
- (3) a. Segments de la spermathèque à peu près égaux. Pharynx postérieur muni de denticulations irrégulières *Sous genre Phlebotomus (4)*
b. Segment terminal de la spermathèque bien différencié. Pharynx postérieur armé de fortes écailles *Sous genre Paraphlebotomus (5)*
- (4) a. Spermathèque de 5 à 8 segments, denticulations du pharynx formant un réseau parfaitement homogène *Ph. bergeroti (Fig. 3b)*
b. Spermathèque de 8 à 12 segments, denticulations du pharynx larges sur les bords, plus petites au milieu où elles sont le plus souvent transformées en stries denticulées *Ph. papatasi*
- (5) a. Dernier segment de la spermathèque se détachant nettement des autres, pharynx présentant une plage écailleuse étendue (1/3 postérieur de l'organe) formée d'écailles de taille moyenne, très nombreuses et irrégulières *Ph. chabaudi/Ph. riouxi (Fig. 3d et 3e)*
b. Dernier segment de la spermathèque globuleux, largement accolé au précédent, les dents du pharynx sont en général, fortes et réparties sur le ¼ postérieur de l'organe (6)
- (6) a. Segment III de l'antenne long (sa longueur est supérieure à celle de la somme des quatrième et cinquième segments : plus de 200 µ), écailles pharyngiennes polymorphes de grande taille et acérées, très irrégulièrement réparties *Ph. sergenti (Fig. 3f)*
b. Segment III de l'antenne court (sa longueur est inférieure ou égale à celle de la somme des quatrième et cinquième segments : 100 à 160 µ), écailles de l'armature pharyngienne formant des cellules à paroi *Ph. alexandri (Fig. 3g)*

- épaisse, les antérieures généralement fermées et s'ordonnant en réseau transversal
- (7) a. Conduit de la spermathèque présentant une dilatation à son extrémité distale (8)
- b. Conduit de calibre uniforme ; strié transversalement sur toute sa longueur, présentant une ampoule terminale ou latérale à son extrémité distale (9)
- (8) a. Conduit lisse dilaté sur la moitié de sa longueur ; col relativement court et épais par rapport au réservoir (1/2) ; tête de la spermathèque peu différenciée *Ph. ariasi/Ph. chadlii* (Fig. 3 h et Fig. 3j)
- b. Conduit strié dilaté sur le 1/3 de sa longueur ; col long et mince par rapport au réservoir (2/3) ; tête de la spermathèque bien différenciée *Ph. langeroni* (Fig. 3k)
- (9) a. Spermathèque de 12 à 18 anneaux, conduit de la spermathèque se terminant dans une poche asymétrique aux parois fripées *Ph. perfiliewi* (Fig. 3l)
- b. Spermathèque de 7 à 12 anneaux (10)
- (10) a. Limite antérieure de l'armature pharyngienne nette, subrectiligne, un caecum latéral bilobé s'abouchant largement à la base du conduit *Ph. longicuspis* (Fig. 3m)
- b. Limite antérieure de l'armature pharyngienne imprécise, un caecum différent à paroi très épaisse et à lumière étroite, en dérivation à la base du conduit de la spermathèque *Ph. perniciosus* (Fig. 3n)

D- Détermination des espèces du genre *Sergentomyia* : mâles

- (1) a. Pompe génitale dépourvue de pavillon *Se. lewisi*
- b. Pompe génitale pourvue d'un pavillon (2)
- (2) a. Valve pénienne épaisse, digitiforme (3)
- b. Valve pénienne triangulaire, en cône (7)
- (3) a. Style 5 à 7 fois plus long que large *Se. fallax*
- b. Style plus court et trapu (4)
- (4) a. Soie non caduque du style assez éloignée des épines terminales (5)
- b. Soie non caduque très proche des épines terminales ; les quatre épines du style sont disposées en deux groupes bien séparés l'un de l'autre ; cibarium armé de deux rangées de dents très courtes et aigues *Se. schwetzi*
- (5) a. Cibarium armé de dents irrégulières, triangulaires, disposées sur une ligne droite ou légèrement concave en arrière *Se. minuta*
- b. Cibarium avec 18-20 dents irrégulières aigues disposées sur un arc profondément concave en arrière (6)
- (6) a. Segment III de l'antenne généralement court (de 95 à 110 μ), plage pigmentée du cibarium grossièrement circulaire *Se. antennata*
- b. Segment III de l'antenne généralement plus long (de 100 à 150 μ), plage pigmentée du cibarium courte et large *Se. bedfordi*
- (7) a. Valve pénienne en forme de cône très allongé (8)
- b. Valve pénienne en forme de cône court (9)
- (8) a. Cibarium armé de 20 dents mousses disposées sur une ligne légèrement convexe vers l'arrière *Se. dreyfussi*
- b. Cibarium armé de 30 à 35 dents monomorphes, rangées en palissade régulière suivant un arc de cercle légèrement concave vers l'arrière *Se. africana*

- (9) a. Cibarium armé de petits denticules bien développés (25 à 30) disposés par groupes irréguliers de 6 à 7 **Se. clydei**
 b. Cibarium armé de 3 à 4 groupes de fins denticules irréguliers, parfois difficilement visibles **Se. christophersi**

E- Détermination des espèces du genre *Sergentomyia* : femelles

- (1) a. Réservoir de la spermathèque annelé (2)
 b. Réservoir non annelé (3)
- (2) a. Cibarium armé d'une rangée de 4 à 7 dents fortes et aiguës et d'une rangée antérieure de 4 ou 5 denticules punctiformes **Se. christophersi**
 b. Cibarium armé de 12 dents aiguës disposées en ligne droite et d'une rangée antérieure de 16 à 18 denticules punctiformes **Se. clydei**
- (3) a. Spermathèque tubulaire, sans conduit ni réservoir différencié (4)
 b. Spermathèque avec réservoir et conduit différenciés (7)
- (4) a. Dents cibariales au nombre de 60 à 85, formant une palissade rectiligne ou légèrement concave vers l'arrière **Se. minuta**
 b. Dents cibariales entre 13 et 30, disposées sur une ligne concave vers l'arrière (5)
- (5) a. Armature pharyngienne, en verre de lampe, peu différenciée, située dans la partie postérieure rétrécie du pharynx et formée d'écailles finement denticulées **Se. schwetzi**
 b. Armature pharyngienne puissante, globalement cordiforme, située dans la partie postérieure renflée du pharynx et formée d'épines plus ou moins puissantes (6)
- (6) a. Armature pharyngienne nettement cordiforme, comportant deux types d'épines, les antérieures longues et acérées, les postérieures punctiformes ; tache cibariale ovale, sans prolongement antérieur **Se. fallax**
 b. Armature pharyngienne discrètement échancrée, comportant un seul type d'épines, longues et acérées ; tache cibariale pourvue d'un prolongement antérieur **Se. antennata/Se. bedfordi**
- (7) a. Réservoir de la spermathèque en forme de capsule allongée, couvert de fins spicules, fémur antérieur armé d'épines **Se. dreyfussi**
 b. Réservoir en forme de capsule dépourvu de spicules ; fémur antérieur inerme (8)
- (8) a. Réservoir de la spermathèque de forme ovale allongée ; dents cibariales (40-50) insérées sur une ligne légèrement concave vers l'arrière **Se. africana**
 b. Réservoir subsphérique, dents cibariales (15-20) aiguës, monomorphes disposées sur une ligne presque droite et d'une rangée antérieure de 16 à 20 denticules punctiformes forts, pharynx en verre de lampe **Se. lewisi**



Liste des articles publiés

Articles publiés

- ✓ Al-Koleeby Z., El Aboudi A. Assada M. **Faraj C.** The Current Insecticide Resistance in Main Malaria Vector *Anopheles arabiensis* in Yemen. *Journal of Tropical Medicine* 2020:1-5. [DOI: 10.1155/2020/5625019](https://doi.org/10.1155/2020/5625019)
- ✓ Zalalham Al-Koleeby, Ahmed El Aboudi, Souhail Aboufadel, and Chafika Faraj (2021). Diversity and Bionomics of Sandflies (Diptera: Psychodidae) of an Endemic Focus of Cutaneous Leishmaniasis in Zagora Province, Southeast of Morocco. *Journal of Parasitology Research* Volume 2021, Article ID 8812691, 6 pages <https://doi.org/10.1155/2021/8812691>.
- ✓ Zalalham Al-Koleeby, Ahmed El Aboudi, and Chafika Faraj (2021). Seasonal Changes of sandflies: A study of the Endemic Outbreak of *Leishmania Major* in Zagora, Southeast Morocco. *E3S Web of Conferences* 234, 00104 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123400104>

Article accepté et en cours de publication

- ✓ Zalalham Al-Koleeby, Ahmed El Aboudi, Wim Van Bortel, Kristien Cloots, Raja Bnkirane, Chafika Faraj, Fatima Zahra Talbi, (2022). Ecological survey of the peridomestic sand flies of an endemic focus of zoonotic cutaneous leishmaniasis in the southeast of Morocco. *The Scientific World Journal*. acceptor08.09.2022.