



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

UNIVERSITE BADJI Mokhtar – ANNABA

Faculté des Sciences
Département de Biologie



Thèse

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences

Spécialité : Biologie Animale

THEMIE

**Les phlébotomes vecteurs de leishmaniose dans la région de
Biskra : Inventaire et écologie des phlébotomes et étude
épidémiologique.**

Présentée par : M^r. ZEROUAL Samir

Devant le Jury :

Président : M^r. SOLTANI NouredinePr. Université Annaba

Directeur de thèse : M^r. BOUDJELI DA HamidPr. Université Annaba

Examineur : M^r. ACHOU MohamedPr. Université Annaba

Examineur : M^r. BELHAMRA MohamedPr. Université Biskra

Examineur : M^r. TINE Samir MC. A. Université Tébessa

Examineur : M^r. MOUSSI Abdelhamid MC.A. Université Biskra



Année 2016-2017



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

UNIVERSITE BADJI Mokhtar – ANNABA

Faculté des Sciences
Département de Biologie



Thèse

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences

Spécialité : Biologie Animale

THEMIE

**Les phlébotomes vecteurs de leishmaniose dans la région de
Biskra : Inventaire et écologie des phlébotomes et étude
épidémiologique.**

Présentée par : M^r. ZEROUAL Samir

Devant le Jury :

Président : M^r. SOLTANI NouredinePr. Université Annaba

Directeur de thèse : M^r. BOUDJELI DA HamidPr. Université Annaba

Examineur : M^r. ACHOU MohamedPr. Université Annaba

Examineur : M^r. BELHAMRA MohamedPr. Université Biskra

Examineur : M^r. TINE Samir MC. A. Université Tébessa

Examineur : M^r. MOUSSI Abdelhamid MC.A. Université Biskra



Année 2016-2017

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie Dieu le tous puissant de m'avoir donné la force, le courage, la santé et la patience pour pouvoir accomplir ce travail.

*Au terme de ce doctorat, je tiens à remercier vivement mon directeur de thèse Mr **BOUDJELIDA Hamid**, professeur au département de Biologie, université d'Annaba. Pour sa grande compétence, sa disponibilité et générosité. J'ai énormément apprécié ses qualités de rigueur et d'honnêteté scientifique. Je le remercie encore pour son encadrement, ses recommandations et les nombreuses discussions scientifiques que nous avons eues. Je le remercie également pour sa patience lors de la rédaction du manuscrit, je l'ai mis à rude épreuve, surtout lors de la phase finale.*

*J'exprime mes plus vifs remerciements à Monsieur **SOLTANI Noureddine**, Professeur au département de Biologie animale et directeur du laboratoire (LBAA), université d'Annaba. qui m'avoir fait l'honneur de présider ce jury.*

*Mes plus vifs remerciements et toute ma considération à Mr **ACHOU Mohamed**, Professeur au Département de Biologie, Université d'Annaba. Qui a bien voulu accepter d'être membre de ce même jury et de me faire l'honneur de juger ce travail.*

*Je remercie aussi monsieur **BELHAMRA Mohamed**, Professeur à l'université Mohamed Keider de Biskra, d'avoir accepté de juger ce travail.*

*Comme je tiens à remercier Monsieur **MOUSSI Abdelhamid**, Maître de conférences(A) à l'université de Biskra, d'avoir pris de son temps malgré ses responsabilités pour examiner ce travail.*

*Je tiens aussi a remercie sincèrement Mr **TINE Samir**, Maître de conférences(A) à l'université de Tébessa, d'avoir accepté de juger ce travail.*

*Je remercie tous mes proche, Ma femme **Randa** et ma famille pour le soutien, qui m'a été d'une aide précieuse.*

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à mener à bien ce travail.

ZEROUAL Samir

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
01	Situation géographique de la wilaya de Biskra.	05
02	Localisation géographique des stations d'études	13
03	Pièges adhésifs installé dans différents biotopes (photos personnelles).	14
04	La conception de piège lumineux de type CDC.	15
05	Piège lumineux de type CDC à l'état active (Conception personnelle).	16
06	Etapas de la préparation de l'examen direct.	21
07	Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la période d'étude (Mai 2012-Avril 2013), de la région de Biskra.	23
08	Abaque de l'indice d'aridité annuel de De Martonne	24
09	Climagramme d'Emberger pour la période d'étude (2005-2014)	25
10	(A): Phlébotome adulte mâle (G×100). (B): Phlébotome adulte femelle (G×100)(Photos personnelles).	26
11	Critères d'identifications morphologiques de <i>Phlebotomus papatasi</i> : A : genitalia mâle (×100) ; B : styles (×400); C : touffe de soies. (×400); D : valve (×400); E . pharynx de la femelle (×400); F : Les spermathèques de la femelle (×400) (Photos personnelles).	28
12	Critères d'identifications morphologiques de <i>Phlebotomus bergeroti</i> : génitalia mâle(x100). (Photo personnelle).	29
13	Critères d'identifications morphologiques de <i>Phlébotomus sergenti</i> : A : génitalia mâle (×100) ; B : style (×400) ; C : valve pénienne (×400) ; D : lobe basale (×400) ; (Photos personnelles).	30
14	Critères d'identifications morphologiques de <i>Phlébotomus sergenti</i> femelle: A : pharynx (×400), B : les spermathèques (×400) ; (Photos personnelles).	30
15	Critères d'identifications morphologiques de <i>Phlebotomus alexandri</i> : génitalia mâle (x100) (Photo personnelle).	31
16	Critères d'identifications morphologiques de <i>Phlebotomus chabaudi</i> : génitalia mâle (x100) (Photo personnelle).	32
17	Critères d'identifications morphologiques de <i>Phlebotomus perniciosus</i> : A : génitalia mâle (×100); B : styles (×400); C : valves péniennes (×400); D : spermathèque (×400). (Photos personnelles).	33

18	Critères d'identifications morphologiques de <i>Sergentomyia minuta</i> : A. tête de mâle (×400); B. génitalia mâle (×100); C. valve pénienne (×400); D. styles (×400) (Photos personnelles).	34
19	Critères d'identifications morphologiques de <i>Sergentomyia minuta</i> : A. tête de la femelle (×400); B. cibarium (×400); C. pharynx (×400); D. spermathèques (×400) (Photos personnelles).	35
20	Critères d'identifications morphologiques de <i>Sergentomyia antennata</i> : A. tête de mâle (×400); B. génitalia mâle (×100) C. coxite (×400); D. valve (×400) (Photos personnelles).	36
21	Critères d'identifications morphologiques de <i>Sergentomyia antennata</i> : A. pharynx (×400); B. spermathèque (×400) (Photos personnelles).	37
22	Critères d'identifications morphologiques de <i>Sergentomyia fallax</i> : A: Génitalia mâle (x100); B. Pharynx (×400); C. Valve pénienne (×400) (Photos personnelles).	38
23	Critères d'identifications morphologiques de <i>Sergentomyia fallax</i> : A. pharynx de femelle (×400); B. cibarium de femelle (×400) ; C. spermathèque (×400) (Photos personnelles).	38
24	Critères d'identifications morphologiques de <i>Sergentomyia christophersi</i> : A. génitalia mâle (×100); B. style (×400); C. valve (×400); D. pharynx (×400) (Photos personnelles).	39
25	Critères d'identifications morphologiques de <i>Sergentomyia christophersi</i> : A. génitalia femelle (×100); B. spermathèque (×400) (Photos personnelles).	40
26	Abondances numériques des genres et d'espèces de Phlébotomes récoltés au niveau des 15 stations d'étude.	41
27	Parasite de leishmaniose sous forme des amastigotes au niveau des macrophages (X100) (Photo personnelle).	48
28	La distribution des cas de la leishmaniose cutanée par commune durant la période d'étude (2005-2014).	49
29	Variation annuelle du nombre des cas de LC durant la période d'études (2005-2014).	50
30	L'incidence de la leishmaniose cutanée corrélée avec les années d'études.	51
31	La répartition mensuelle des cas de la LC à Biskra durant les années 2005-2014.	51

32	La répartition des cas de la leishmaniose cutanée par sexe durant la période d'étude (2005-2014).	52
33	Répartition de la leishmaniose cutanée par tranches d'âge durant la période d'étude 2005-2014	52
34	Corrélation entre le nombre de la LC à Biskra et la température (a), vitesse de vent (b), humidité (c).	54

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
01	Températures moyennes mensuelles [maximales : T (°C) Max. et minimales : T (°C). Min.] de la région de Biskra de la période d'étude (2009 - 2014).	07
02	Précipitations (mm) de la région de Biskra pour la période de 2009 à 2014.	08
03	Humidité relative (HR%) de la région de Biskra pour la période de 2009 à 2014.	08
04	Classification de climat selon l'indice de De Martonne.	10
05	Coordonnées géographiques des différentes stations d'études.	12
06	Indice d'aridité de la région de Biskra pour les années 2009-2014.	24
07	Liste des espèces de phlébotomes inventoriées.	27
08	a- Répartition des espèces du genre <i>Phlebotomus</i> capturées dans les stations étudiées.	43
	b-Répartition des espèces du genre <i>Sergentomyia</i> capturées dans les stations étudiées.	44
9	Les classes d'occurrence d'espèces de phlébotomes recueillies dans la région d'étude au cours de la période d'étude (Mai 2012-Avril 2013).	45
10	La répartition temporelle des espèces de phlébotomes récoltées dans la zone d'étude au cours de la période d'étude (Mai 2012-Avril 2013).	46
11	La distribution spatiale des indices de diversité et la prédominance des espèces de phlébotomes récoltées dans la région d'étude au cours de la période d'étude (mai 2012-Avril 2013).	47
12	Nombre de cas de la leishmaniose par mois et par année.	49
13	Nombre de cas de leishmaniose cutanée en relation avec les paramètres Climatiques (2005-2014).	53
14	Résultats de corrélation entre les facteurs climatiques et le nombre de cas de la leishmaniose cutanée durant la période d'étude 2005-2014.	53

SOMMAIRE

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION.....	1
II. MATERIEL ET METHODES.....	5
1. Présentation de la région d'étude.....	5
1.1. Localisation géographique.....	5
1.2. Géologie et géomorphologie de la région d'étude.....	5
1.3. Climat de la région de Biskra	6
A. La température.....	7
B. La précipitation.....	7
C. L'humidité.....	8
D. Le vent.....	9
1.4. Les indices climatiques.....	9
A. Détermination de la période sèche.....	9
B. Indice d'aridité de De Martonne.....	9
C. Détermination de l'étage bioclimatique.....	10
1.5. La flore de la région de Biskra.....	11
1.6. La faune de la région de Biskra.....	12
2. Les stations d'études.....	12
3. Méthodologie d'échantillonnage et d'identification des phlébotomes.....	13
3.1. Méthodes de piégeage et d'échantillonnage.....	13
3.2. Séparation des phlébotomes par sexe.....	16
3.3. Identification des phlébotomes.....	16
A. Technique de la préparation des lames.....	16
a. Eclaircissement.....	16
b. Montage rapide dans la gomme au chloral.....	17
c. Dissection des phlébotomes.....	17
4. Analyses de données.....	18
4.1. Densité (<i>D</i>).....	18
4.2. Abondances relative ou Fréquence d'abondance.....	18
4.3. Degré de présence ou occurrence (<i>C</i>).....	19
4.4. Richesse spécifique (<i>RS</i>).....	19
4.5. La biodiversité spécifique.....	19

SOMMAIRE

4.6. Indice d'équitabilité (<i>E</i>).....	20
5. Etude épidémiologique de la leishmaniose.....	20
5.1. Diagnostic biologique.....	20
A. Examen direct.....	20
5.2. Enquête épidémiologique de la leishmaniose.....	22
III. RESULTATS.....	23
1. Etude climatique.....	23
1.1. Détermination de la période sèche.....	23
1.2. Indice d'aridité	23
1.3. Détermination de l'étage bioclimatique.....	24
2. Etude systématique des phlébotomes.....	26
2.1. Séparation des phlébotomes par sexe.....	26
2.2. Identification des espèces	27
A. Genre <i>Phlebotomus</i>	27
a. <i>Phlebotomus papatasi</i>	27
b. <i>Phlebotomus bergeroti</i>	28
c. <i>Phlébotomus sergenti</i>	29
d. <i>Phlebotomus alexandri</i>	31
e. <i>Phlebotomus chabaudi</i>	31
f. <i>Phlebotomus perniciosus</i>	32
B. Genre <i>Sergentomyia</i>	33
a. <i>Sergentomyia minuta</i>	34
b. <i>Sergentomyia antennata</i>	35
c. <i>Sergentomyia fallax</i>	37
d. <i>Sergentomyia christophersi</i>	38
3. Etude écologique.....	41
3.1. Indices écologiques.....	41
A. Fréquence des phlébotomes en fonction du genre	41
B. Abondance, densité et présence spatiale des espèces	41
C. Occurrence d'espèces de phlébotomes récoltées.....	45
D. La répartition temporelle des espèces de phlébotomes	45
E. Indice de diversité et la prédominance des espèces de phlébotomes.....	46
4. Etude épidémiologique.....	47

SOMMAIRE

4.1. Examen direct de la leishmaniose cutanée.....	47
4.2. Résultats de l'enquête épidémiologique.....	48
A. La répartition du nombre des cas de la LC par communes.....	49
B. L'évaluation annuelle des cas de la leishmaniose cutanée.....	50
C. Incidence annuelle.....	50
D. La répartition mensuelle des cas de la leishmaniose cutanée.....	51
E. Répartition de la leishmaniose cutanée selon le sexe.....	52
F. Répartition de la leishmaniose cutanée par tranche d'âge.....	52
4.3. Impact des facteurs climatiques sur la Leishmaniose cutanée.....	53
IV. DISCUSSION.....	55
1. L'étude systématique des phlébotomes	55
2. L'étude écologique	60
3. L'étude épidémiologique	62
V. CONCLUSION.....	67
VI. REFFERENCES	68

RESUMES.

 Français

 Anglais

 Arabe

PUBLICATION.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

I. INTRODUCTION:

Les arthropodes sont l'un des embranchements les plus importants du monde animal. Ils forment 85 % des espèces animales connues, soit plus d'un million d'espèces dont les trois quarts sont des insectes. La classe des insectes a réussi à coloniser le quasi totalité des milieux naturels et à s'adapter à de nombreux modes de vie (Rodhain et Perez, 1985). Les insectes sont caractérisés essentiellement par la présence d'un exosquelette constitué par une cuticule rigide qui s'assouplit au niveau des articulations. Le corps des insectes adultes est divisé en trois parties, la tête, le thorax et l'abdomen et comporte classiquement trois paires de pattes et deux paires d'ailes. Un certain nombre d'insectes sont hématophages, qui interagissent d'une manière régulière avec des vertébrés. Ces interactions les ont conduits à devenir au fil de l'évolution des vecteurs de pathogènes dont le cycle se partage entre ces vertébrés et les insectes. Les insectes sont parfois de simples véhicules pour les pathogènes, mais ils peuvent aussi être des hôtes intermédiaires voire obligatoires pour les pathogènes qui, dans ce dernier cas, réalisent une partie essentielle de leur cycle vital chez l'insecte. Parmi eux, un peu plus d'une centaine ont un intérêt médical, soit comme simple nuisance, soit comme vecteurs d'agents pathogènes. L'étude des insectes hématophages a pris un intérêt de premier ordre lorsque les scientifiques furent convaincus qu'ils étaient des agents vecteurs d'un grand nombre de maladies infectieuses de l'homme et des animaux (Senevet et Andarelli, 1956).

Parmi les insectes hématophages, les phlébotomes, vecteurs des leishmanioses, sont des Diptères Nématocères de la famille des Psychodidae, où ils constituent la sous-famille des Phlebotominae qui regroupe environ 800 espèces. Ils sont largement répartis dans les régions tropicales et tempérées. Ces insectes ont été étudiés avec une considérable attention et ont pris une grande importance mondiale à cause de leur rôle dans la transmission de la leishmania. Les phlébotomes peuvent également transmettre à l'homme les arbovirus responsables du groupe des fièvres à phlébotomes aussi le *Bartonella bacilliformis* agent de la verruga péruvienne et de la fièvre de Oriya (Léger et Depaquit, 2001).

Sur le plan vectorielle la présence des phlébotomes a été rapportée pour la première fois en Algérie en 1912 par Foley et Leduc, et signalés plus tard par Parrot et Sergent dont les travaux ont été menés de 1917 à 1960, d'après Dedet *et al.*, (1984). La démonstration du rôle de vecteur des phlébotomes dans la transmission des leishmanioses a nécessité plus de 25 ans d'efforts et d'investigations jusqu'en 1921, date de leur incrimination directe comme agents vecteur de la maladie (Harrat, 1998). A ce jour, en Algérie, 22 espèces sont connues, dont 12 du genre *Phlebotomus* et 10 du genre *Sergentomyia*, chaque espèce a sa propre distribution

INTRODUCTION

écologique, exceptée dans les montagnes du Sahara central où les deux espèces *Phlebotomus perniciosus* et *Phlebotomus papatasi* qui sont méditerranéennes mais qui appartiennent aussi au secteur zoogéographique éthiopien. *Phlebotomus perniciosus* et *Phlebotomus papatasi* sont confirmés comme les vecteurs de *Leishmania infantum* qui est le parasite de la leishmaniose viscérale et de *Leishmania major* l'agent de la leishmaniose cutanée, respectivement (Belazzoug, 1991).

L'importance des phlébotomes autant qu'insectes hématophages vecteurs redoutables de la leishmaniose viscérale et cutanée a justifié l'intérêt de la conduite de nombreuses recherches scientifiques sur la systématique, la biologie, l'écologie et le pouvoir pathogène de ces insectes (Cristesco et Dancesco, 1967; Dancesco *et al.*, 1970). Par conséquent, les études spatio-temporelles investiguant les phlébotomes dans leur milieu naturel s'avèrent toujours importantes et nécessaires pour l'établissement d'un plan de lutte contre les vecteurs de leishmanioses. La répartition des phlébotomes semble régir par plusieurs facteurs écologiques. Une température optimale voisine de 30°C et un degré d'humidité relativement élevé favorisent la pullulation des phlébotomes toute l'année dans les régions tropicales. Dans les régions tempérées, des conditions climatiques plus variables limitent leur pullulation à la saison estivale et expliquent leur absence à une altitude supérieure ou égale à 1000-1500 m.

Les Phlébotomes, étant les seuls vecteurs connus des protozoaires du genre *Leishmania*, ont pris une très grande importance dans tous les pays où les leishmanioses existent. Les leishmanioses sont des maladies parasitaires dues à un protozoaire flagellé du genre *Leishmania* transmis de mammifère à mammifère par piqûre d'un arthropode-vecteur; le phlébotome (Diptera: Psychodidae) (Belazzoug, 1982). Ce sont des maladies émergentes et étroitement liées à conditions environnementales (Ashford, 2000). Le complexe pathogène leishmanien (parasite-vecteur-réservoir) évolue dans une aire géographique définie par un ensemble de paramètres bioclimatiques. En effet, les changements des facteurs écologiques en général et climatiques en particulier contribuent de façon importante dans l'élargissement de l'extension des maladies à transmission vectorielle, notamment des leishmanioses (Rodhain, 2000; Fisher *et al.*, 2011; Signorini *et al.*, 2013), ayant un tropisme électif pour les cellules de défense à savoir, le phagocyte mononucléé macrophage, histiocyte, monocyte. Ces infections parasitaires communes à l'Homme et à certains animaux (Dedet, 2009). Les parasites *Leishmania* sont des intracellulaires obligatoires, qui provoquent les différentes formes de la leishmaniose chez l'homme, allant des ulcères dermiques aux formes viscérales fatales à la leishmaniose cutanée (LC) (Eddaikra *et al.*, 2016).

INTRODUCTION

La leishmaniose est endémique dans 88 pays du monde où 350 millions de personnes sont menacés. Elle connaît une recrudescence importante, justifiée par son incidence annuelle estimée à plus de 1,3 million de nouveaux cas par an et entre 20000 et 30000 décès (O.M.S., 2014).

L'Algérie, comme tout les pays du bassin méditerranéen, est touchée par les leishmanioses que ce soit canine (LCan) ou humaine (LH). La première concerne tout le territoire national avec une prévalence qui varie d'une région à une autre (Harrat *et al.*, 1995; Belkaid et Harrat, 1997). La deuxième (LH) sévit sous deux formes distinctes, la leishmaniose viscérale (LV) et la leishmaniose cutanée (LC). Cette dernière est causée par plusieurs espèces de *Leishmania* et afficher diverses manifestations cliniques (Eddaikra, 2016), dont la maladie est observée sous trois aspects cliniques provoqués par trois parasites différents. Dans les régions steppiques et sahariennes sévit la leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) ou "clou de Biskra" due à *Leishmania major* MON-25 dont *Phlebotomus papatasi* est le vecteur essentiel (Sergent et Parrot, 1926; Dedet *et al.*, 1973; Irzi *et al.*, 1992) et les rongeurs gerbillidae, notamment *Meriones shawi* et *Psammomys obesus* sont les principaux réservoirs de la maladie (Belazzoug, 1986; Irzi *et al.*, 1992; Harrat et Belkaid, 2003; Boudrissa *et al.*, 2012), Le deuxième parasite de la leishmaniose cutanée est le *Leishmania infantum*, dont les zymodèmes responsables sont MON-1, MON-24, MON-80, observé au Nord de l'Algérie, (Belazzoug *et al.*, 1985; Harrat *et al.*, 1995; Harrat *et al.*, 1996), sous l'étage bioclimatique sub-humide et semi-aride où la transmission est assurée par le *Phlebotomus perfiliewi* (Irzi *et al.*, 1992) et dont le chien domestique représente le réservoir principal du parasite (Irzi et Belazzoug, 1993; Maroli *et al.*, 1988; Benikhlef *et al.*, 2004). La troisième forme de la Leishmaniose cutanée (LCZ) est causée par le parasite *Leishmania killicki*, MON-301, découverte en 2005 à Ghardaia dans le Sud algérien (Harrat *et al.*, 2009) avec un nouveau variant enzymatique *Leishmania killicki*, MON-306 qui vient d'être identifié à Annaba, près de la méditerranée (Mansouri *et al.*, 2012). Ces zoonoses sont observées dans 41 wilayas sur les 48 que compte l'Algérie (Kabbout *et al.*, 2016), et connaissent depuis une vingtaine d'années un bouleversement épidémiologique avec apparition de nouveaux foyers de leishmaniose cutanée d'infection à *Leishmania major*. L'aire de distribution de ces foyers est en extension vers le Nord, où elle a franchi la barrière de l'Atlas tellien, pour la première fois en 2004 (Boudrissa *et al.*, 2012). La LCZ, appelée communément "clou de Biskra, sévit à l'état endémo-épidémique à l'étage bioclimatique aride et semi-aride. Les foyers anciennement connus ont été signalés dans la région de Biskra à l'Est et l'Abadla à l'Ouest,

INTRODUCTION

mais les modifications environnementales sont répercutées sur le fonctionnement des foyers, leur dynamique et leur extension territoriale. Ces modifications du milieu naturel, biotopes, peuvent être soit d'origine anthropogénique, soit d'origine climatique. Ces deux types de modifications étant d'ailleurs le plus souvent étroitement intriqués. L'émergence ou réémergence des leishmanioses directement liée à l'augmentation de facteurs de risque qui sont essentiellement de nature anthropogène (Desjeux, 2002).

La présente étude est portée sur l'étude de la diversité et de la répartition des espèces de phlébotomes, vecteurs de la leishmaniose, dans la région de Biskra (Nord-est Algérien), qui représente un foyer endémique et historique de la Leishmaniose cutanée. Une étude spatio-temporelle de la démographie des phlébotomes dans leur milieu naturel s'avère nécessaire pour améliorer la connaissance sur ces vecteurs afin de guider l'établissement des programmes de lutte ou de prévention contre la leishmaniose en Algérie. Une autre partie a été consacrée à une étude épidémiologique rétrospective, de 2005 à 2014 de la leishmaniose cutanée, qui est destiné à voir l'évolution de cette maladie et sa répartition dans les différentes communes de la wilaya de Biskra. Finalement les résultats analysés de l'enquête épidémiologique, par sexe et tranche d'âge ont été corrélés avec les facteurs climatiques.

MATERIEL ET METHODES

II. MATERIEL ET METHODES:

1. Présentation de la région d'étude:

1.1. Localisation géographique:

La région d'étude est représentée par la wilaya de Biskra. Elle est située au Nord-Est de l'Algérie et plus exactement dans la partie Est du Sahara septentrional. Elle représente un véritable espace tampon entre le Nord et le Sud. Le Chef lieu de la wilaya, Biskra, est situé à 400 km au Sud-Est de la capitale, Alger. Elle s'étend sur une superficie 21671 km² et sa population est d'environ 800 000 habitants. Elle est comprise entre les longitudes 4°15' et 6°45' Est et entre les latitudes 35°15' et 33°30' Nord. Son altitude varie entre 29 et 1600 mètres par rapport au niveau de la Méditerranée. Elle est limitée au Nord par la wilaya de Batna, au Nord ouest par la wilaya de M'sila, au Nord-Est par la wilaya de Khenchela et au Sud par les wilayas de Oued Souf, Ouargla et de Djelfa (Figure 1).

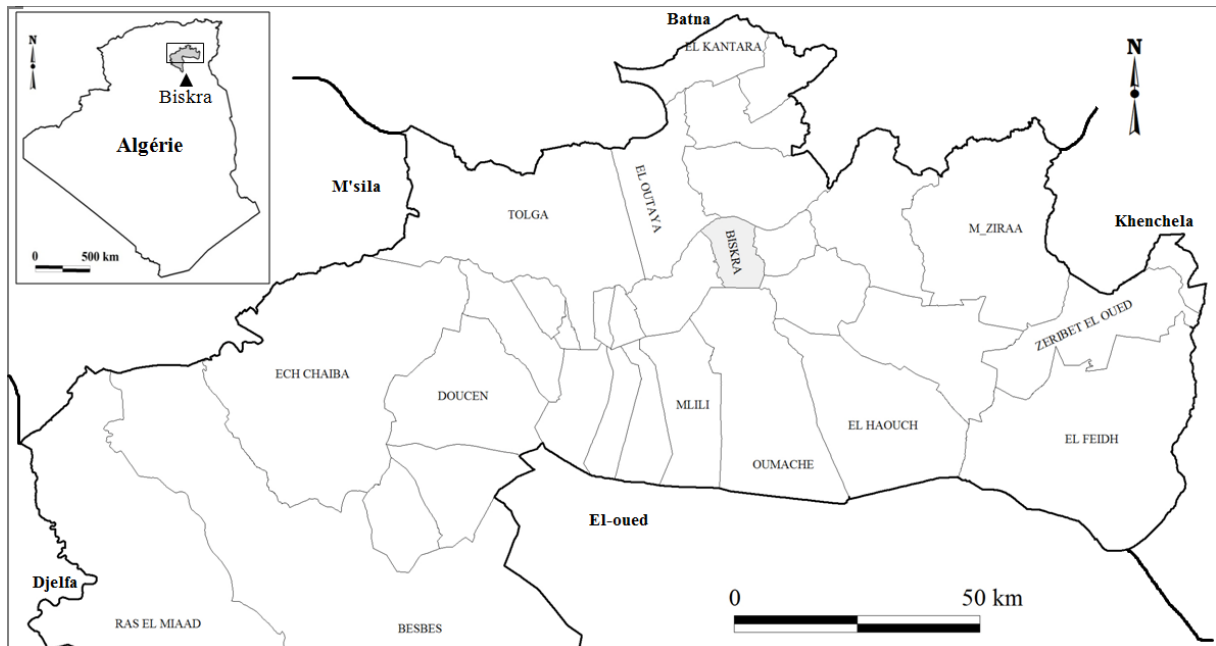


Figure 1: Situation géographique de la wilaya de Biskra.

1.2. Géologie et géomorphologie de la région d'étude:

La région de Biskra constitue une partie de la transition entre le domaine atlasique plissé du Nord (Atlas Saharien) et les étendues plates et désertiques du Sahara. Ces dernières se caractérisent par des régions très plates correspondant au grand Erg occidental et oriental, au

MATERIEL ET METHODES

plateau du Mزاب, au Tadmaît (Buisson et Cornée, 1989). L'ensemble de ces étendues est appelé la plate-forme Saharienne qui s'étend jusqu'en Tunisie.

D'une manière générale, la région de Biskra est composée de quatre éléments géomorphologiques divers: les montagnes, les plaines, les plateaux et les dépressions (Bougherara et Lacaze, 2009). Le peu de montagnes qui existent, situés au Nord de la Wilaya, sont généralement dénudées de toute végétation. Cette chaîne montagneuse est composée de monts avec différentes altitudes; comme le mont d'El Gaid, Hamara, Guessoum (1087 m), Rabba (721m), Kara, Bourezale, M'lili (1496m), Houja (1070m), Ahmar khedou et Tekiout (1942m). Les plaines s'étendent dans l'axe Est/Ouest. Elles sont caractérisées par des sols profonds et fertiles. Elles sont constituées par les steppes d'El Outaya, Doucen, Lioua, Tolga, Sidi Okba et Zeribet El oued. Les plateaux des Daya sont situés sur le côté Ouest et présentent une continuité avec Ouled Djallal, Sidi Khaled et Tolga.

Les dépressions ou les bas-fonds couvrent les régions méridionales et orientales. Ils forment une vaste plaine de piémont doucement inclinée vers le Sud-Est qui s'enfonce dans la zone la plus basse du Chott Melghir. Cette dépression est une grande collecte naturelle des eaux superficielles des oueds de la région (Bougherara et Lacaze, 2009).

1.3. Climat de la région de Biskra:

Le climat est défini comme un ensemble fluctuant de phénomènes météorologiques (Rogers, 2006). D'après Lévêque (2001) et Faurie *et al*, (2003), le climat est un facteur principal qui agit directement sur le contrôle et la distribution des organismes vivants et la dynamique des écosystèmes. Les réactions et le développement des êtres vivants qui sont représentés par leur morphologie, la physiologie et le comportement sont influencés par les variations climatiques et les facteurs physicochimiques du milieu de vie (Dajoz, 2003).

D'une manière générale, les principales caractéristiques climatiques de la région d'étude sont caractérisées par de forts contrastes de températures et une faiblesse de précipitations. Les données climatiques, pour la période de 2009 à 2014, ont été obtenues auprès de l'office de la météorologie algérienne de la station de Biskra.

MATERIEL ET METHODES

A. La température:

La région de Biskra est soumise à l'influence thermique des déserts qui présentent de fortes températures et de grands écarts thermiques du fait de la pureté de leur atmosphère et souvent aussi de leur position continentale (Ozenda, 1983). Les températures sont des facteurs qui contribuent à la définition du climat de la région.

Les températures, maximales et minimales mensuelles de la décade 2009 à 2014, dans la région de Biskra, sont représentées dans le tableau 1. Les résultats enregistrés au niveau de la station montrent bien que la région se caractérise par une forte température avec de fortes variations saisonnières dont la température max 43°C a été observée durant les mois de Juillet et Aout 2012, et la température min 6,2°C a été observée durant le mois de Février des deux années 2009 et 2012 (Tableau 1).

Tableau 1: Températures moyennes mensuelles [maximales: T (°C) Max. et minimales: T (°C). Min.] de la région de Biskra de la période d'étude (2009 - 2014).

Année	2009		2010		2011		2012		2013		2014	
	T.Max (°C)	T.Min (°C)	T.Max (°C)	T.Min (°C)	T.Max (°C)	T.Min (°C)	T.Max (°C)	T.Min (°C)	T.Max (°C)	T.Min (°C)	T.Max (°C)	T.Min (°C)
Janvier	16,5	8,1	18,2	7,2	18,4	6,7	18	6,4	18,2	7,8	18,1	7,9
Février	18	6,2	20,1	9	19	7,7	17	6,2	18,7	6,7	20,8	9,3
Mars	22,6	9,8	23,7	12,7	21,5	10,4	23	10,9	23,7	12,7	22	10,8
Avril	24,7	12,6	28	15,5	28,5	15	27	15,4	28,5	15,5	29,7	15,8
Mai	32,9	19,1	30,2	18,2	30,6	18,7	33	19,7	32,5	19,4	33,1	20,1
Juin	38,4	24,7	37,5	24,4	35,8	23,4	41	27,4	36,5	22,5	37	23,3
Juillet	42,7	28,2	41,4	28,2	41,1	27,9	43	29,2	40,4	27,6	40,5	27,6
Août	40,9	28,3	41,1	27,9	40,4	27,5	43	28,7	38,5	26,4	41,1	28,4
Septembre	32,7	21,4	34,5	23,2	36,6	24,4	36	23	35,1	24,3	37,2	25,1
Octobre	29	17,1	28,4	16,7	28,3	16,5	30	19	31,8	20,6	32,1	19,1
Novembre	23,8	11,1	22,1	12	22,6	12,7	24	12,8	22,6	12,5	24,3	13
Décembre	19,2	7,8	18,1	7,4	19,1	8,7	18	8	18,1	7,2	18,6	7,7

B. La précipitation:

La précipitation est un facteur primordial pour la réalisation d'une étude climatique. La région de Biskra se caractérise par une très faible pluviométrie variant entre 0 et 200 mm par an. L'insuffisance des pluies sahariennes est accompagnée d'une irrégularité très remarquable

MATERIEL ET METHODES

du régime pluviométrique et d'une variabilité inter annuelle considérable, se qui accentue la sécheresse (Ozenda, 1991).

La pluviométrie constitue un facteur écologique fondamental. D'après le tableau 2, les précipitations sont faibles et irrégulières d'un mois à un autre et suivant les années. Les pluies sont surtout concentrées en automne et en hiver. La moyenne annuelle des précipitations est de 163,24 mm/an (Tableau 2).

Tableau 2: Précipitations (mm) de la région de Biskra pour la période de 2009 à 2014.

Mois	Précipitations (mm)											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2009	38,1	7,12	13,2	8,89	15,2	0	3,56	0	32	0	0,25	15,24
2010	15,75	17,78	23,9	30,2	7,11	27,4	0	4,06	12,19	13,97	44,45	2,03
2011	6,35	0	38,1	38,6	54,6	1,01	3,05	0	29,21	79	2,79	0
2012	0	1,27	6,35	4,57	0	0	0,51	0	3,05	84,07	24,13	2,03
2013	64,77	2,03	18,3	24,9	1,02	20,1	0	11,2	7,11	40,14	0	14,99
2014	8,13	4,06	16	0	2,03	3,81	0	0	25,66	1,02	2,53	0,51

C. L'humidité:

L'humidité relative (HR %) ou l'hygrométrie est la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère (Ramade, 2003). L'humidité relative de l'air varie sensiblement en fonction des saisons. Durant l'été, elle chute jusqu'à 22,2 % en Juillet 2012 et sous l'effet d'une forte évaporation. Par contre, en hiver, elle s'élève jusqu'à 66,3% au maximum en Janvier 2009. La moyenne annuelle est de 42.86% (Tableau 3).

Tableau 3: Humidité relative (HR%) de la région de Biskra pour la période de 2009 à 2014.

	Humidité (HR %)											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2009	66,3	50,9	45,9	41,9	31	25	24	26	50,5	44,9	45,9	60,2
2010	55,7	52,1	44,4	46,3	34	33	26,6	32	39,5	43,9	57,9	48,6
2011	55,3	47,3	50,9	46,1	43	36	27,1	31	37,1	47,8	55,4	55,3
2012	48,7	45,7	40	37,2	30	23	22,2	24	30	40,7	57,6	53,4
2013	52,6	44,6	41,4	33,8	30	27	27,2	31	39,9	45,4	44,1	58,9
2014	57,7	47,8	46,4	34,8	33	29	25,9	28	36,6	35,8	50,4	59,2

D. Le vent:

Les vents soufflent pendant toute l'année. Généralement, ce sont les vents du Nord-Ouest qui prédominent. Les vents du Sud sont généralement froids et secs en hiver. Ils sont chauds et très secs pendant la période estivale: le sirocco. Il provoque une augmentation notable de la température, une accélération de l'évaporation et une chute brutale de l'humidité atmosphérique. Par conséquent, il augmente la sécheresse.

1.4. Les indices climatiques:

De nombreux indices climatiques sont proposés. Les plus courants sont basés essentiellement sur la pluie et la température. C'est le cas de l'indice xérothermique de Bagnouls et Gausсен (1953), l'indice de De Martonne et le quotient pluviothermique d'Emberger (De Martonne, 1925; Emberger, 1955; Sauvage, 1963).

A. Détermination de la période sèche:

De nombreux auteurs (Giacobbe, 1961) ont proposé diverses formules pour caractériser la saison sèche, qui joue un rôle capital dans la distribution de la végétation, notamment par sa durée et son intensité. Selon Bagnouls et Gausсен (1953), le diagramme ombrothermique de Gausсен permet de définir empiriquement la durée de la saison sèche et par conséquent la saison humide. Il tient compte de la pluviométrie moyenne mensuelle (P) (mm) et la température moyenne mensuelle (°C), qui sont portées sur des axes où l'échelle de la pluviométrie est doublée de la température. La sécheresse s'établit lorsque la pluviosité mensuelle est inférieure au double de la température moyenne.

B. Indice d'aridité de De Martonne:

L'indice d'aridité De Martonne I_{DM} : ($I_{DM} = P / (T + 10)$) a été calculé sur la base des précipitations annuelles (P) et de la moyenne annuelle des températures (T) (De Martonne, 1925). A partir de l'indice de De Martonne, on peut classer le climat comme indiqué dans le tableau 4:

MATERIEL ET METHODES

Tableau 4: Classification de climat selon l'indice de De Martonne.

Climat	Valeurs d' I_{DM}	Valeurs de P (mm)
Sec	$I_{DM} < 10$	$P < 200$
Semi sec	$10 \leq I_{DM} \leq 20$	$200 \leq P < 400$
Méditerranéen	$20 \leq I_{DM} \leq 24$	$400 \leq P < 500$
Semi-humide	$24 \leq I_{DM} \leq 28$	$500 \leq P < 600$
Humide	$28 \leq I_{DM} \leq 35$	$600 \leq P < 700$
Hyper humide	a. $35 \leq I_{DM} \leq 55$	$700 \leq P < 800$
	b. $I_{DM} > 55$	$P > 800$

C. Détermination de l'étage bioclimatique:

Le quotient pluviothermique Q_2 d'Emberger (1952, 1955), correspond à une expression synthétique du climat méditerranéen en tenant compte de la moyenne annuelle des précipitations (P) en mm et des températures. Pour ces dernières, il tient compte d'une part de la moyenne des minimums du mois le plus froid (m), et d'autre part de la moyenne des maximums du mois le plus chaud (M).

$$Q_2 = 1000 \times P (M+m) \times (M-m) / 2 = 2000 \times P/M^2 - m^2.$$

Emberger (1955, 1971) propose alors l'établissement d'un climagramme comportant m en abscisse et Q_2 en ordonnée. Dans un deuxième temps, celui-ci est subdivisé en zones correspondant à divers étages bioclimatiques méditerranéens selon un gradient d'aridité. Emberger a classé toutes les stations météorologiques suivant deux coordonnées: d'une part les valeurs de ce coefficient et d'autre part la moyenne des températures du mois le plus froid. Par conséquent, il montre que le bassin méditerranéen peut être subdivisé en cinq étages bioclimatiques: saharien, aride, semi-aride, subhumide et humide.

La formule de Stewart (1969), adaptée pour l'Algérie, se présente comme suit: $Q_2 = 3.43 P/M - m$. L'indice Q_2 de la région calculé par cette formule est égal à 16,08. Le climagramme considère qu'une région est d'autant plus sèche que le quotient est plus petit.

P: pluviométrie moyenne annuelle en mm.

M: moyenne des maxima des mois les plus chauds.

m: moyenne des minima des mois les plus froids.

MATERIEL ET METHODES

Pour une approche bioclimatique de la région de Biskra durant la période de 2005 - 2014, les valeurs sont

$$\left. \begin{array}{l} P = 144.08 \text{ mm;} \\ \checkmark M = 43 \text{ }^\circ\text{C} \\ \checkmark m = 6,2 \text{ }^\circ\text{C.} \end{array} \right\} \text{Donc } Q2=13,50$$

1.5. La flore de la région de Biskra:

La végétation joue un rôle important dans la répartition des espèces (Vial et Vial, 1974). Elle constitue une sorte d'écran entre l'insecte et les conditions physico-chimiques de son environnement. L'essentiel du paysage végétal du territoire est constitué par des formations steppiques naturelles et des oasis (Dubost et Larbi, 1998; Bougherara et Lacaze, 2009).

Les milieux naturels de la région d'étude comprennent des milieux steppiques diversifiés, selon la présence ou non de sable, l'affleurement de rocher, la concentration de sels divers sous l'effet de remontée par la nappe phréatique et également des dépressions humides plus ou moins salées. Les steppes sont des formations naturelles herbacées et arbustives très ouvertes, clairsemées, à aspects généralement nues, isolées et très irrégulières. Elles comprennent l'association de plantes herbacées, vivaces micro-thermiques et xérophiles (résistantes au froid et à la sécheresse). Ce tapis végétal est constitué principalement de graminées cespiteuses (steppe à *Stipa tenacissima*, steppe à *Lygeum spartum*), chaméphytique (steppe à *Artemisia herba-alba*) et les steppes crossulantes. Cette végétation reflète les conditions édapho-climatiques (steppe halophile à Salsolacées et la forêt-steppe à *Tamarix articulata*) (Le Houerou, 1977; Kaabeche, 1996; Khachai, 2001). A toutes ces steppes s'ajoute un cortège floristique d'espèces annuelles très important.

Les Oasis sont particulièrement et essentiellement des palmeraies. Le palmier dattier *Phoenix dactylifera* est en association avec une flore originale qui comprend des halophytes. La présence de ces dernières s'explique par la remontée de sels et des adventices liées aux cultures elles-mêmes (Kaabeche, 1996; Moussi, 2012). Elle constitue l'essentiel du paysage dont la végétation très dense et stratifiée se compose de jardins-vergers. Les arbres fruitiers diversifiés: oliviers *Olea europaea*, figuiers *Ficus carica*, grenadiers *Punica protopunica*, vigne grimpante *Vitis vinifera* sont d'autant plus rares que les palmiers qui les dominent sont plus nombreux.

MATERIEL ET METHODES

1.6. La faune de la région de Biskra:

Plusieurs groupes d'animaux sont présents dans ce biotope, parmi lesquels nous citons les Mammifères domestiques (caprins: *Capra hircus*, ovins: *Ovis aries*,...), les oiseaux (moineau: *Passer domesticus*, pigeon: *Columba livia*,...), les reptiles (fouette-queue: *Uromastix alfredschmidti*, Poisson des sables *Scincus scincus*,...), les rongeurs (gerboises: *Gerbillus campestris*, rats,...), les hérissons Erinaceidae, les batraciens, les arachnides (scorpions et araignées), les insectes (Orthoptères, Hyménoptères, Coléoptères, Diptères, Lépidoptères....) (Leberre, 1989; Moussi, 2012).

2. Les stations d'études:

Une station est représentée par une localité sur le quelle un inventaire est effectué. Nous entendons par site, la partie du milieu prospecté dans laquelle sont situés les gîtes de piégeages. Ces biotopes piégés propices au développement des phlébotomes (milieu de ponte et de repos) sont choisis en fonction de l'apparition des cas de leishmaniose enregistrés dans la région durant la période d'étude. Les stations au nombre de 15 sont sélectionnées pour effectuer le prélèvement des phlébotomes. Ces dernières sont notées par ordre alphabétique de "A" à "O" respectivement et qui présentent des caractéristiques géographiques différentes (Tableau 5) et une répartition aléatoire sur la wilaya de Biskra (Figure 2).

Tableau 5: Coordonnées géographiques des différentes stations d'études.

Stations	Codes	type	Latitude	Longitude	Altitude
Alalia	A	Urbain	34°51'5.20"N	5°44'5.79"E	112m
Feliache	B	Suburbain	34°49'33.70"N	5°45'6.68"E	112m
Sidi-Ghzel	C	Suburbain	34°49'18.08"N	5°41'49.50"E	112m
Sidi-Okba	D	Suburbain	34°45'0.10"N	5°53'59.70"E	54m
Alhadjeb	E	Rural	34°47'30.25"N	5°36'4.03"E	146m
Bouchagroune	F	Rural	34°42'51.36"N	5°27'58.62"E	141m
Lioua	G	Rural	34°38'8.30"N	5°23'47.70"E	94m
Ourlal	H	Rural	34°38'22.71"N	5°24'16.52"E	83m
Oumache	I	Rural	34°41'26.12"N	5°42'13.18"E	40m
Sidi-khaled	J	Rural	34°22'60.00"N	4°58'60.00"E	207m
Ras elmiad	K	Rural	34°11'11.97"N	4°27'5.97"E	393m
Eloutaya	L	Suburbain	35°1'60.00"N	5°35'60.00"E	253m
El-kantara	M	Suburbain	35°13'31.00"N	5°42'23.00"E	519
Djemourah	N	Rural	35° 4'17.82"N	5°50'35.84"E	555m
Ain zaatout	O	Rural	35°10'13.94"N	5°51'21.80"E	831m

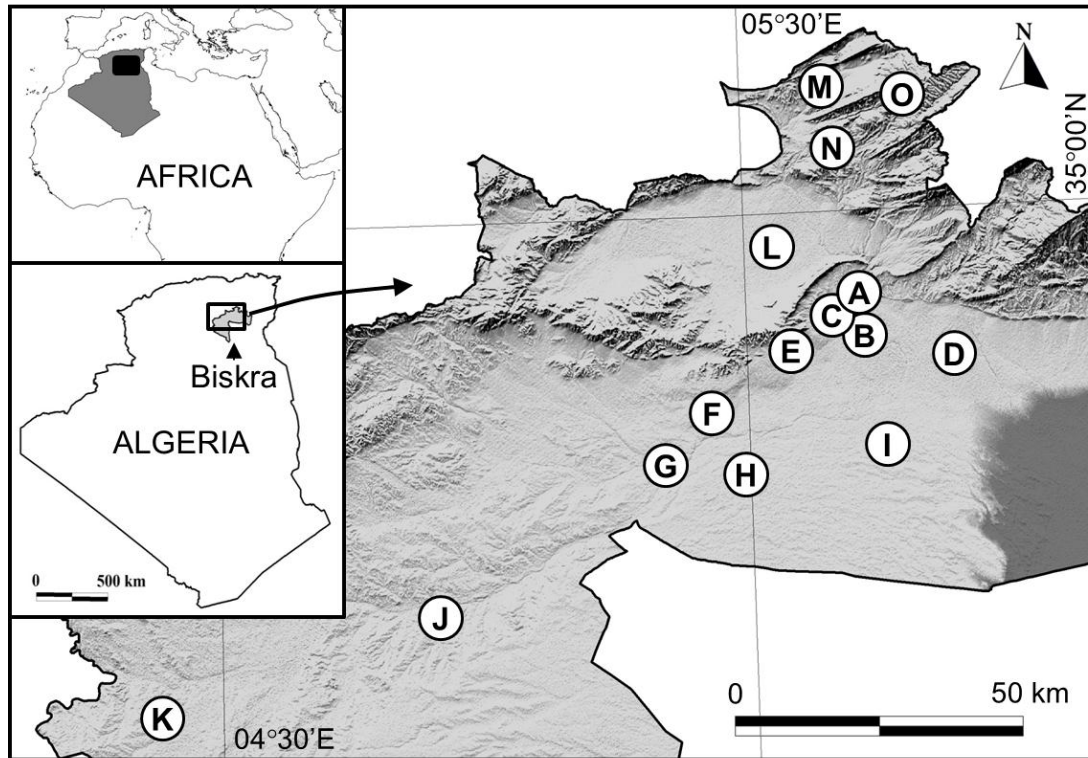


Figure 2: Localisation géographique des stations d'études.

Les sites, au niveau des stations, sont représentés par de vieilles maisons, jardin, étable (mangeoires, abreuvoirs, assainissement, toit, murs) et des barbacanes et anfractuosités larges, qui sont des cavités et des lacunes qui pourraient être naturelles ou artificielles (arbres, murs, grottes, puits). Les terriers de rongeur représentent des milieux favorables pour la reproduction et le développement de phlébotomes.

3. Méthodologie d'échantillonnage et d'identification des phlébotomes:

3.1. Méthodes de piégeage et d'échantillonnage:

La collection des phlébotomes est menée dans chaque site, durant des intervalles de temps irréguliers, pendant la période d'étude et le nombre d'échantillonnage été entre 2 et 4 fois par mois. Le piégeage des adultes de phlébotomes est mené par deux techniques différentes. La première est basée sur le piégeage avec des papiers adhésifs, qui permet la récupération des spécimens morts et qui est une méthode rentable, bien adaptée à l'échantillonnage quantitatif et peu sélective des insectes. Ce mode de capture est basé sur les propriétés attractives de l'huile de ricin (Extrait des grains de *Ricinus communis*) imbibant le papier (Harrat, 1998). Les pièges sont constitués de feuilles de papier blanc mat de format A4 (21X 29,7 cm) largement imbibées d'huile de ricin.

MATERIEL ET METHODES

Les papiers adhésifs sont placés dans les différents sites. Dans chaque site, le piégeage a été effectué simultanément dans des milieux domestiques et d'autres péri-domestiques. Les papiers adhésifs, tendus ou en guirlande, ont été accrochés sur des arbres, devant les fenêtres et toutes ouvertures hautes. Dans les milieux péri-domestiques, qui englobes les endroits répartis autour des habitations (étables, bergeries à moitié couverte, rochers, chambres ruinées utilisées pour la collecte du fumier ou le stock de la paille), les pièges ont été placés sur les murs, accrochés au toit, mis dans des espaces étroits et parfois profonds, ou laissés entre les pierres.

La durée de piégeage dépend de l'objectif de l'étude et des conditions climatiques (vent, pluies..). Une période de 24 h est adoptée pour estimer la densité de spécimens par nuit et par unité de surface. Le dépouillement des papiers est effectué le plus rapidement possible, pour éviter la dessiccation des phlébotomes, à l'aide d'un pinceau imbibé d'alcool à 96%.



Figure 3: Pièges adhésifs installés dans différents biotopes (photos personnelles).

MATERIEL ET METHODES

La deuxième technique consiste en l'utilisation de pièges lumineux de type CDC (Center for Diseases Control) (Figure 4), qui offre la possibilité de capturer des espèces vivantes, afin de compléter d'éventuelles études de parasitologie et de biologie moléculaire (enzymatique et analyse d'ADN).

Des pièges lumineux miniatures de type CDC sont modifiés pour la capture des phlébotomes (Figure 5). Le piège CDC est composé d'une unité centrale lumineuse et de batterie comme source d'alimentation. Les pièges lumineux sont placés dans les abris d'animaux domestiques; à une hauteur de 1 à 1,5 m, sont accrochés aussi sur des arbres et placés près des terriers des rongeurs. Durant chaque piégeage le CDC est placé a la fin de journée et relevé tôt le matin. Pour éviter la fuite des insectes piégés, après la récupération des CDC, la partie supérieure est refermée et placé au réfrigérateur pendant une vingtaine de minutes afin d'immobiliser les insectes. Par la suite, l'unité du CDC est ouverte et les phlébotomes capturés a laide des deux types de pièges sont triés et conservés dans des tubes contenant de l'alcool éthylique à 70° afin de subir les préparations d'identifications.

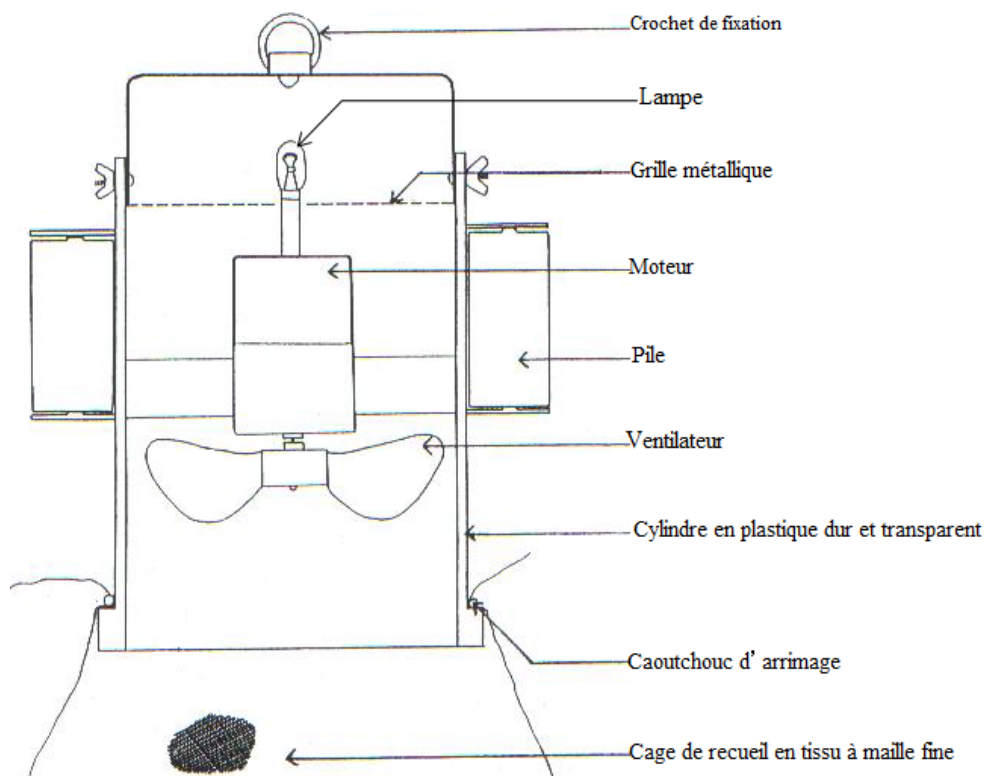


Figure 4: La conception de piège lumineux de type CDC.



Figure 5: Piège lumineux de type CDC à l'état active (conception personnelle).

3.2. Séparation des phlébotomes par sexe:

La séparation du sexe des phlébotomes est basé essentiellement sur l'organe génital, le génitalia, qui est allongée chez les mâles et simple chez les femelles (génitalia interne). Cette ségrégation est effectuée directement sous la loupe binoculaire.

3.3. Identification des phlébotomes:

Les insectes piégés sont soumis à un tri au laboratoire où les adultes de phlébotomes sont séparés et placés dans un milieu de conservation. L'identification des phlébotomes est menée sur la base des observations morphologiques des adultes selon les clés de Dedet *et al.*, (1984), qui nécessitent une préparation des lames au préalable afin d'effectuer des observations sous microscope.

A. Technique de la préparation des lames:

Les lames des spécimens sont préparées selon la technique suivante:

a. Eclaircissement:

Les phlébotomes sont placés dans des boîtes de pétris et ont subi un dégraissage dans un mélange d'alcool-éther pendant 3 minutes (uniquement pour les spécimens capturés à l'aide de papiers adhésifs), puis éclaircis à avec une solution de potasse (10 %) pendant quelques

MATERIEL ET METHODES

heures. L'étape suivante consiste à faire passer les spécimens de phlébotomes dans 6 bains d'eau distillée pendant 20 minutes pour chaque bain. Durant la dernière étape les spécimens sont placés pendant 1 heure minimum dans le liquide de Marc-André qui est composé de 30 ml d'Acide acétique cristallisable, 40g d'Hydrate de Chloral et 30 ml d'Eau distillée. Une conservation prolongée des spécimens dans ce liquide ne présente pas d'inconvénient.

b. Montage rapide dans la gomme au chloral:

Après éclaircissement, les phlébotomes sont montés directement dans une goutte de gomme au chloral. Ce milieu favorise la visualisation des spermathèques qui apparaissent très réfringentes et permet une bonne observation microscopique en contraste de phases. Cependant, la gomme au chloral a tendance à se rétracter après un certain temps; les structures internes tendent à s'effacer et à la longue l'ensemble de la préparation devient inobservable. Par conséquent, ce type de montage est à déconseiller pour une conservation de longue durée et il est conseillé de procéder directement à l'observation sous microscope.

c. Dissection des phlébotomes:

Certaines identification d'espèces de phlébotomes nécessitent la connaissance de quelques organes internes, c'est la raison pour laquelle la dissection d'adulte est obligatoire. Durant la dissection et sous loupe binoculaire, l'espèce adulte est fixée dans le milieu de montage en position latérale. La tête est détachée du reste du corps à l'aide de fines aiguilles. Elle est ensuite orientée face ventrale en position supérieure (*Sergentomyia*) ou en position inférieure (*Phlebotomus*) afin de rendre plus aisée l'observation des armatures cibariales et pharyngiennes. Les pattes sont soigneusement étalées du côté ventral et les ailes du côté dorsal. Quand il s'agit d'un spécimen mâle, l'armature génitale est disposée selon son orientation chez l'insecte vivant en prenant soin de mettre en évidence les différents éléments nécessaires à la diagnose spécifique comme l'édéage, coxite, style. Quand il s'agit d'un adulte femelle, la dissection du génitalia est nécessaire pour montrer certaines structures internes utilisées pour le diagnostic spécifique comme dans le cas des *Larrousius* (Léger *et al.*, 1983). Une fois la tête de l'espèce est coupée, le thorax est maintenu à l'aide d'une fine aiguille pour faciliter la coupe de l'abdomen au niveau de l'avant dernier segment. Les téguments qui couvrent l'abdomen sont isolés avec la furca avec les spermathèques, puis l'ensemble est recouvert d'une lamelle. Une légère pression est induite, pour aplatir les tissus, afin d'obtenir une bonne résolution microscopique.

MATERIEL ET METHODES

Chaque espèce est identifiée d'après les critères et les clés de détermination des phlébotomes d'Algérie selon Dedet *et al.* (1984). Pour les adultes des phlébotomes mâles, la morphologie externe de l'appareil génital, anatomie de l'armature cibariale (*Sergentomyia*) ou pharyngienne (*Phlebotomus*) sont nécessaires. Pour les adultes des phlébotomes femelles, l'anatomie des spermathèques, l'armature cibariale et pharyngienne sont aussi nécessaire pour l'identification.

4. Analyses de données:

Les peuplements de phlébotomes capturés dans les différents sites d'étude ont été soumis à quelque analyse on utilisant des indices écologiques de composition et structure qui sont estimé par l'application des calculs de:

4.1. Densité (*D*):

Pour compléter la description d'un peuplement, en plus de sa diversité et de sa richesse, il convient d'évaluer sa densité en nombre d'individus par unité de surface (Dajoz, 1985). La densité des espèces de phlébotomes est exprimée soit par le nombre d'individus capturés par mètre carré de pièges adhésifs par nuit (ind/m²/nuit), soit par le nombre d'individus capturés par péage lumineux par nuit (ind/p/nuit). La densité moyenne est calculée par la formule suivante:

$$D = n/p$$

D = Densité moyenne de l'espèce

n = Nombre total d'individus d'une espèce récoltée sur la surface considérée.

p = Nombre total de prélèvements effectués dans le peuplement considéré.

4.2. Abondances relative ou Fréquence d'abondance:

L'abondance relative (**Ar**) ou la fréquence centésimale (**Fc**) d'une espèce donnée correspond au pourcentage d'individus de cette espèce (*n_i*) par rapport au total des individus recensés (*N*) d'un peuplement (Dajoz, 1985).

$$Ar(\%) = \frac{n_i \times 100}{N}$$

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

N: nombre total d'individus toutes espèces confondues

4.3. Degré de présence ou occurrence (C):

Il est égale au Nombre de sites contenant l'espèce i / Nombre total de sites $\times 100$. Échelles d'occurrence. Il est calculé comme suit:

$$C(\%) = \frac{P_i}{P} \times 100$$

p_i : nombre de relevés contenant l'espèce étudiée.

p : nombre total des relevés effectués.

D'après Rydzanicz et Lonc (2003) et selon la valeur de C , on distingue les classes suivantes:

Si :

$C = 0 - 20\%$ le degré de distribution est sporadique.

$C = 20,1 - 40\%$ le degré de distribution est rare.

$C = 40,1 - 60\%$ le degré de distribution est modéré.

$C = 60,1 - 80\%$ le degré de distribution est fréquent.

$C = 80,1 - 100\%$ le degré de distribution est constant.

4.4. Richesse spécifique (RS):

La richesse spécifique (S) d'une population est le nombre total d'espèces qui la composent par site (Ramade, 1984; Spellerberg et Fedor 2003).

$$RS = sp1 + sp2 + sp3 \dots\dots + spn.$$

$sp1 + sp2 + sp3 \dots\dots + spn$; sont les espèces observées.

4.5. La biodiversité spécifique:

La biodiversité spécifique des sites étudiés a été mesurée par l'indice de diversité de Simpson (IS) qui exprime simultanément la relation entre le nombre d'espèces et le nombre d'individus:

$$IS = 1/(\sum_1^S P_i^2),$$

Où P_i est la proportion d'une espèce dans un site donné ($P_i = RA / 100$). Les valeurs de cette plage d'indice de 1 à SR (nombre total d'espèces de phlébotomes dans un site donné), avec des valeurs plus élevées indiquant une diversité d'espèces supérieur.

4.6. Indice d'équitabilité (E):

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

Il a été calculé pour estimer la distribution de l'organisation de la population phlébotome au sein de chaque communauté du site. E varie de 0 (signifiant la dominance d'une espèce) à 1 (toutes les populations d'espèces sont équitablement distribuées) (Spellerberg et Fedor 2003).

5. Etude épidémiologique de la leishmaniose:

Les leishmanioses sont des maladies parasitaires dues à un protozoaire flagellé du genre *Leishmania* transmis de mammifère à mammifère par piqûre d'un arthropode vecteur: le phlébotome (Diptera: Psychodidae) (Belazzoug, 1982). Ce sont des maladies émergentes et étroitement liées à l'état de l'environnement (Ashford, 2000). La maladie provoquée chez l'homme est appelée leishmaniose. Elle comporte un spectre clinique allant de la forme cutanée isolée appelée Cloud de Biskra, à la forme multi systémique ou Leishmaniose viscérale appelée (Kala-azar). Les leishmanioses constituent un problème de santé publique. Lorsqu'on parle de la leishmaniose cutanée (LC), les statistiques de cette maladie, enregistrées au cours des dix années (2005-2014) à la région de Biskra (ancien foyer de leishmaniose), montrent la présence d'un pic épidémiologique signalé en 2005 avec 8375 cas pour un taux d'incidence de 210,42 cas par 100.000 habitants. En effet une étude épidémiologique a été réalisée dans cette région afin de déterminer d'une part l'évolution de la leishmaniose cutanée et d'autre part l'impact des facteurs climatiques sur cette maladie.

5.1. Diagnostic biologique:

Le diagnostic biologique de la leishmaniose cutanée certitude repose sur la mise en évidence du parasite (amastigotes) par exam direct en microscopique.

A. Examen direct:

Cette méthode permet la recherche des amastigotes intracellulaires dans les macrophages sus frottis. Les formes amastigotes sont, soit contenues dans les cellules histiocytaires, soit extracellulaires (Murray *et al.*, 2005). Le diagnostic de certitude de la LC repose sur la mise en évidence du parasite (forme amastigote) dans les zones lésées. Il se fait au niveau de la bordure inflammatoire après décapage de la lésion en évitant les zones ulcérées ou surinfectées (Marty, 2009). C'est à la limite de la zone lésée qui est serrée entre le pouce et l'index jusqu'à provoquer une décoloration qu'on obtient le plus fréquemment des

MATERIEL ET METHODES

leishmanies (Chergaoui, 2011). Les produits décapités servent à la préparation d'un frottis qui, après fixation au méthanol, est coloré au May-Grunwald-Giemsa (MGG) (Carne, 2009) (Figure 6). L'observation est effectuée au microscope optique à fort grossissement ($\times 100$), à l'immersion (Arroub *et al.*, 2016). La microscopie semble être le meilleur examen pour le diagnostic de la maladie (Del Giudice *et al.*, 1998; Papot, 2007). Il est assez fréquent de ne pouvoir déceler le parasite dès l'examen direct pour peu que la lésion soit surinfectée ou le prélèvement mal effectué, particulièrement en dehors des centres spécialisés.

Pour cette raison, il est préférable de déceler en parallèle le produit pathogène par la mise en culture (Mihoubi *et al.*, 2006).

Bien que l'examen direct après coloration soit l'examen le plus adapté pour le diagnostic de la LC en zone d'endémie (Marty *et al.*, 2002), son taux de positivité n'est que de l'ordre de 20% (Singh et Sivakumar, 2003). La culture donne également des résultats assez remarquables, mais comporte un certain nombre d'inconvénients, notamment lorsque les lésions sont surinfectées (Pirmez *et al.*, 1999). La PCR en temps réel n'est pratiquée dans la LC qu'en cas de négativité de la microscopie (Mhamdi, 2013). Il est donc intéressant de compléter ces examens par un diagnostic moléculaire, la RT-PCR, en l'occurrence.

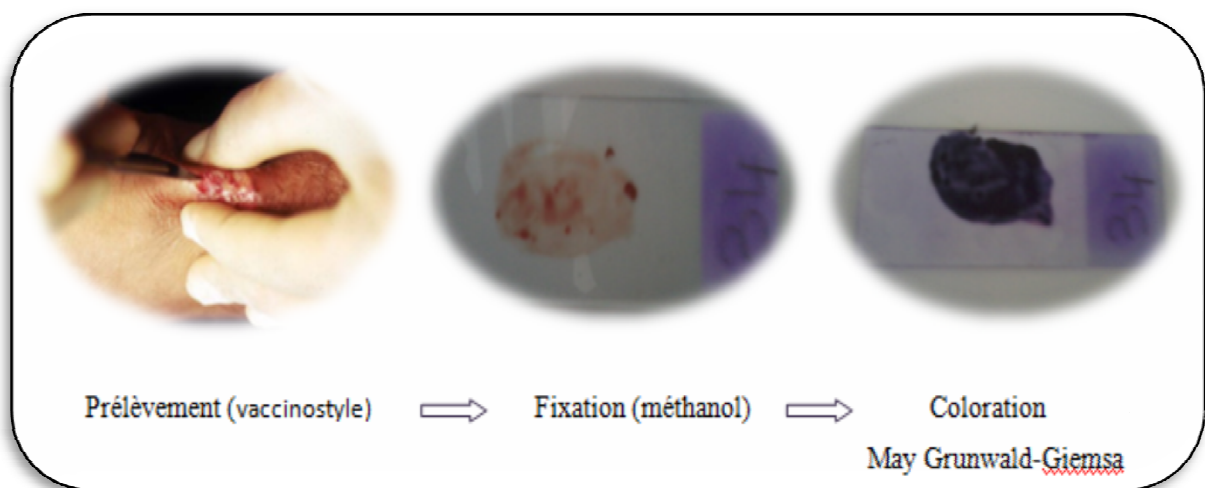


Figure 6: Etapes de la préparation de l'examen direct.

5.2. Enquête épidémiologique de la leishmaniose:

L'enquête épidémiologique de la leishmaniose est menée durant les dernières 10 années (2005/2014). Les données des cas de leishmaniose sont prélevées à partir de registres du laboratoire central d'hygiène (DSP) de Biskra. Les cas de leishmaniose sont recensés dans les différentes communes de la wilaya de Biskra en tenant compte de l'année, du mois, de l'âge et du sexe. Les données ont été soumises à des analyses statistiques, où le nombre de cas de la leishmaniose est décrit en fonction des différents facteurs climatique à l'aide d'un modèle linéaire (régression linéaire multiple), où le test de Student (*t-Student*) a mis en évidence la signification des coefficients du modèle au seuil 5%.

RESULTATS

III. RESULTATS :

1. Etude climatique:

1.1. Détermination de la période sèche:

L'exploitation des données climatiques nous a permis de déterminer la nature du climat durant la période d'étude (Mai 2012-Avril 2013). Le diagramme ombrothermique de Gausson montre qu'une sécheresse est présente durant cette période, avec une grande intensité du mois de Juin à Septembre (Figure 7).

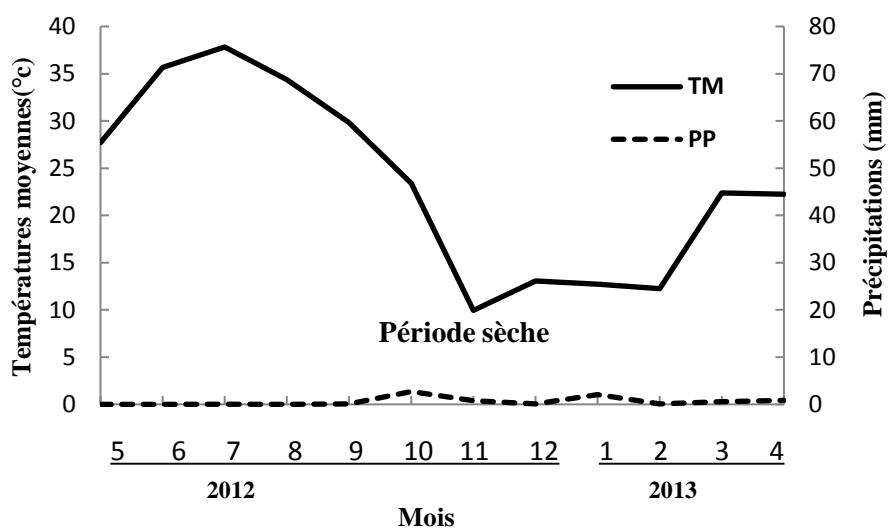


Figure 7: Diagramme Ombrothermique de Gausson de la période d'étude (Mai 2012-Avril 2013), de la région de Biskra.

1.2. Indice d'aridité:

L'indice d'aridité, estimé par la formule de De Martonne (Tableau 4), montre que la région de Biskra est généralement caractérisée par un climat sec, où presque toutes les moyennes des précipitations annuelles sont inférieures ou égales à 200 mm. L'exception est enregistrée durant les années 2011 et 2013; où de fortes averses se sont abattues sur la région, ce qui explique la moyenne annuelle des précipitations est relativement supérieure par rapport aux autres années (Tableau 6).

RESULTATS

Tableau 6: Indice d'aridité de la région de Biskra pour les années 2009-2014.

Année	P (mm)	T (°C)	I_{DM}	Climat
2009	133,61	22,33	4,13	Sec
2010	198,88	22,74	6,07	Sec
2011	252,72	22,56	7,76	Sec
2012	125,98	23,28	3,79	Sec
2013	204,49	22,83	6,23	Sec
2014	63,76	23,44	1,91	Sec
2009-2014	163,24	22,87	4,97	Sec

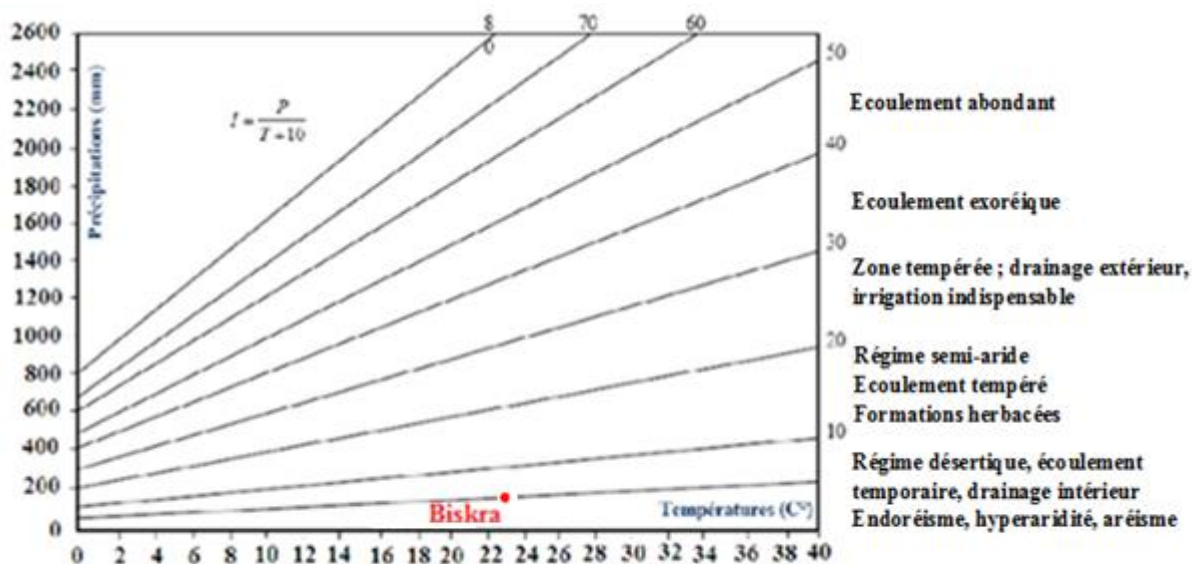


Figure 8 : Abaque de l'indice d'aridité annuel De Martonne.

1.3. Détermination de l'étage bioclimatique:

L'étage bioclimatique est évalué par le climagramme d'Emberger, qui permet de situer la mise en place de la région de Biskra au niveau de l'étage correspondant. La place de région dans le climagramme confirme que cette région est caractérisée par un climat aride à hiver doux (Figure 9).

RESULTATS

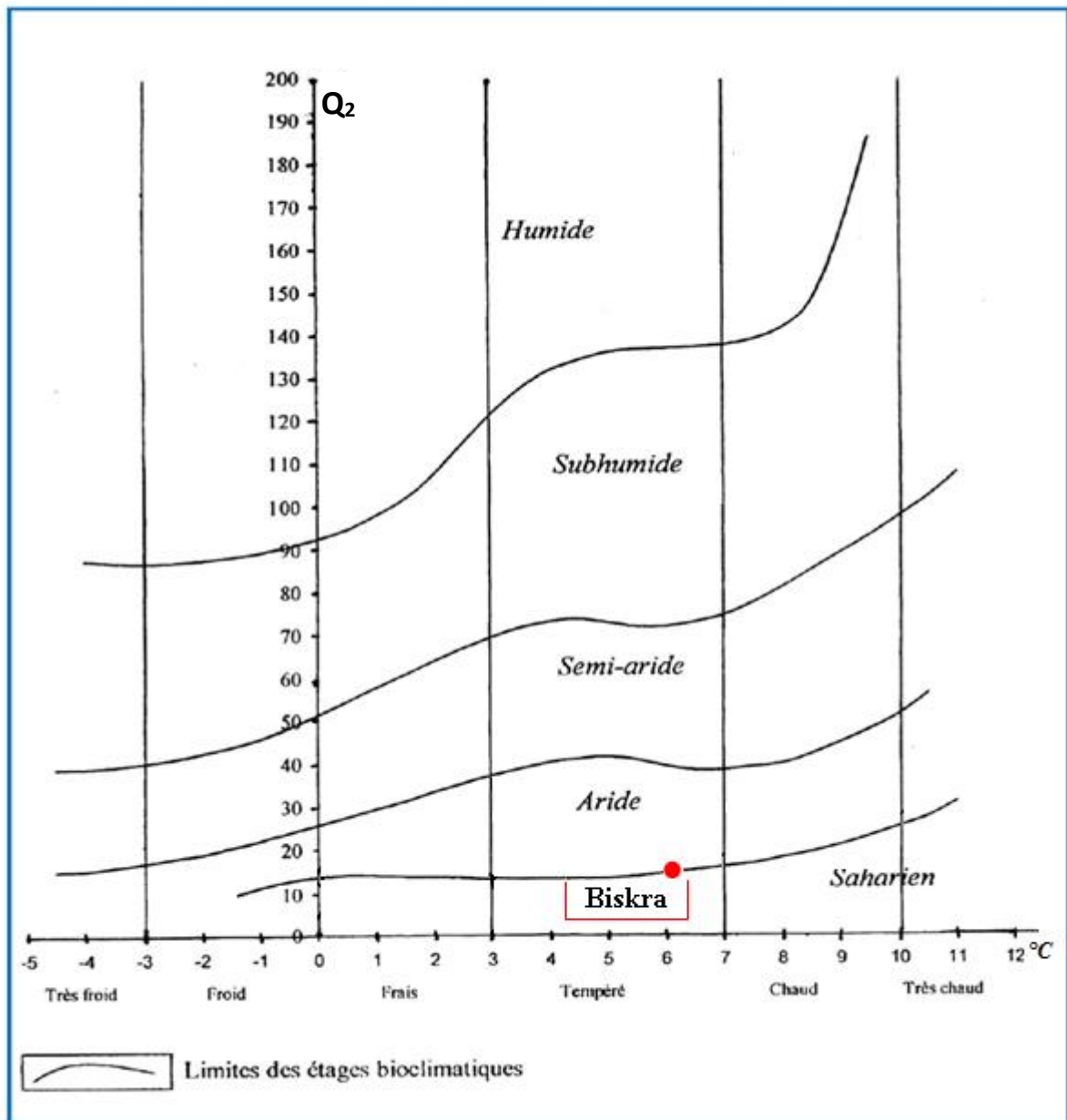


Figure 9: Climagramme d'Emberger pour la période d'étude (2005-2014).

L'exploitation des données climatiques en utilisant le diagramme ombrothermique de Gaussen, l'indice de De Martonne et le climagramme pluviométrique d'Emberger, indiquent que la région de Biskra est située dans l'étage bioclimatique aride caractérisée par un climat sec et une période sèche de manière intense durant toute l'année, qui permet de dire que cette région est caractérisée par un climat sec et aride.

RESULTATS

2. Etude systématique des phlébotomes:

2.1. Séparation des phlébotomes par sexe:

Les prélèvements effectués durant toute la période d'étude nous ont permis la collecte de 1458 adultes de phlébotomes. Les adultes de toute les espèces confondues, sont soumis à une séparation de sexe qui est basée essentiellement sur l'organe génital, la génitalia, qui est allongée chez les mâles (Figure 10 A) et simple chez les femelles (génitalia interne) (Figure 10 B).

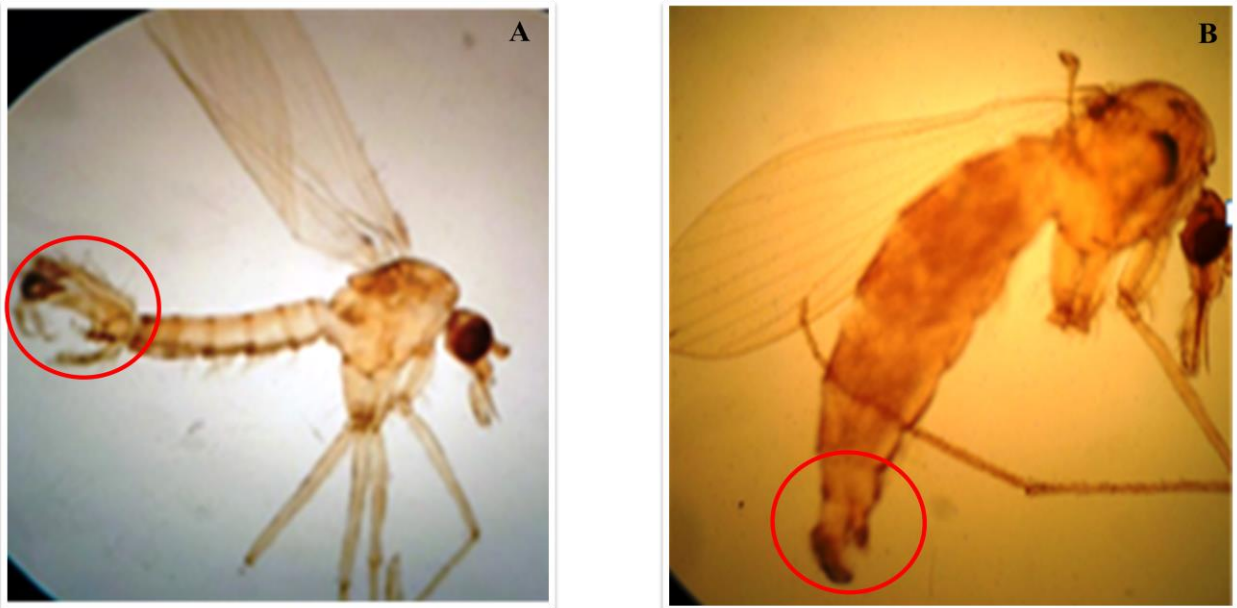


Figure 10: (A): Phlébotome adulte mâle (×100). (B) : Phlébotome adulte femelle (×100)
(Photos personnelles).

A partir des résultats obtenus, 1458 individus de phlébotomes ont été récoltés au niveau des différentes stations de la région de Biskra. L'étude systématique des phlébotomes basées sur les critères morphologiques (Dedet *et al.*, 1984; Boussaa, 2008) a permis d'identifier 10 espèces appartenant au 2 genres *Sergentomyia* et *Phlebotomus* (Tableau 7).

RESULTATS

Tableau 7 : Liste des espèces de phlébotomes inventoriées.

Genre <i>Phlebotomus</i>	Genre <i>Sergentomyia</i>
<i>Phlebotomus (phlebotomus) papatasi</i> (Scopoli, 1786)	<i>Sergentomyia (Sergentomyia) minuta</i> (Adler etTheodor, 1927)
<i>Phlebotomus (Phlebotomus) bergeroti</i> (Parrot, 1934)	<i>Sergentomyia (Sergentomyia) fallax</i> (Parrot, 1921)
<i>Phlebotomus (Paraphlebotomus) sergenti</i> (Parrot, 1917)	<i>Sergentomyia (Sergentomyia) antennata</i> (Newstead, 1912)
<i>Phlebotomus (Paraphlebotomus) alixandri</i> (Sinton, 1928)	<i>Sergentomyia (Sintonius) christophersi</i> (Sinton, 1927)
<i>Phlebotomus (Paraphebotomus) chabaudi</i> Croset, Abonnenc et Rioux, 1970)	
<i>Phlebotomus (Larroussius) perniciosus</i> (Newstead, 1911)	

2.2. Identification des espèces:

Les observations microscopiques des lames préparées nous ont permis d'identifier plusieurs espèces appartenant aux 2 genres, *Phlebotomus* et *Sergentomyia*. Les différentes espèces sont caractérisées par des structures morphologiques différentes. Les critères clés sur lesquelles l'identification est menée sont synthétisés pour chaque espèce.

A. Genre *Phlebotomus*:

L'identification du genre *Phlebotomus* est basée essentiellement sur:

- Présence des soies au niveau des tergites abdominaux II et VI qui sont uniformément dressées.
- Cibarium inerme.
- Style porteur de 4 à 5 épines insérées à des niveaux différents et dépourvu de soie caduque.

a. *Phlebotomus papatasi*:

Cette espèce est généralement caractérisée par sa grande taille d'une moyenne de 2,60 mm. Le mâle *Phlebotomus papatasi* est caractérisé par l'absence des dents cibariales et un génitalia bien développé avec des styles longs et grêles portant 5 épines courtes dont 3 terminales et 2 au tiers distal de leur bord inférieur (Figure 11B). Le coxite de l'espèce porte une touffe de 12 soies longues bien différenciées et un petit tubercule avec quelque touffe de

RESULTATS

soies courtes (6 ou plus) à sa fin (Figure 11C). La valve pénienne courte avec une extrémité mousse. Lobe basale port à l'extrémité 2 épine. Le pharynx de *P. papatasi* femelle est orné de denticules larges sur les bords et plus petits au milieu. Le pharynx postérieur est armé d'une plage de dents écailleuses irrégulières dans leur forme et leur implantation. La spermathèque de la femelle est segmentée (6 à 10 segments) sans col (Figure 11F).

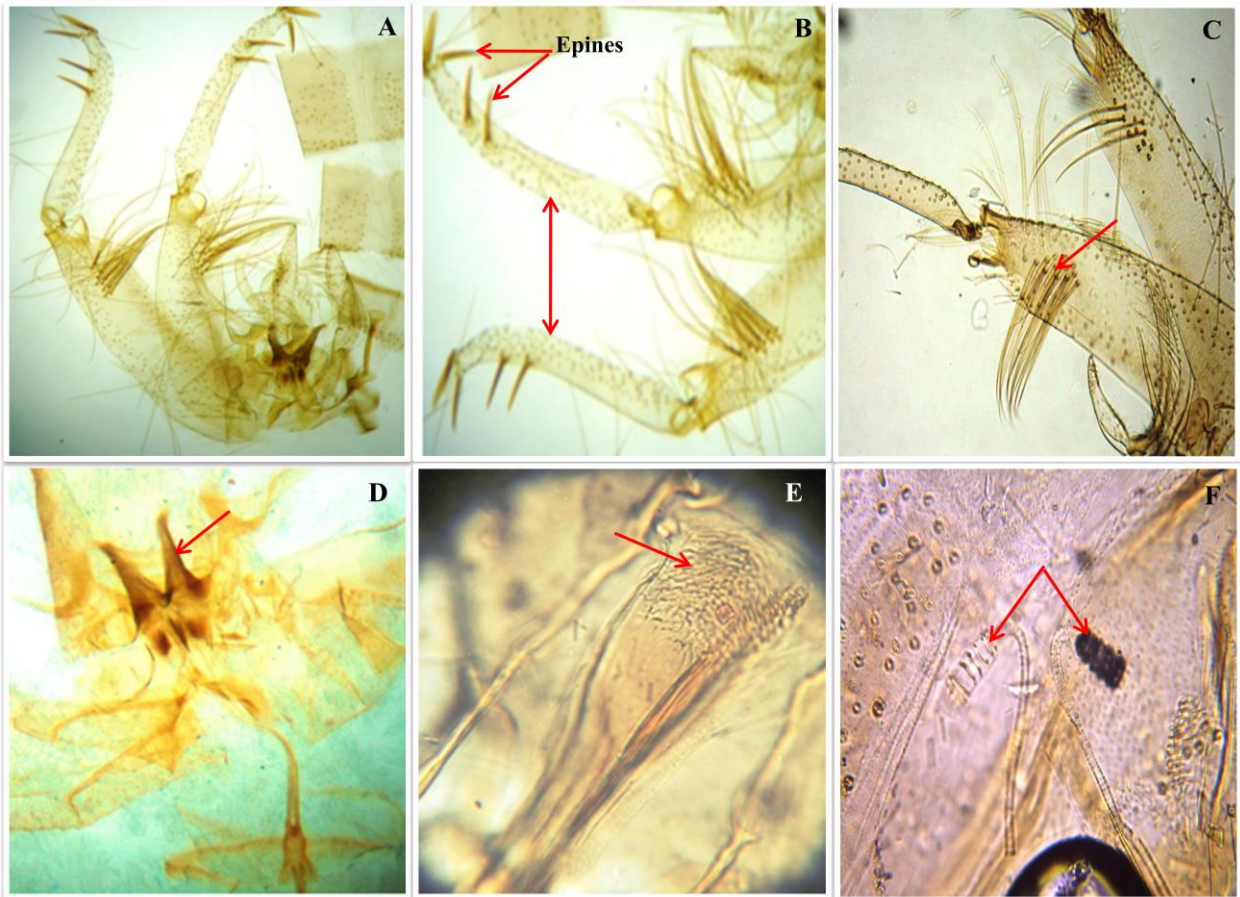


Figure 11: Critères d'identifications morphologiques de *Phlebotomus papatasi*:
A. Genitalia mâle ($\times 100$); B. Styles ($\times 400$); C. Touffe de soies ($\times 400$);
D. valve ($\times 400$); E. Pharynx de la femelle ($\times 400$); F. Spermathèques ($\times 400$)
(Photos personnelles).

b. *Phlebotomus bergeroti*:

Le génitalia mâle de *P. bergeroti* se distingue de celui de l'espèce affine *P. papatasi* (Scopoli, 1786) par la position relative des deux épines proximale et des styles. Ces derniers portant 5 épines courtes: 2 terminales, 1 subterminale et 2 situées sur le tiers distal du segment, valve pénienne en lame aigüe, transparente, non recourbée à l'apex, le coxite porte

RESULTATS

ver la partie postérieure de sa face interne un placard de 6 à 7 soies longues bien différenciées et à sa base interne un tout petit lobe muni de quelques soies très courtes (Figure 12).

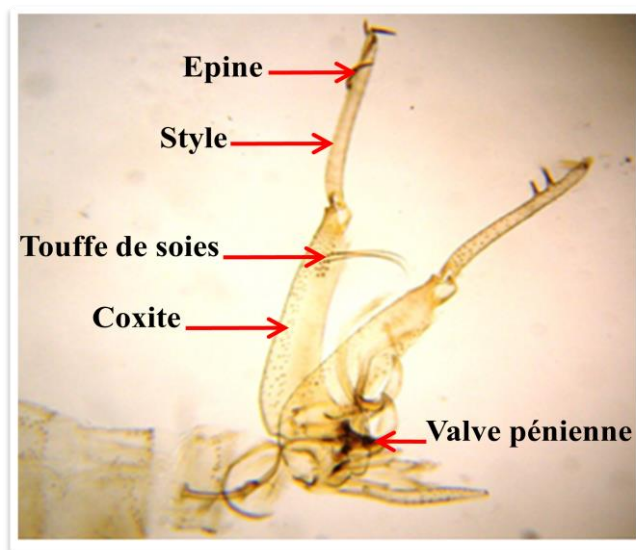


Figure 12: Critères d'identifications morphologiques de *Phlebotomus bergeroti*:
Génitalia mâle (x100) (Photo personnelle).

c. *Phlébotomus sergenti*:

Le mâle est décrit pour la première fois en Algérie (Parrot, 1917), la femelle au Portugal (França, 1918). Le style de génitalia mâle est court et trapus, porte 4 épines dont 2 au niveau terminale (Figure 13B). La valve pénienne en cône court à l'extrémité mousse et légèrement recourbé (Figure 13C). Le lobe basal de taille moyenne peu élargi à l'apex à soies courtes (Figure 13D). Le lobe latéral est plus long que le coxite. Chez la femelle *Phlébotomus sergenti*, le pharynx (Figure 14A) postérieur présente une armature occupant moins d'un quart de la surface pharyngienne et il est formé de fortes écailles. La spermathèque est segmentée (3-7 segments) et sans col (Figure 14B).

RESULTATS



Figure 13: Critères d'identifications morphologiques de *Phlébotomus sergenti*:

A. Génitalia mâle ($\times 100$); **B.** Style ($\times 400$); **C.** Valve pénienne ($\times 400$);

D. Lobe basale ($\times 400$); (Photos personnelles).

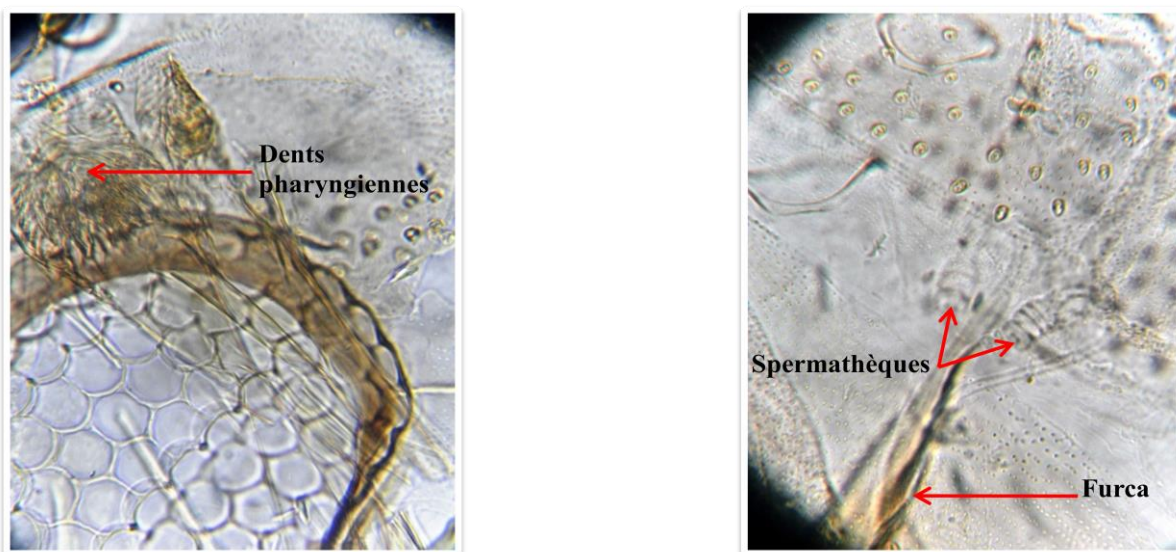


Figure 14: Critères d'identifications morphologiques de *Phlébotomus sergenti* femelle:

A. Pharynx ($\times 400$), **B.** Spermathèques ($\times 400$) (Photos personnelles).

RESULTATS

d. *Phlebotomus alexandri*:

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 (Figure 15). La femelle possède une spermathèque annelée de 5 à 7 anneaux.

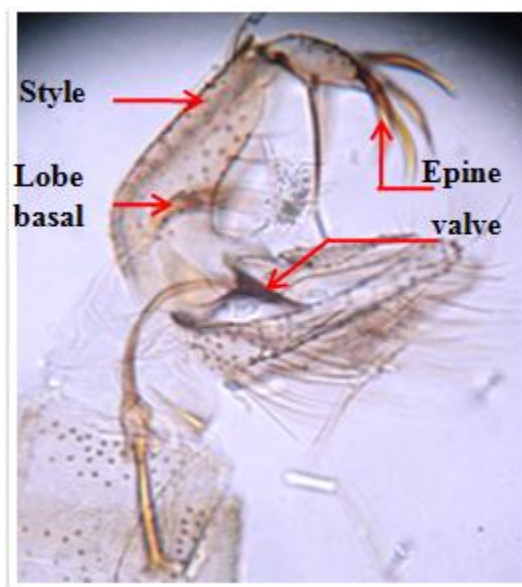


Figure 15: Critères d'identifications morphologiques de *Phlebotomus alexandri*:

Génitalia mâle (x100) (Photo personnelle).

e. *Phlebotomus chabaudi*:

Selon Dedet et *al.* (1984), cette espèce a été décrite en 1970 à partir d'un seul mâle; la femelle n'est connue que depuis 1974. Le mâle est caractérisé par un style à 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 pénienues effilées en lame de poignard (Figure 16). La femelle caractérisée par une spermathèque de 6 à 8 anneaux, munie d'une collerette terminale.

Figure 16: Critères d'identifications morphologiques de *Phlebotomus chabaudi*:
Génitalia mâle (x100) (Photo personnelle).

f. Phlebotomus perniciosus:

La détermination du mâle de *Phlebotomus perniciosus* est basée sur le style qui est composé de 5 épines bien développées, dont 2 terminales et 3 situées à peu près au même niveau vers le milieu du segment (Figure 17B), les valves péniennes bifurquées à extrémité pointue (Figure 17C). Chez les femelles, la spermathèque est composée de 7 à 12 anneaux (Figure 17D).

RESULTATS

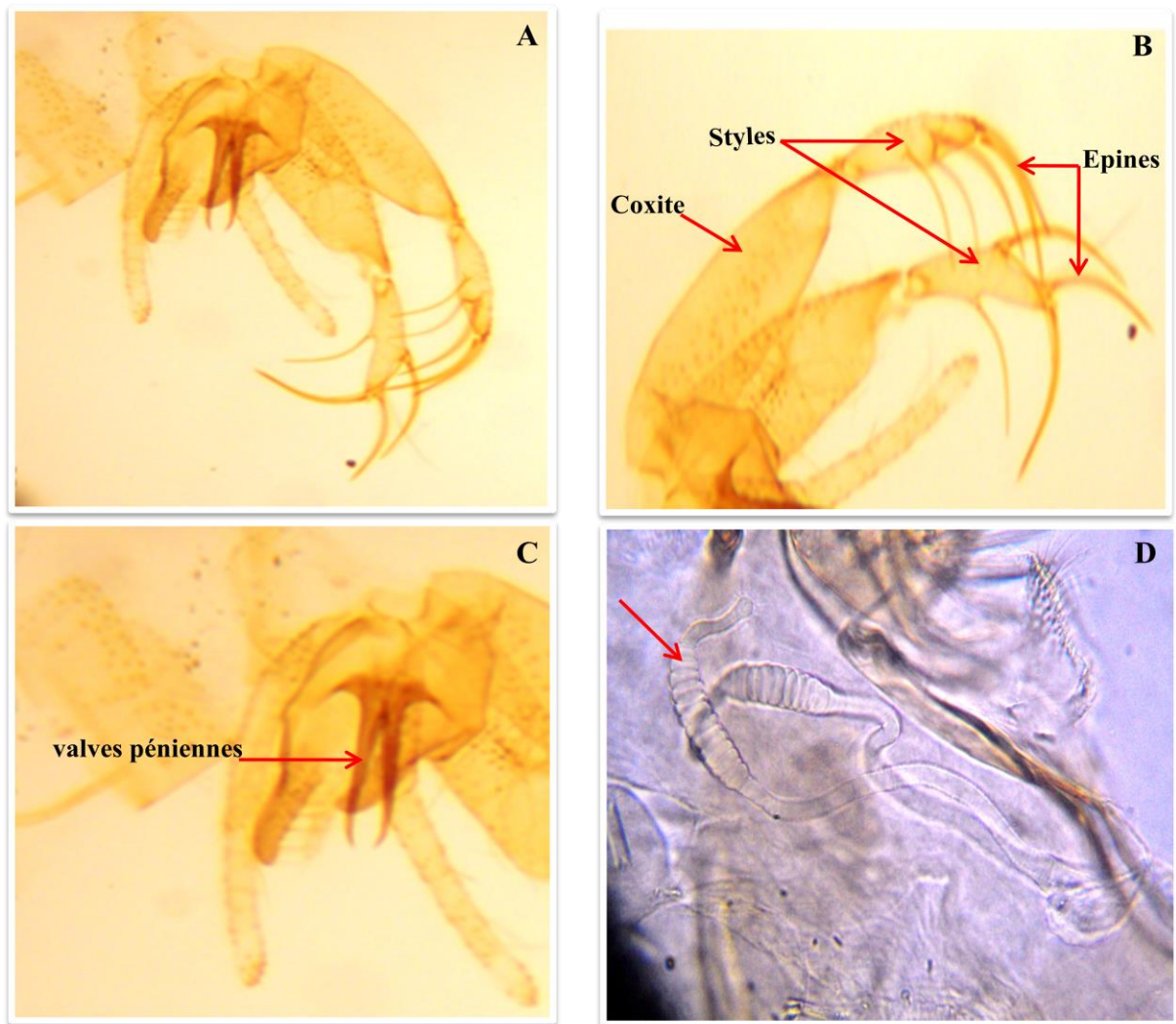


Figure 17: Critères d'identifications morphologiques de *Phlebotomus perniciosus*:
A. Génitalia mâle ($\times 100$); **B.** Styles ($\times 400$); **C.** Valves péniennes ($\times 400$);
D. Spermathèque ($\times 400$) (Photos personnelles).

B. Genre *Sergentomyia*:

L'identification du genre *Sergentomyia* est basée sur des critères morphologiques qui sont résumés en:

- Soies des tergites abdominaux II et VI uniformément couchées.
- Cibarium armé de dents.
- Style à 4 épines insérées terminales fortes et une soie non caduque.

RESULTATS

a. *Sergentomyia minuta*:

Au niveau de la tête (Figure 18A); on observe le cibarium armé des dents déposées sur une ligne droite légèrement concave en arrière. Le génitalia mâle de *S.minuta* (Figure 18B) est caractérisé par une valve pénienne épaisse digitiforme arrondie à l'apex (Figure 18C). Le style court porte 4 épines terminales groupées et une soie non caduque insérée au niveau du tiers apical (Figure 18D). Chez la femelle de l'espèce *Sergentomyia minuta*, l'armature cibariale est très développée (Figure 19B). Elle est sous forme d'une rangée transversale régulière de 70 à 90 dents quadrangulaires, sur lesquelles se surimpose une plaque pigmentée ovale à grand axe transversal. Le pharynx (Figure 19C) porte de très fins denticules acérés, les spermathèques sont lisses et sans réservoir différencié (Figure 19D).

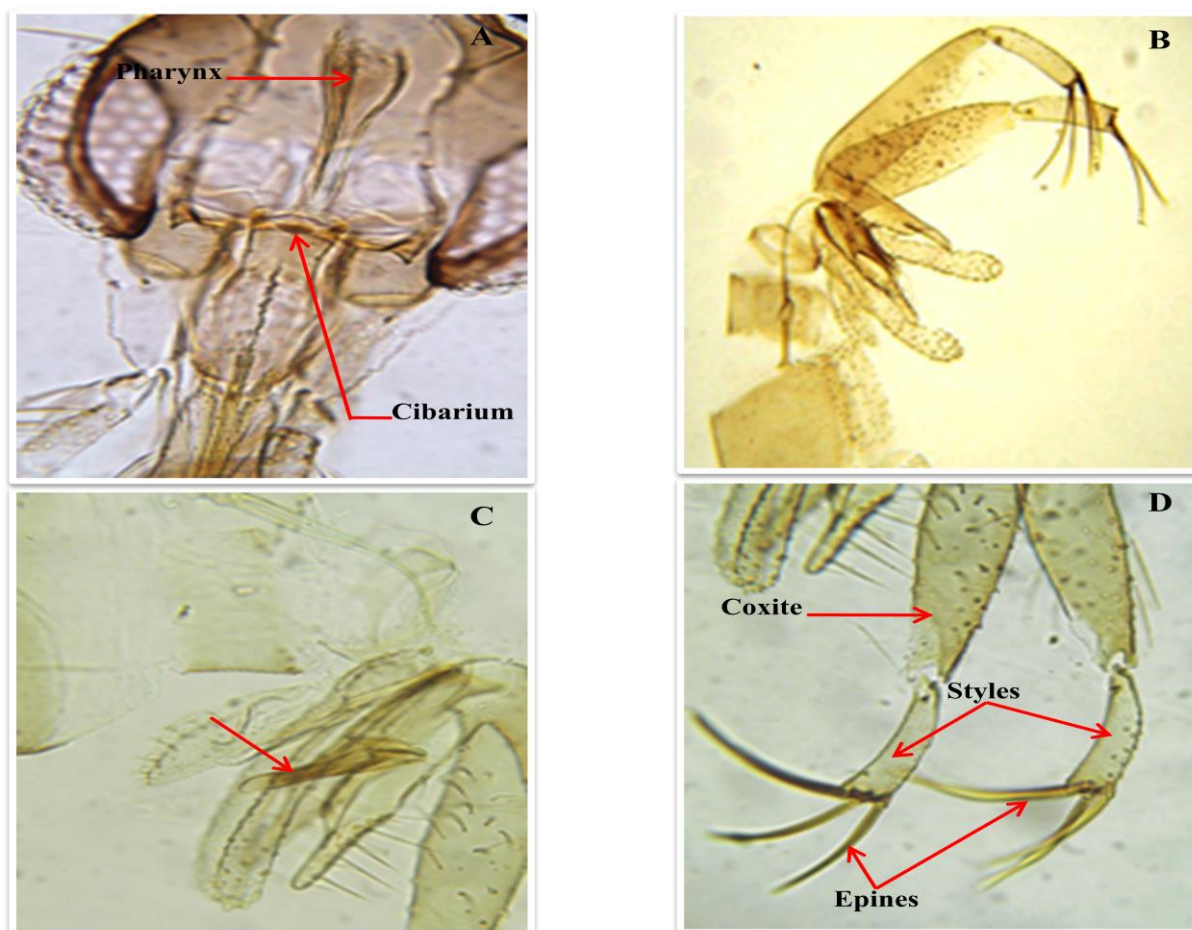


Figure 18: Critères d'identifications morphologiques de *Sergentomyia minuta*: **A.** Tête de mâle ($\times 400$); **B.** Génitalia mâle ($\times 100$); **C.** Valve pénienne ($\times 400$); **D.** Styles ($\times 400$) (Photos personnelles).

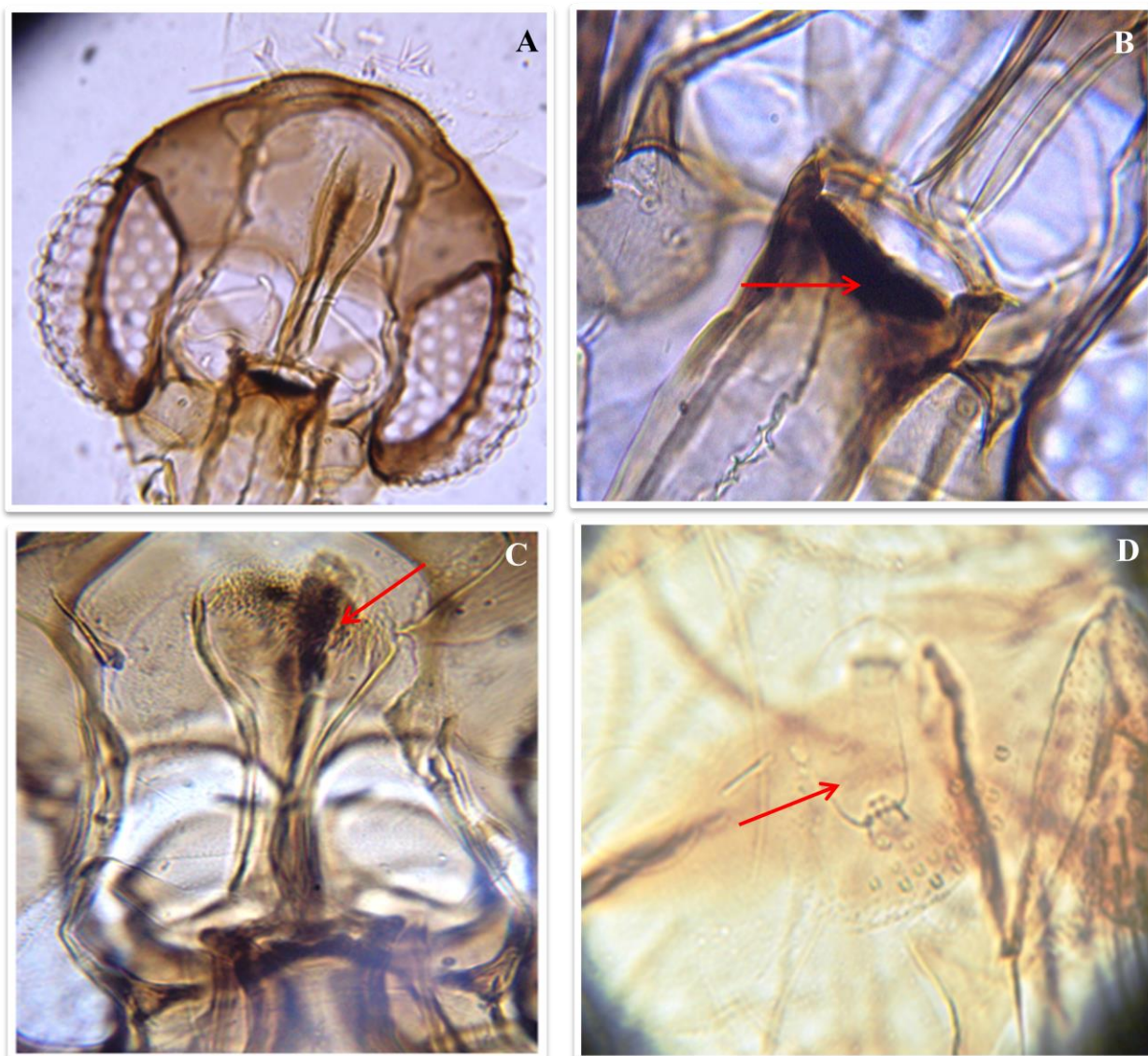


Figure 19: Critères d'identifications morphologiques de *Sergentomyia minuta*: **A.** Tête de la femelle (×400); **B.** Cibarium (×400); **C.** Pharynx (×400); **D.** spermathèques (×400) (Photos personnelles).

b. *Sergentomyia antennata*:

Le mâle de *Sergentomyia antennata*, caractérisé par un cibarium (Figure 19A), porte une rangée irrégulière de 12 à 18 dents plus ou moins fortes, de morphologie très variable. Le pharynx (Figure 20A) présente dans sa partie postérieure des denticules assez forts. L'armature génitale du mâle est proche de celle de *S. minuta* parroti (Figure 20B), le style trapu porte 4 épines apicales et une soie antérieure grêle insérée vers le point d'union (Figure 19C), La valve digitiforme est renflée vers l'extrémité distale (Figure 20D). Le cibarium de la femelle *Sergentomyia antennata* présente une rangée de dents (Figure 21A) monomorphes

RESULTATS

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 (Figure 20A) 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 (Figure 21B) est tubulaire et lisse comme pour le genre *Sergentomyia*.

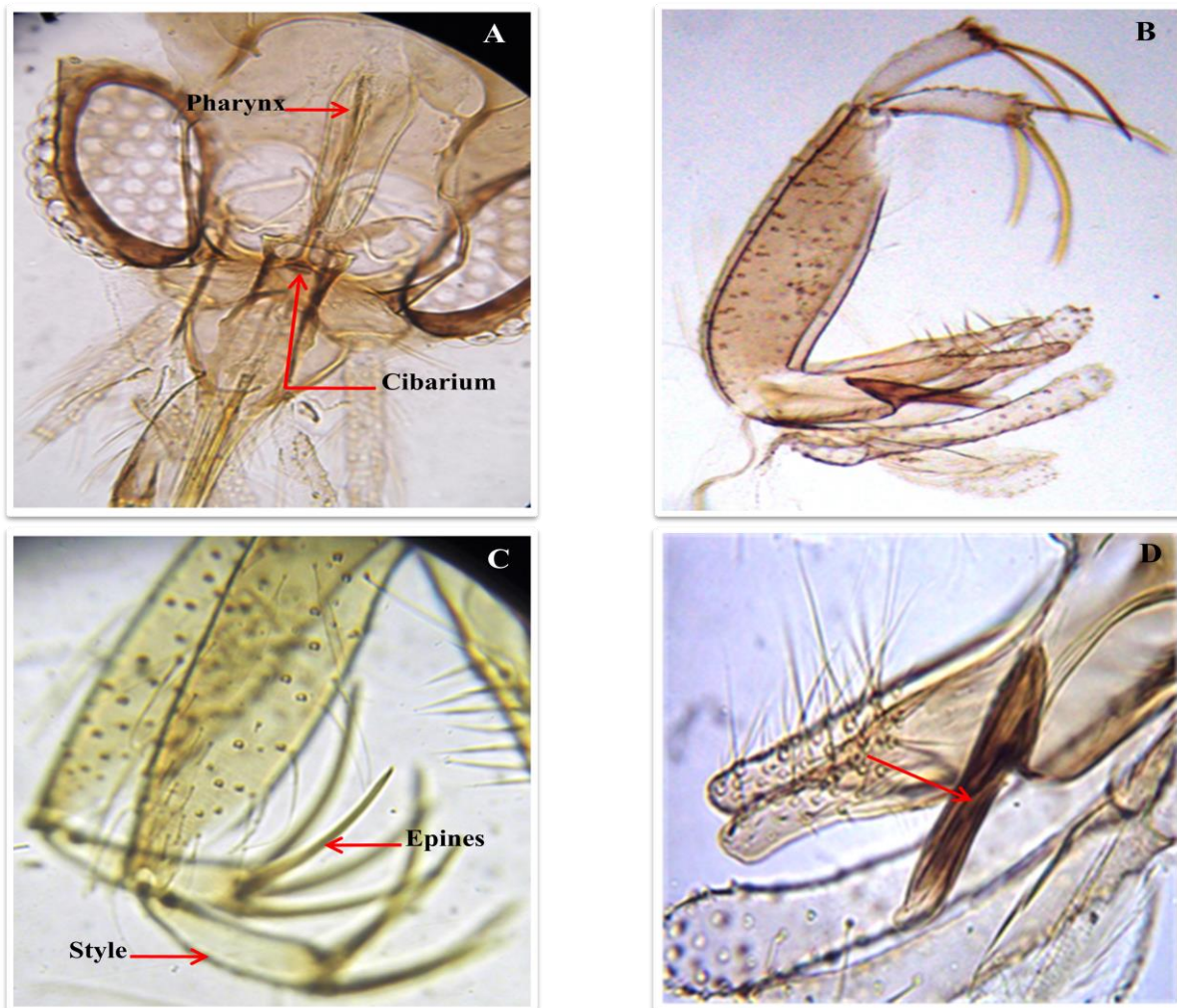


Figure 20: Critères d'identifications morphologiques de *Sergentomyia antennata*: **A.** Tête de mâle ($\times 400$); **B.** Génitalia mâle ($\times 100$); **C.** Coxite ($\times 400$); **D.** Valve ($\times 400$) (Photos personnelles).

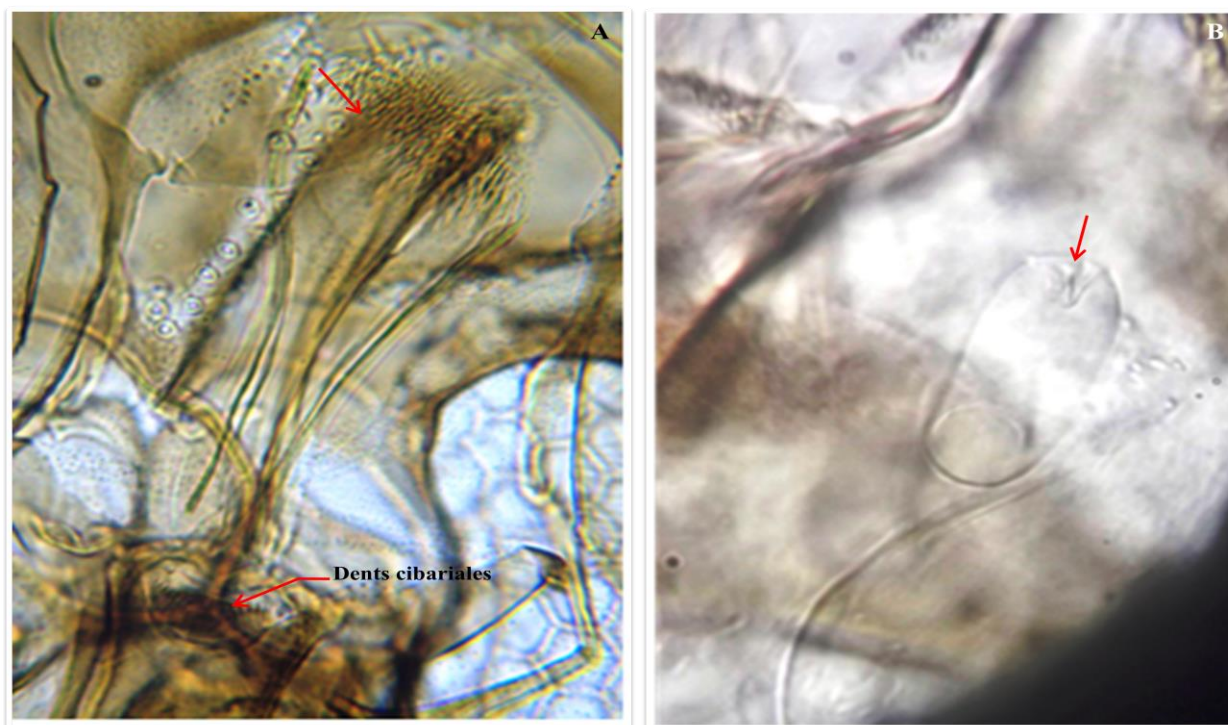


Figure 21: Critères d'identifications morphologiques de *Sergentomyia antennata*:

A. Pharynx ($\times 400$); B. Spermathèques ($\times 400$) (Photos personnelles).

c. *Sergentomyia fallax*:

Décrite en Algérie par Parrot en 1921, d'après des exemplaires males de Mc Mahon (AinTouta-Batna) comme une variété de *S. munita*, elle est élevée au rang d'espèce par le même auteur. Le mâle de *S. fallax* est caractérisé par un style typiquement long et fin, porte 4 épines terminales et une soie non caduque très courte insérée tout pré les épines (Figure 22A). Le pharynx cordiforme est fortement encoché dans sa partie postérieure (Figure 22B). La valve pénienne digitiforme est légèrement renflée vers l'extrémité distale et un peut courte que la valve de *S. antennata*(Figure 22C). Le cibarium armé possède 16 à 18 dents aigues disposées suivant un arc de cercle assez fortement concave vers l'arrière, et une plage pigmentée brune, les médianes sont un peu plus courts. La femelle est caractérisée par un pharynx cordiforme, fortement encoché dans sa partie postérieure (Figure 23A); un cibarium armé possédant 18 à 21 dents (Figure 23B), les médianes, à peine plus courtes et plus étroites que les latérales, le plus souvent égales à celles-ci; sont disposées suivant un arc de cercle concave vers l'arrière. Des spermathèques tubulaires, à parois lisses (Figure 23C).

RESULTATS

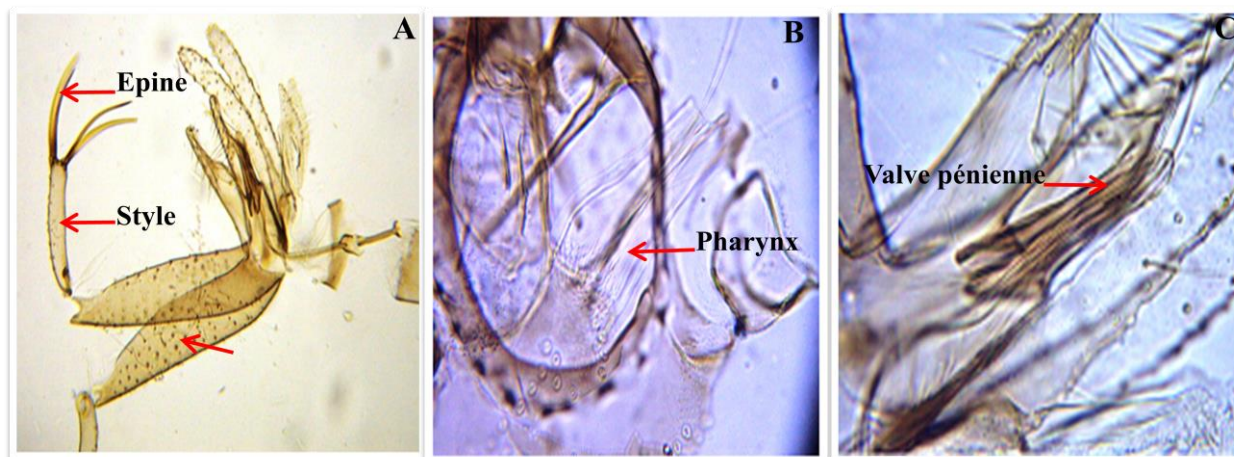


Figure 22: Critères d'identifications morphologiques de *Sergentomyia fallax*: **A:** Génitalia mâle (x100); **B.** Pharynx (x400); **C.** Valve pénienne (x400) (Photos personnelles).

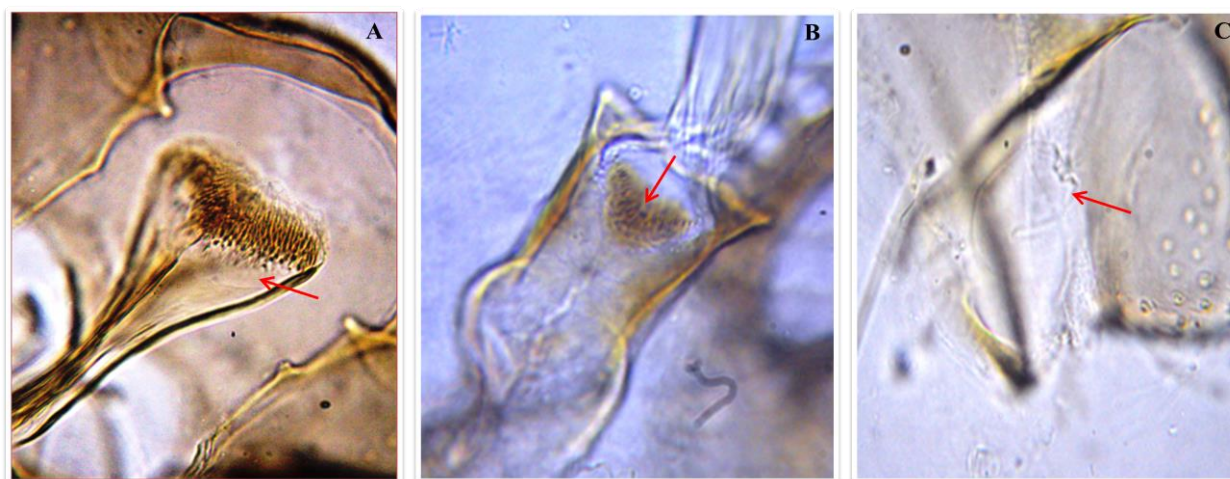


Figure 23: Critères d'identifications morphologiques de *Sergentomyia fallax*: **A.** Pharynx de femelle (x400); **B.** Cibarium de femelle (x400); **C.** Spermathèque (x400) (Photos personnelles).

d. *Sergentomyia christophersi*:

Genitalia mâle de type Sintoni: style porteur de 2 épines terminales et 2 épines subterminales et d'une soie non caduque ventrale (Figure 24B); valves péniennes en forme de cane courte, effilée à l'apex. Cibarium armé de 2 à 3 dents courtes et fortes et d'une série de denticules plus ou moins fins, disposés sans ordre (Figure 24C). Chez la femelle de cette espèce, la spermathèque est annelée (7 ou 8 anneaux) (Figure 25B), et dépourvue de col;

RESULTATS

cibarium armé d'une rangée de 4 à 7 dents fortes et aiguës et, plus en avant, d'une rangée de 4 à 5 denticules punctiformes.

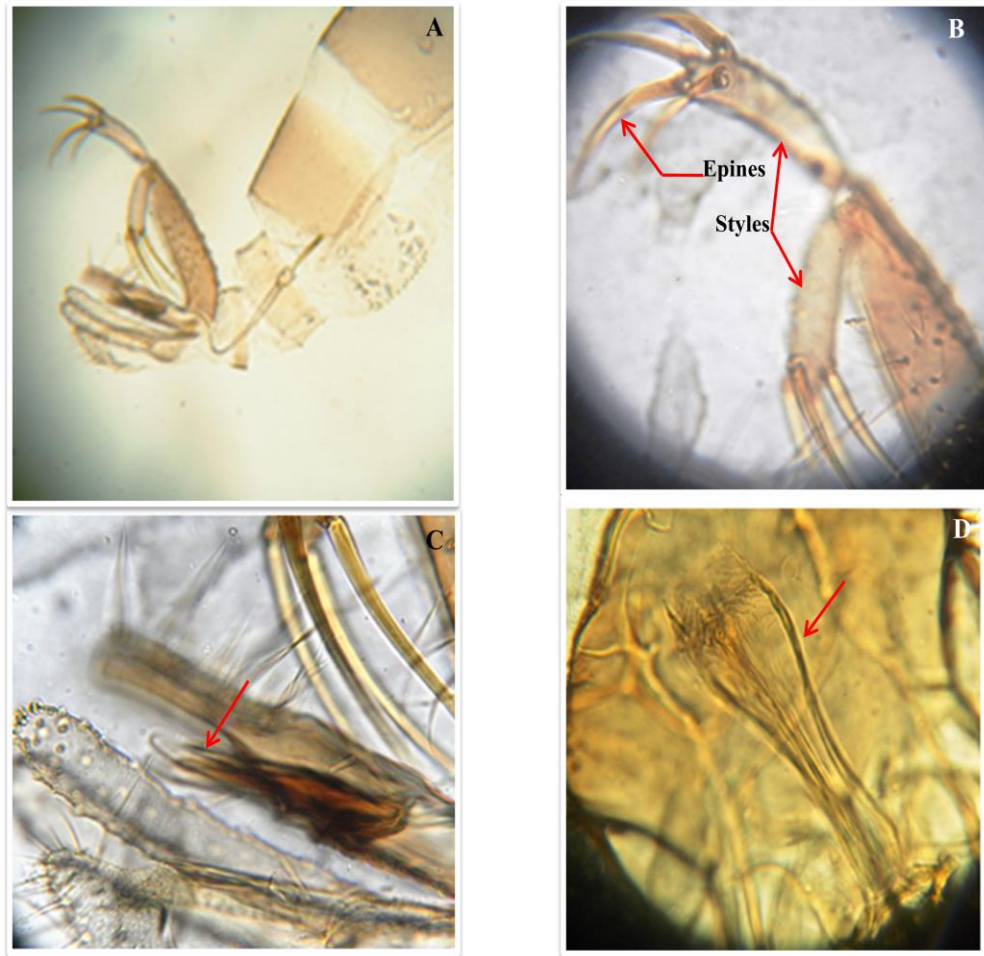


Figure 24: Critères d'identifications morphologiques de *Sergentomyia christophersi*:
A. Génitalia mâle (×100); **B.** Style (×400); **C.** Valve (×400); **D.** Pharynx (×400)
(Photos personnelles).

RESULTATS

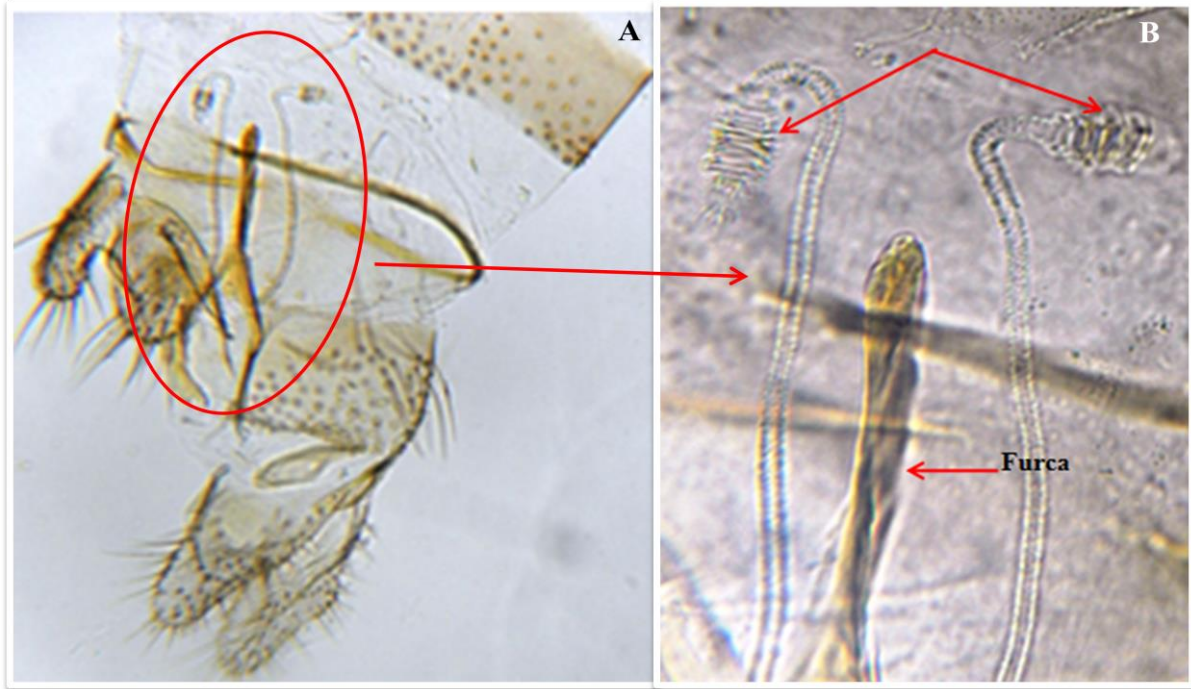


Figure 25: Critères d'identifications morphologiques de *Sergentomyia christophersi*:
A. Génitalia femelle ($\times 100$); B. Spermathèques ($\times 400$) (Photos personnelles).

3. Etude Ecologique:

3.1. Indices écologiques:

A. Fréquence des phlébotomes en fonction du genre:

Le genre *Sergentomyia* représentant 52.67% des captures regroupant 1458 spécimens est légèrement prédominant, et représenté par 4 espèces (*S. minuta*, *S. antennata*, *S. fallax* et *S. christophersi*), alors que le genre *Phlebotomus* est de 47.32%, et représenté par 6 espèces ou *P. papatasi* est la mieux représentée (Figure 26). En Algérie, seules les espèces du genre *Phlebotomus* sont impliquées dans la transmission des leishmanioses.

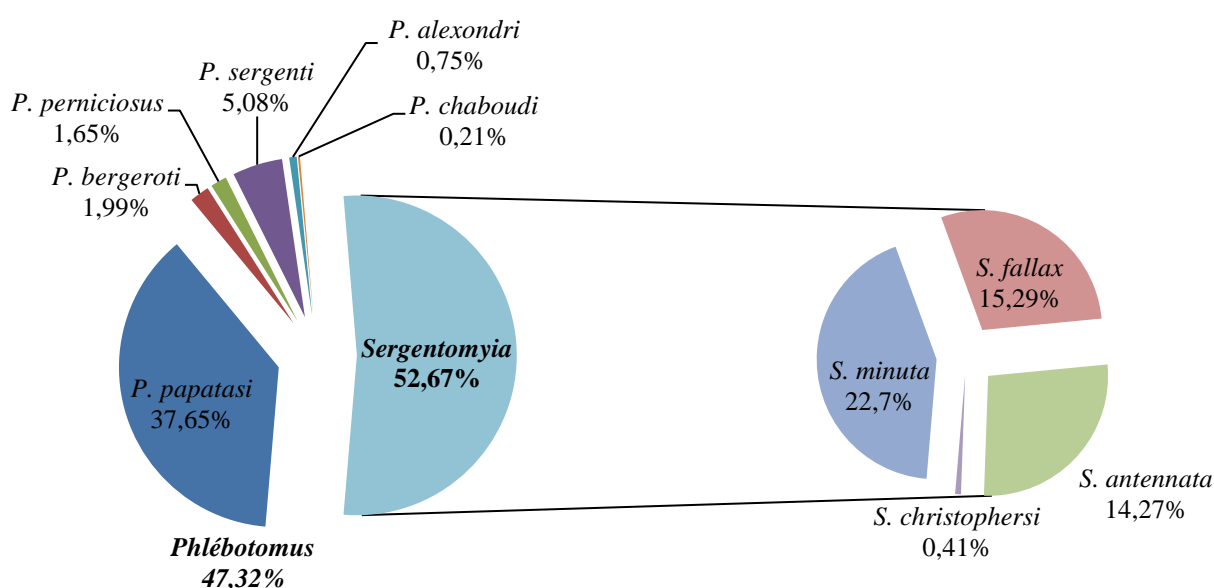


Figure 26: Abondances numériques des genres et d'espèces de Phlébotomes récoltés au niveau des 15 stations d'étude.

B. Abondance, densité et présence spatiale des espèces:

Le total de 1458 individus d'adultes de phlébotomes collectés a servi d'étudier les différents indices écologiques. La répartition des espèces est inconstante dans les différentes stations. On constate que l'abondance relative de chaque espèce est comme suit: *P. papatasi* (37,65%), *S. minuta* (22,70%), *S. fallax* (15,29%), *S. antennata* (14,27%), *P. sergenti* (05,08%), *P. bergeroti* (01,75%), *P. perniciosus* (01,65%), *P. alexandri* (00,75%), *S. christophersi* (00,41%), *P. chaboudi* (00,21%) (Tableau 8a, b).

La densité des phlébotomes capturés est très inégale; les plus importantes sont enregistrées dans les stations Oumeche, Filieche, El-kantara, Sidighzel, Ain Zaatout, Lioua,

RESULTATS

Djemourah et Ourellal avec 30,64, 29,91, 22,68, 22,32, 21,97, 18,53, 17,64 et 16,98 ind./m²/nuit, respectivement, alors qu'elle était faible dans les sites de Sidi Khaled, Alhadjeb, Bouchegroune et Eloutaya avec 14,94, 11,02, 9,33 et 7,67 ind./m²/nuit, respectivement, et elle était très faible dans d'autres comme Sidi Okba (2,59), Alalia (2,41) et Rasselmaid (0,94) (Tableau 8a,b).

P. papatasi et *S. minuta* sont les deux espèces les plus communes, montrant la plus large distribution géographique indiquée par ces hautes fréquences d'occurrence (C=100% et C=93%). Récoltées dans 15/15 et 14/15 des sites prospectés, respectivement, elles sont suivies par le groupe des 3 espèces : *S. fallax*, *S. antennata* et *P. sergenti*. Ces dernières sont très largement répandues, rencontrées dans 12/15, 11/15 et 10/15 des sites prospectés, soit C=80%, 73,33% et 66,67%, respectivement. L'espèce *P. bergeroti* du genre *Phlebotomus* a marqué une présence importante avec C=46,67%, alors que les deux espèces *P. perniciosus* et *P. alexandri* sont faiblement représentées, C=40 % et C=33,33%, respectivement. Le reste des espèces, *S. Christophersi* et *P. chaboudi*, sont très faiblement représentées, avec un degré de présence $C \leq 20\%$, ce qui fait qu'elles sont accidentelles dans la région (Tableau 8a, b).

RESULTATS

Tableau 8a: Répartition des espèces du genre *Phlebotomus* capturées dans les stations étudiées.

N: Nombre d'individus capturés, *RA*: abondance relative (%) d'espèces/site, *D*: densité des espèces (Ind./m²/nuite).

Station	Code	Surface (m ²)	<i>P. perniciosus</i>			<i>P. sergenti</i>			<i>P. chaboudi</i>			<i>P. papatasi</i>			<i>P. bergeroti</i>			<i>P. alexandri</i>		
			<i>N</i>	<i>RA</i> (%)	<i>D</i>	<i>N</i>	<i>RA</i>	<i>D</i>	<i>N</i>	<i>RA</i>	<i>D</i>	<i>N</i>	<i>RA</i>	<i>D</i>	<i>N</i>	<i>RA</i>	<i>D</i>	<i>N</i>	<i>RA</i>	<i>D</i>
S1	G	23,64	2	0,44	00,09	32	7,11	01,46	0	0,00	00,00	163	36,22	07,46	4	0,89	00,18	0	0,00	00,00
S2	H	8,42	0	0,00	00,00	5	3,45	00,68	0	0,00	00,00	65	44,83	08,89	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00
S3	J	2,74	0	0,00	00,00	4	6,98	01,64	2	4,65	01,09	15	32,56	07,66	3	6,98	01,64	0	0,00	00,00
S4	F	4,18	2	5,00	00,84	2	5,00	00,84	0	0,00	00,00	13	32,50	05,47	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00
S5	B	10,67	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00	9	29,38	13,31	10	2,50	01,13	3	0,63	00,28
S6	C	4,62	0	0,00	00,00	3	1,94	00,51	0	0,00	00,00	68	60,19	15,91	0	0,00	00,00	3	1,94	00,51
S7	I	6,30	1	0,50	00,30	15	7,50	04,56	0	0,00	00,00	70	35,00	21,29	5	2,50	01,52	0	0,00	00,00
S8	A	1,25	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00	1	33,33	01,64	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00
S9	E	2,99	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00	18	54,55	07,04	2	3,03	00,39	2	6,06	00,78
S10	D	1,93	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00	4	80,00	03,28	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00
S11	L	2,87	0	0,00	00,00	2	9,09	01,17	0	0,00	00,00	7	31,82	04,11	1	4,55	00,59	0	0,00	00,00
S12	M	2,56	10	15,52	07,39	8	12,07	05,75	1	1,72	00,82	16	27,59	13,14	4	6,90	03,28	2	3,45	01,64
S13	N	1,25	6	18,18	06,57	1	4,55	01,64	0	0,00	00,00	8	36,36	13,14	0	0,00	00,00	1	4,55	01,64
S14	O	1,68	3	8,11	02,90	2	5,41	01,93	0	0,00	00,00	7	18,92	06,76	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00
S15	K	2,12	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00	1	50,00	00,97	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00
Chi ² value (χ^2_{15})			11,85	21,79	6,00	119,00	12,71	13,45	0,33	0,20	0,000	824,37	79,34	51,34	9,53	5,92	1,55	0,44	5,05	0,66
ddl			5	4	3	9	9	9	1	1	1	14	14	14	6	6	4	4	4	3
<i>P</i> -value			0,037	<0,001	0,112	<0,001	0,176	0,143	0,564	0,655	1,000	<0,001	<0,001	<0,001	0,145	0,432	0,817	0,979	0,281	0,881
<i>N</i> Total de l'espèce			24			74			3			549			29			11		
<i>N</i> (%)			1,65			5,08			0,21			37,65			1,99			0,75		
Total of <i>D</i>			18,09			20,20			01,92			130,05			08,74			04,86		
Moy <i>RA</i> (%)			3,29			4,39			0,43			41,53			1,92			1,15		
Occurrence (%)			40			66,67			13,33			100			46,67			33,33		
Classe d' occurrence			Rare			Frequente			Sporadique			Constante			Moderée			Rare		

RESULTATS

Tableau 8b. Répartition des espèces du genre *Sergentomyia* capturées dans les stations étudiées.

N: Nombre d'individus capturés, *RA*: abondance relative (%) d'espèces/site, *D*: densité des espèces (Ind./m²/nuit)

Station	Surface (m ²)	<i>S. fallax</i>			<i>S. minuta</i>			<i>S. antennata</i>			<i>S. Christophersi</i>			Totale d'espèces des 2 genres	
		N	RA	D	N	RA	D	N	RA	D	N	RA	D	N	D
S1	23,64	53	11,78	02,42	119	26,44	05,44	65	14,44	02,97	0	0,00	00,00	438	18,53
S2	8,42	19	13,10	02,60	33	22,76	04,52	21	14,48	02,87	0	0,00	00,00	143	16,98
S3	2,74	4	9,30	02,19	5	11,63	02,74	4	9,30	02,19	4	9,30	02,19	41	14,94
S4	4,18	9	22,50	03,79	7	17,50	02,95	6	15,00	02,53	0	0,00	00,00	39	9,33
S5	10,67	68	21,25	09,63	81	25,39	10,76	50	19,75	07,08	1	0,31	00,14	319	29,91
S6	4,62	9	8,74	02,31	9	8,74	02,31	9	8,74	02,31	2	0,97	00,26	103	22,32
S7	6,30	47	23,50	14,29	38	19,68	11,25	17	8,80	04,56	0	0,00	00,00	193	30,64
S8	1,25	0	0,00	00,00	2	66,67	03,28	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00	3	2,41
S9	2,99	3	9,09	01,17	1	3,03	00,39	8	24,24	03,13	0	0,00	00,00	33	11,02
S10	1,93	1	20,00	00,82	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00	5	2,59
S11	2,87	0	0,00	00,00	5	22,73	02,93	6	27,27	03,52	0	0,00	00,00	22	7,67
S12	2,56	3	5,17	02,46	11	18,97	09,03	3	5,17	02,46	0	0,00	00,00	58	22,68
S13	1,25	4	18,18	06,57	3	13,64	04,93	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00	22	17,64
S14	1,68	3	8,11	02,90	16	43,24	15,45	6	16,22	05,80	0	0,00	00,00	37	21,97
S15	2,12	0	0,00	00,00	1	50,00	00,97	0	0,00	00,00	0	0,00	00,00	2	0,94
Chi ² -value (χ^2_{15})		327,22	35,76	42,41	664,34	149,68	37,57	244,09	33,69	7,85	10,71	2,00	3,00	3,57	171,02
ddl		11	11	11	13	13	12	10	10	10	1	1	2	1	14
P-value		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,643	0,001	0,157	0,223	0,059	<0,001
N Total		223			331			208				6		1458	
N (%)		15,29			22,70			14,27				0,41		100,00	
Total of D		51,15			76,95			39,42				02,59		364,98	
Moy RA (%)		11,83			23,52			11,01				0,78			
Occurrence (%)		80			93,33			73,33				20			
Classe d' occurrence		Fréquente			Constante			Fréquente			Sporadique				

RESULTATS

C. Occurrence d'espèces de phlébotomes récoltées:

Selon les valeurs d'occurrence, les résultats montrent clairement la présence de 5 classes d'occurrence des espèces récoltées (Tableau 9). La classe constante des espèces est représentée par *P. papatasi* (C= 100%) et *S. minuta* (C= 93,33%). La classe des espèces fréquemment distribuée est représentée par *S. fallax*, *S. antennata* et *P. sergenti* avec C= 80,00%, C= 73,33% et C= 66,67% respectivement. Une classe modérée des espèces est représenté seulement par *P. bergeroti* avec C= 46,67%. Les valeurs C de *P. perniciosus* (40%) et *P. alexandri* (33,33%) révèlent que leur distribution est rare, alors que celles de *S. christophersi* (13,33%) et *P. chaboudi* (20%) indiquent que celles-ci sont sporadiquement distribués dans les stations et la période d'étude (Tableau 9).

Table 9: Les classes d'occurrence d'espèces de phlébotomes recueillies dans la région d'étude au cours de la période d'étude (Mai 2012-Avril 2013).

Nom des espèces	C (%)	Classe d'occurrence	Nombre des espèces
<i>Phlebotomus papatasi</i>	100	Constante	2 espèces
<i>Sergentomyia minuta</i>	93,33	Constante	
<i>Sergentomyia fallax</i>	80	Fréquente	3 espèces
<i>Sergentomyia antennata</i>	73,33	Fréquente	
<i>Phlebotomus sergenti</i>	66,67	Fréquente	
<i>Phlebotomus bergeroti</i>	46,67	Modérée	1 espèce
<i>Phlebotomus perniciosus</i>	40	Rare	2 espèces
<i>Phlebotomus alexandri</i>	33,33	Rare	
<i>Sergentomyia christophersi</i>	20	Sporadique	2 espèces
<i>Phlebotomus chaboudi</i>	13,33	Sporadique	

D. La répartition temporelle des espèces de phlébotomes:

La présente étude a été réalisée au cours de deux périodes distinctes, une période chaude et sèche ainsi qu'une période chaude et douce. Les résultats obtenus révèlent la présence de 5 à 9 espèces distribués principalement pendant la période chaude et sèche (Mai - Octobre 2012). En occurrence, la période qui s'étale de Décembre à Mars montre l'absence totale des phlébotomes. Les émergences de nouvelles espèces apparaissent à nouveau à partir du mois d'Avril où la présence de 5 espèces a été révélée (Tableau 4). En outre, il a été remarqué que 6 espèces différentes, *S. minuta*, *S. fallax*, *S. antennata*, *S. christophersi*, *P. sergenti* et *P. papatasi* ont été principalement distribuées pendant 8 mois consécutifs, d'Avril à Novembre (Tableau 10).

RESULTATS

Tableau 10: La répartition temporelle des espèces de phlébotomes récoltées dans la zone d'étude au cours de la période d'étude (Mai 2012-Avril 2013).

Nom des espèces	Distribution Temporelle											
	Période très chaude et sec						Période sèche et doux					
	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr
<i>S. minuta</i>	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+
<i>S. fallax</i>	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+
<i>S. antennata</i>	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. christophersi</i>	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. sergenti</i>	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+
<i>P. perniciosus</i>	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>P. papatasi</i>	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+
<i>P. chaboudi</i>	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. bergoroti</i>	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. alexandri</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Total	7	8	9	8	9	5	4	0	0	0	0	5

E. Indice de diversité et la prédominance des espèces de phlébotomes:

La distribution spatiale des indices de diversité et la prédominance des espèces de phlébotomes montrent que la richesse spécifique est relativement faible; basculant entre deux espèces (SR=2) dans trois sites et (S=10) dans les trois sites de Filieche, Sidi Khaled et El-kantra.

L'indice de Simpson montre une faible diversité des espèces dans tous les sites, confirmée par les valeurs de l'indice d'équitabilité calculé dans les sites étudiés, et permet de les regrouper dans trois catégories. La première catégorie avec une valeur de $0 \leq E < 0,39$ où une seule espèce, *P. papatasi*, est dominante. La deuxième catégorie est estimée de $0,40 \leq E < 0,80$ où deux espèces, *S. fallax* et *P. papatasi*, co-dominent dans les stations et, finalement, les sites dont l'équitabilité est de $0,80 \leq E \leq 1$ où deux espèces, *P. papatasi* et *S. minuta*, dominent et toutes les populations d'espèces sont équitablement distribués (Tableau 11).

RESULTATS

Tableau 11: La distribution spatiale des indices de diversité et la prédominance des espèces de phlébotomes récoltées dans la région d'étude au cours de la période d'étude (mai 2012-Avril 2013).

(*SR: Richesse Spécifique, IS: Indice de Simpson, E: Équitabilité, RA: Abondance relative (%)*).

Station	Code	SR	IS	E	Espèces dominantes (RA en%)
Elalia	A	2	1,80	0,80	<i>S. minuta</i> (66,7), <i>P. papatasi</i> (33,33)
Filieche	B	10	4,60	0,40	<i>P. papatasi</i> (29,4), <i>S. minuta</i> (23,75), <i>S. fallax</i> (21,25)
Sidighzel	C	8	2,54	0,22	<i>P. papatasi</i> (60,2)
Sidi Okba	D	2	1,47	0,47	<i>P. papatasi</i> (80), <i>S. fallax</i> (20)
Alhadjeb	E	6	2,70	0,34	<i>P. papatasi</i> (54,55), <i>S. antennata</i> (24,24)
Bouchegroune	F	7	4,43	0,57	<i>P. papatasi</i> (32,5), <i>S. fallax</i> (22,5)
Lioua	G	8	3,93	0,42	<i>P. papatasi</i> (36,22), <i>S. minuta</i> (26,44)
Ourellal	H	6	3,33	0,47	<i>P. papatasi</i> (44,83), <i>S. minuta</i> (22,76)
Oumeche	I	9	4,16	0,39	<i>P. papatasi</i> (35), <i>S. fallax</i> (23,5)
Sidi Khaled	J	10	5,74	0,47	<i>P. papatasi</i> (32,56)
Raselmaid	K	2	02,00	1	<i>S. minuta</i> (50), <i>P. papatasi</i> (50)
Eloutaya	L	6	4,17	0,63	<i>P. papatasi</i> (31,82), <i>S. antennata</i> (27,3), <i>S. minuta</i> (22,73)
Kantra	M	10	6,12	0,57	<i>P. papatasi</i> (27,6), <i>S. minuta</i> (18,9)
Djemourah	N	7	04,48	0,58	<i>P. papatasi</i> (36,36), <i>S. fallax</i> (18,2), <i>P. perniciosus</i> (18,2)
Ain Zaatout	O	6	3,77	0,55	<i>S. minuta</i> (43,24), <i>P. papatasi</i> (18,92)
	χ^2_{15}	17,60	7,75	9,56	
	<i>P</i>	0,226	0,902	0,846	

4. Etude épidémiologique:

L'étude épidémiologique est présentée par des enquêtes rétrospectives à travers l'évolution annuelle et mensuelle des cas de la leishmaniose. La répartition spatiale de la leishmaniose est considérée par commune, par âge et par sexe de la wilaya de Biskra. Les cas de la leishmaniose cutanée sont confirmés par l'étude clinique (examen direct) et corrélés avec l'impact des facteurs climatiques. L'enquête épidémiologique concerne uniquement les cas de la leishmaniose cutanée, qui est la maladie la plus dominante de la région, appelée communément le clou de Biskra. Les cas de la leishmaniose viscérale sont peu et ne sont pas déclarés au niveau des services d'hygiène, en conséquence, ils ne sont pas considérés dans la présente étude.

4.1. Examen direct de la leishmaniose cutanée:

L'observation microscopique des lames préparées pour l'examen direct de cette épidémie a permis d'établir la présence ou l'absence de parasites. La présence de ces derniers est

RESULTATS

remarquée par des formes d'amastigotes isolées ou en amas dans le cytoplasme des macrophages. Les leishmanies sont présentées sous forme de petites cellules ovoïdes intracellulaire présentant une paroi mince entourant un cytoplasme bleu clair qui renferme un noyau rouge violacé, certains sont extracellulaires. Les résultats de l'examen direct en microscope révèlent l'apparition des parasites sous forme amastigote isolée ou en amas dans le cytoplasme des macrophages. Certains sont extracellulaires. Le diagnostic est assuré par la mise en évidence des parasites sous forme de corps de Leishmanies (Figure 27).

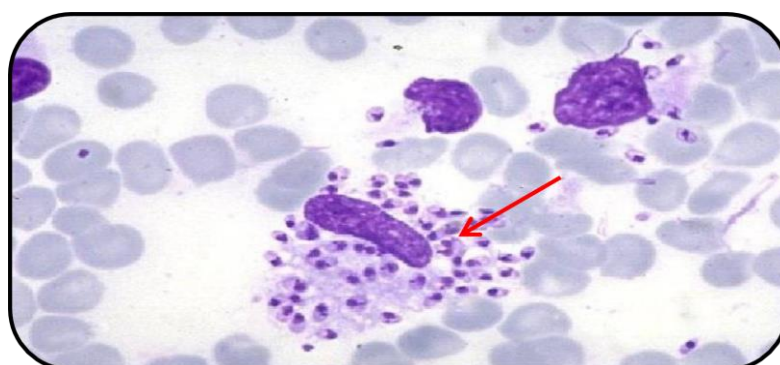


Figure 27: Parasite de leishmaniose sous forme des amastigotes au niveau des macrophages.($\times 100$). (Photo personnelle).

4.2. Résultats de l'enquête épidémiologique:

L'enquête épidémiologique de la leishmaniose cutanée durant les dix années (2005-2014), a révélé l'enregistrement de 33568 cas de leishmaniose cutanée (LC) répartie sur tout le territoire de la wilaya de Biskra (Tableau 12). Les cas du LC chez hommes étaient plus élevées que chez les femmes et présente une sex-ratio de 1,43 (19805 hommes et 13763 femmes). D'après les résultats, les cas de LC sont présents durant toute l'année, avec une augmentation des cas à partir du mois d'Octobre à Janvier (Tableau 12).

RESULTATS

Tableau 12: Nombre de cas de la leishmaniose par mois et par année.

Mois Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept.	Oct	Nov	Dec	TOTAL
2005	925	650	378	195	87	36	37	230	1103	1809	1382	1473	8375
2006	1001	557	325	139	87	33	30	52	140	209	202	182	2957
2007	182	105	60	34	27	24	18	12	34	103	189	325	1113
2008	280	178	115	48	28	16	9	24	35	117	201	208	1259
2009	238	205	132	84	61	41	20	29	108	187	483	1129	2717
2010	938	634	356	170	124	76	48	211	651	932	868	990	5998
2011	797	418	300	120	95	87	84	101	223	414	815	847	4061
2012	910	491	278	121	72	34	16	35	96	171	313	481	3018
2013	542	344	157	103	60	46	52	79	190	240	253	302	2368
2014	225	270	139	52	41	34	34	42	70	159	175	291	1532
Total	6038	3852	2240	1066	682	427	348	815	2650	4341	4881	6228	33398

A. La répartition du nombre des cas de la LC par communes.

La distribution des cas différents dans les communes (Figure 28) montre que la ville de Biskra est la commune la plus touchée par cette épidémie. Cela est expliqué par le nombre de ses habitants. Le secteur sanitaire de celle-ci a enregistré le plus grand nombre de cas avec 11637 cas, soit 34%, suivi par le secteur sanitaire de Sidi Okba avec 4636 cas (13,46%), enfin, le secteur sanitaire de Zeribet El Oued avec 2278 cas (6,62%).

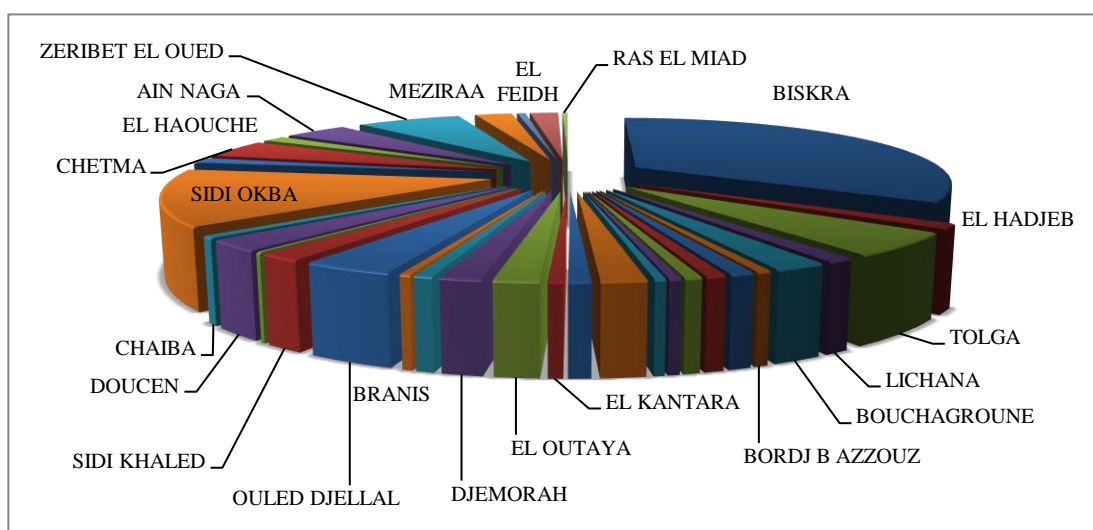


Figure 28: La distribution des cas de la leishmaniose cutanée par commune durant la période d'étude (2005-2014).

RESULTATS

B. L'évaluation annuelle des cas de la leishmaniose cutanée:

Les zoonoses présentent une réelle évolution au niveau de la Wilaya de Biskra. La figure 29 présente le nombre de cas des leishmanioses cutanées enregistrés dans la wilaya de Biskra durant la période de 2005 - 2014. D'après ces résultats on remarque un taux très élevé durant l'année 2005 avec un nombre de 8375 Cas. Ce pic est suivi d'une chute considérable qui atteint la valeur la plus faible en 2007 avec 1113 cas. Encore une légère augmentation est enregistrée entre 2008 et 2010. Cette dernière est considérée comme un deuxième pic qui est suivi par une autre diminution prolongée en 2014 (Figure 29). La diminution des effectifs explique la variabilité interannuelle des nombres de cas, qui sont déjà signalés par les épidémiologistes, et qui peut être due à l'efficacité des programmes de lutte contre la leishmaniose.

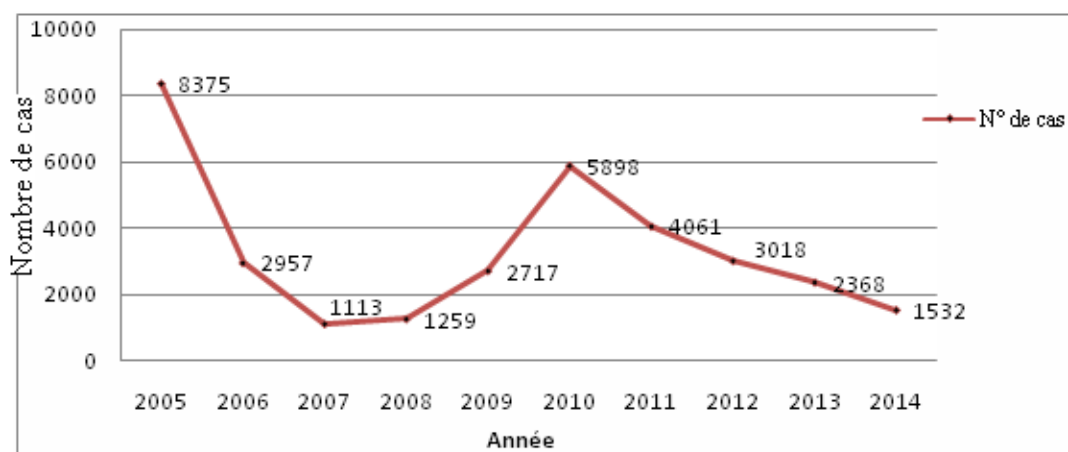


Figure 29: Variation annuelle du nombre des cas de LC durant la période d'étude (2005-2014).

C. Incidence annuelle:

L'incidence annuelle est le nombre des cas de LC par rapport aux 100000 habitants de la population cible. La wilaya de Biskra a déclarée une incidence moyenne annuelle plus élevée avec deux pics; le premier en 2005, avec un tau d'incidence de 1138, le deuxième en 2010, avec une incidence de 760 (Figure 30). L'analyse de la corrélation établie pour les deux variables (année, incidence) montre qu'il y a une corrélation positive significative à moins de 5%, donc le taux d'incidence annuelle des zoonoses présente une tendance à la hausse enregistrée fortement durant l'année 2010.

RESULTATS

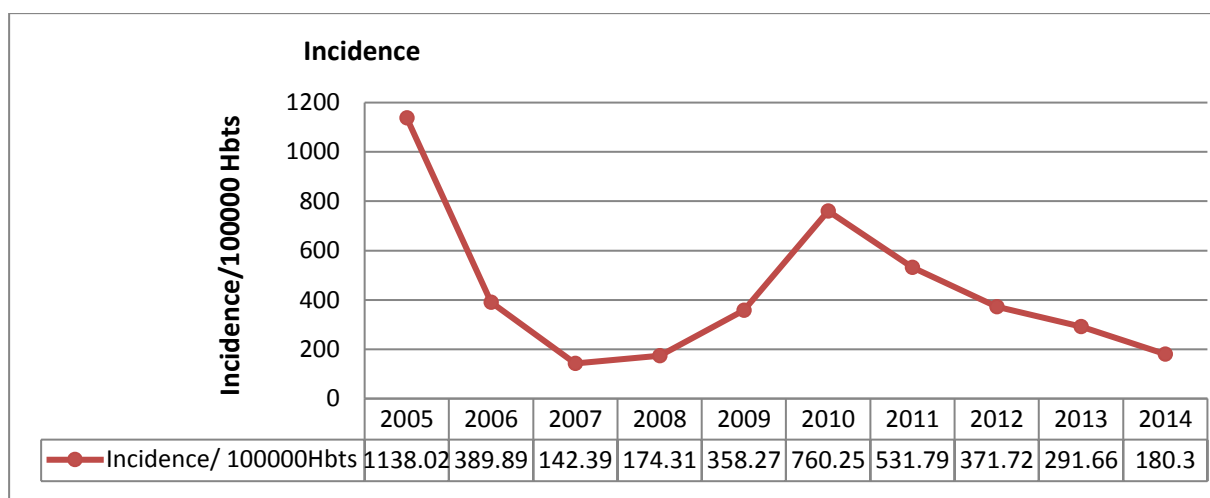


Figure 30 : L'incidence de la leishmaniose cutanée corrélée avec les années d'étude.

D. La répartition mensuelle des cas de la leishmaniose cutanée:

Les cas de LC enregistrés sont prélevés mensuellement. La moyenne mensuelle des cas de la leishmaniose cutanée enregistrée dans la wilaya de Biskra durant la période étalée entre 2005 à 2014 est représentée dans le tableau 12. Selon la répartition mensuelle des moyennes des cas de la LC pendant la période 2005 à 2014, il est remarqué que la maladie est présente durant toute l'année. Cependant, on constate une augmentation des cas durant la saison douce, qui s'étale de Septembre à Février, par rapport à la saison sèche qui est représentée par la période de Mars à Aout (Figure 31).

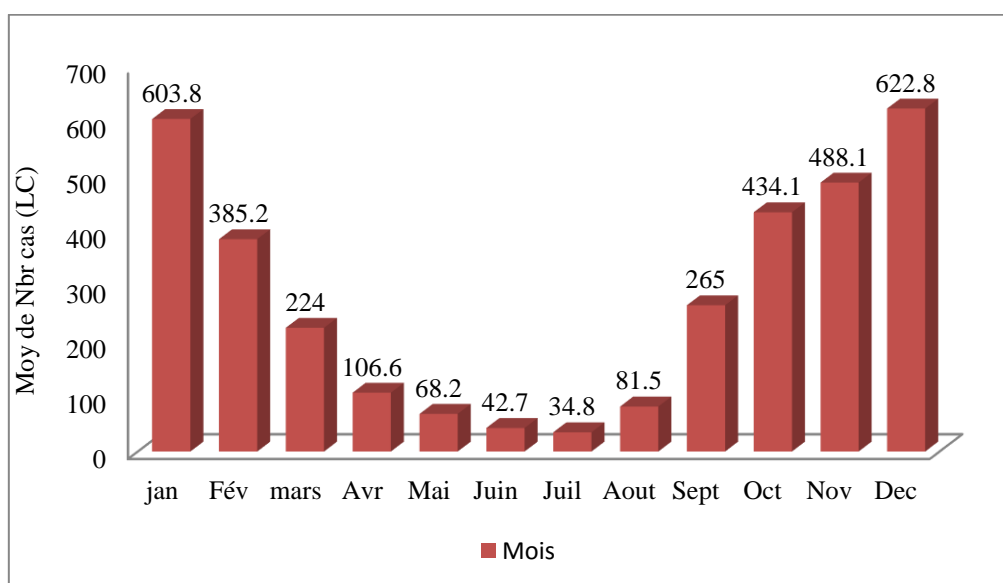


Figure 31: La répartition mensuelle des cas de la LC à Biskra durant les années 2005-2014.

RESULTATS

E. Réparation de la leishmaniose cutanée selon le sexe:

La répartition des cas par sexe montre que l'épidémie touche sans distinction les deux sexes, mâle et femelle. Cependant une légère prédominance est notée en faveur du sexe masculin avec un taux de 59% contre 41% pour le sexe féminin (Figure 32), et présente un sex-ratio de 1,43 (19805 hommes et 13763 femmes).

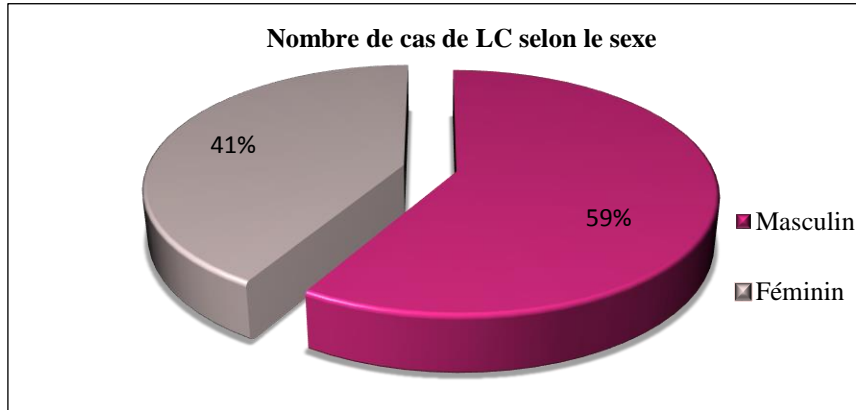


Figure 32: La répartition des cas de la leishmaniose cutanée par sexe durant la période d'étude (2005-2014).

F. Réparation de la leishmaniose cutanée par tranche d'âge:

La répartition des cas par tranches d'âge montre que les cas de LC étaient principalement rapportés dans la tranche d'âge de 0-9 ans avec 54,80%, suivie par celle de 20-44 ans, avec 21,22%, puis par celle de 10-19 ans, avec 18,17%. La tranche d'âge plus de 64 ans semble la moins affectée (1,48%) (Figure 33).

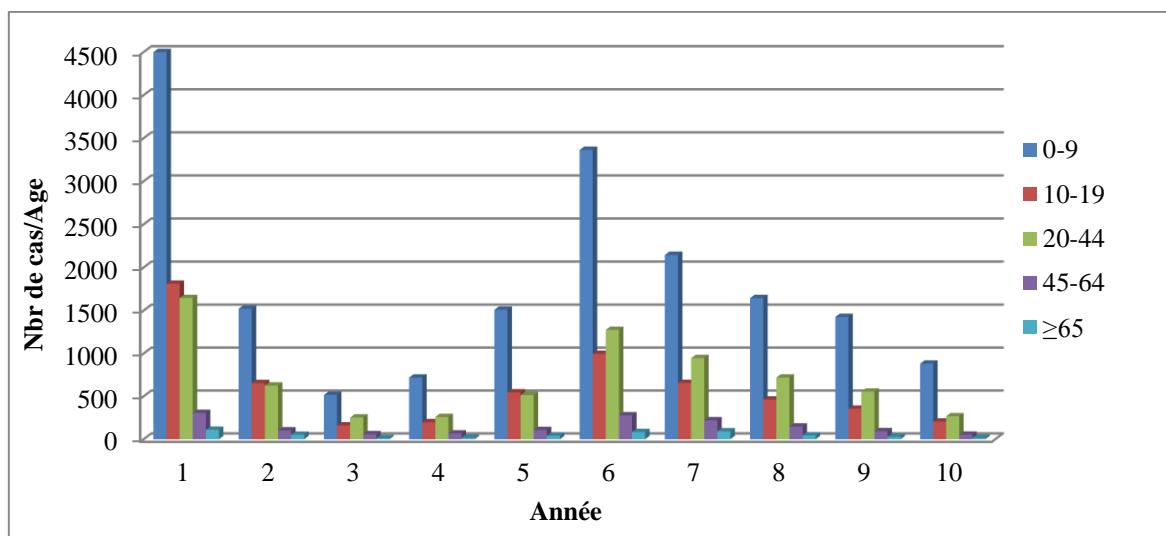


Figure 33: Répartition de la leishmaniose cutanée par tranches d'âge durant la période d'étude 2005-2014.

RESULTATS

4.3. Impact des facteurs climatiques sur la Leishmaniose cutanée:

Les données climatiques fournies par la station météorologique de Biskra et le nombre de cas de la Leishmaniose cutanée mensuelle de laboratoire d'hygiène central de la wilaya (Tableau 13), nous ont permis de dresser des analyses de corrélations entre les paramètres climatiques et le nombre de cas de la Leishmaniose. Les résultats de l'analyse de la régression linéaire (le logiciel de SPSS et le modèle de régression linéaire) montrent l'existence d'une corrélation significative ($p < 0,001$) entre les paramètres climatiques et les cas de la leishmaniose cutanée surgie durant la période d'étude (Tableau 14). Selon les résultats, on trouve que la température et l'humidité sont corrélés positivement et significativement, avec $R=0,918$ et $p=0,001$ pour la température et $R=0,918$ et $p=0,033$ pour l'humidité. Alors que pour le vent la corrélation est positive mais les analyses on montré une signification plutôt négative avec $R=0,918$ et $p=0,049$.

Tableau 13: Nombre de cas de leishmaniose cutanée en relation avec les paramètres Climatiques (2005-2014).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sép	Oct	Nov	Déc
Nbr LC	6038	3852	2240	1066	682	472	348	815	2650	4341	4881	6228
TM°C	11,6	13,5	16,7	20,3	25,5	30,8	33,9	33,4	28,5	22,5	16,2	14,5
P(mm)	16,4	19,4	13,3	12,9	11,6	4,8	1,5	4,7	20,8	15,4	17,8	9,5
H%	57	50	44	39	34	31	27	30	40	47	54	59
V(m/s)	5,7	5	4,4	3,9	3,4	3,1	2,7	3	4	4,8	5,4	5,9

Tableau 14 : Résultats de corrélation entre les facteurs climatiques et le nombre de cas de la leishmaniose cutanée durant la période d'étude 2005-2014.

Modèle	Synthèse de la régression; Variable Dép. : Global (Biskra)		Coefficients standardisés	t (Statistique de Student)	P
	A	Erreur standard			
(Constante)	-23320,520	4327,595		-5,389	0,001
T (°C)	483,480	81,723	1,755	5,916	0,001
P (mm)	46,203	52,556	0,130	0,879	0,409
(HR%)	-1964,203	742,831	-9,733	-2,644	0,033
Vent (Km/h)	13956.348	5880.145	7.002	2.373	0,049

RESULTATS

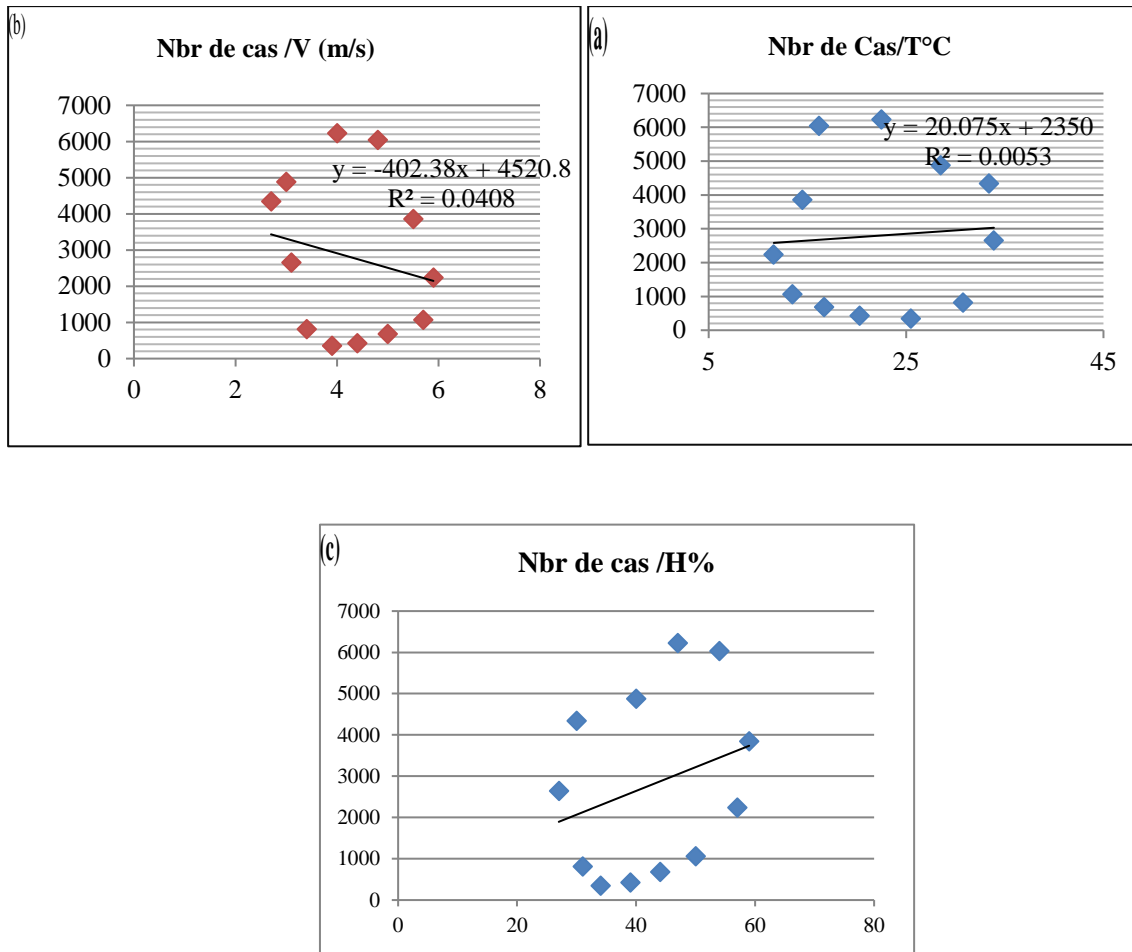


Figure 34: Corrélation entre le nombre de la LC à Biskra et la température (a), vitesse de vent (b), humidité (c).

DISCUSSION

IV. DISCUSSION :

Les phlébotomes ont pris une très grande importance dans tous les pays où les leishmanioses existent, étant les seuls vecteurs confirmés des protozoaires du genre *Leishmania*. L'Algérie, qui compte parmi les pays africain les plus exposés, est concernée par trois formes cliniques sévissant à l'état endémique: la leishmaniose viscérale (LV), la leishmaniose cutanée sporadique du nord (LCS) et la leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) (Harrat et Belkaid, 2003). La leishmaniose viscérale (LV), très répandue dans les étages sub-humides et semi-arides au Nord du pays, est causée par *Leishmania* et le vecteur principal est le genre *Phlebotomus* dont le chien est considéré comme le réservoir de la maladie. Cependant *Leishmania major*, responsable de la leishmaniose cutanée zoonotique (ZCL), est fortement déclarée dans les zones semi-arides et aride-présahariennes dont les rongeurs constituent le principal réservoir et la transmission est assurée essentiellement par *Phlebotomus papatasi*. En Algérie, depuis des décennies, la leishmaniose est devenue un problème de santé publique. La recrudescence importante des cas de leishmanioses cutanée (LC) et viscérale (LV), dans plusieurs régions du pays, est liée directement à la distribution des vecteurs de cette maladie qui sont les phlébotomes. La région de Biskra est parmi les régions les plus touchées par cette maladies et spécialement la leishmaniose cutanée, communément appelée clou de Biskra. Afin de mieux connaître la structure phlébotomienne de cette région endémique, un inventaire taxonomique des phlébotomes, susceptibles de transmettre les leishmanioses, a été réalisé.

1. L'étude systématique des phlébotomes:

L'étude systématique des phlébotomes, vecteurs principales de leishmaniose, dans la région de Biskra a mis en évidence la présence de 10 espèces appartenant aux 2 genres *Phlebotomus* et *Sergentomyia*. Les espèces identifiées font partis de la liste des 22 espèces de phlébotomes connues et établis de l'Algérie (Dedet *et al.*, 1984). Il a été trouvé que le genre *Sergentomyia*, réparti en 2 sous genres (*Sergentomyia* et *Sintonius*) est légèrement plus abondant que *Phlebotomus*. Ce genre représente 52,67% de l'abondance numérique totale, des espèces capturées. Tandis que le genre *Phlebotomus*, reparti en 3 sous genres (*Phlebotomus*, *Paraphlebotomus* et *Larroussius*) ne présente que 47,32% du total des individus.

Sur les 10 espèces collectées à Biskra, 6 appartiennent au genre *Phlebotomus*, vecteur confirmé de la leishmaniose humaine (Killick-Kendrick, 1985; Killick-Kendrick, 1990). Parmi ces espèces 3 qui appartiennent au sous-genre *Paraphlebotomus*, vecteur prouvé de *L.*

DISCUSSION

tropica ou suspecte de *L. killicki* et 1 au sous-genre *Larroussius*, vecteur confirmé de *L. infantum* dans le bassin méditerranéen. Finalement 2 espèces affiliés au sous genre *Phlebotomus Phlebotomus* (*P. papatasi* et *P. bergeroti*) lesquels sont des vecteurs de *L. major* (Killick-Kendrick, 1990). Les 4 espèces qui appartiennent au genre *Sergentomyia*, sont caractérisés par leur comportement trophique (Dedet *et al.*, 1984; Berchi 1990). Les 10 espèces identifiées sont représentées par une abondance variable, comme chez *P. papatasi* 37,65%, *S. minuta parroti* 22,7%, *S. fallax* 15,29%, *S. antennata* 14,27%, *P. sergenti* 5,08%, *P. bergeroti* 1,99%, *P. perniciosus* 1,65%, *P. alexandri* 0,75%, *S. christophersi* 0,41% et *P. chabaudi* 0,21%. Les résultats montrent que l'espèce *P. papatasi* est la plus abondante, avec une présence marquée dans toutes les stations étudiées avec un taux de 41,53%. Cette espèce est aussi dominante avec un indice d'occurrence (C) de 100%. *P. papatasi* est considéré comme l'espèce de référence suite à sa description morphologique qui a été bien détaillée (Dancesco, 2008). Le rôle de vecteur de *P. papatasi* a été décrit par Sergent *et al.* en 1921 et confirmée comme premier vecteur de *Leishmania major* (zymodeme MON-25), responsable des graves lésions de leishmaniose cutanée dans les régions steppiques et sahariennes algériennes (Killick-Kendrick, 1990; Izri *et al.*, 1992; Harrat et Belkaid, 2003) et *Leishmania tropica* au Maghreb, en Lybie et au Soudan (Chauvet, 1984). Plusieurs travaux effectués au niveau de bassin méditerranéen prouvent la présence du *P. papatasi* dans divers foyers (Lewis, 1982); Arabie Saoudite (Killik kendrick *et al.*, 1985), Jordanie (Janini *et al.*, 1995), Tunisie (Ben-ismail *et al.*, 1987), Maroc (Bailly-Choumara *et al.*, 1971; Rioux *et al.*, 1986; Boussaa, 2008), et Egypte (Mansour *et al.*, 1991). En Algérie, cette espèce a été capturée pour la première fois à Biskra par Parrot en 1931. *P. papatasi* est largement répandu sur tout le territoire algérien. Elle est particulièrement abondante dans toute la frange steppique Nord saharienne, mais se rencontre également dans le tell et sur les haut plateaux, (Dedet et Addadi, 1977; Dedet *et al.*, 1984; Berchi, 1993; Izri *et al.*, 1992; Depaquit *et al.*, 2008). Elle est aussi caractérisée par une préférence des zones hyperaride, plus précisément pour celui du sous étage à hiver chaud (Rioux et De La Roque, 2003).

Les biotopes de cette espèce sont variés. Elle est rencontrée dans tous les types de biotope prospectés dans la région de Biskra (Sergent et Parrot, 1926) capturée dans les orifices de terriers de rongeurs. La fréquence de *P. papatasi* est assez comparable en agglomération (10,1%), dans le voisinage des habitats (16,6%) et en pleine ville de Laghouat et Bechar. La présence de ce vecteur est aussi rapportée dans la région de Skikda avec une faible abondance de 2,15% (Boulkenafet, 2006) et dans la région de Bordj Bou Arreridj avec une abondance de

DISCUSSION

15,8% (Boudrissa *et al.*, 2012). Des études systématiques dans la région de Biskra et Batna ont mis en évidence la présence de *P. papatasi* avec une abondance de 13,3% (Bencherif, 2010). Depuis la présence de cette espèce a été signalée sur plusieurs parties du territoire, dans le bassin du hodna (M'sila) (Cherif, 2014), à Oum El Bouaghi (Kabbout *et al.*, 2016) et dans la région du M'Zab-Ghardaïa avec un taux de 36.47% (Boukraa *et al.*, 2011).

Phlebotomus papatasi, le principal vecteur de *Leishmania major* (LC), a été démontré que sa transmission de *L. major* est plus facile que celle de *L. tropica*. Son rôle de vecteur a été confirmé et signalé dans plusieurs pays ; en Iran (Yaghoobi-Ershadi *et al.*, 1995), en Arabie saoudite (Killick-Kendrick *et al.*, 1985), Tunisie (Ben-Ismaïl *et al.*, 1987), Egypte (Mansour *et al.*, 1991) et au Maroc (Rioux *et al.*, 1986). Tandis que son rôle vecteur dans la transmission de leishmaniose viscérale a été suspecté en Irak (Sukkar, 1978), mais ce rôle est contesté et ne peut être que secondaire (Morsy *et al.*, 1992).

Phlebotomus perniciosus une des espèces les plus importantes au point de vue épidémiologique, vu son rôle majeur dans la transmission de *Leishmania infantum*, agent causal de la leishmaniose viscérale humaine (Benikhlef *et al.*, 2004). La transmission de l'agent pathogène par cette espèce a été démontrée dans plusieurs pays; Jordanie (Janini *et al.*, 1995), Arabie Saoudite (Killik-kendrick *et al.*, 1985), Tunisie (Ben-Ismaïl *et al.*, 1987), Maroc (Rioux *et al.*, 1986) et l'Egypte (Mansour *et al.*, 1991). En Algérie *Phlebotomus perniciosus* est l'espèce la plus répandue dans le Nord du pays (Littorale et Hauts plateaux) avec une répartition géographique qui est essentiellement Atlas tellienne (Sergent, 1914). Elle est identifiée dans plusieurs localités, région de Constantine, de Guelma ; Mansouria (Jijel); Souk-Ahras, Mila; Ain touta (Batna); Biskra et Barika; Alger (Alger, Bouira); en Grand kabylie et Oran. *P. perniciosus* est particulièrement constant en grande Kabylie et dans le Constantinois suite à l'étage bioclimatique qui est humide et subhumide et les deux régions sont endémiques de la leishmaniose viscérale (Louzir, 1999; Ben Abda, 2009). En dehors de ces régions, la distribution de *P. perniciosus* s'étend au sud (Aurès, Steppe pré-saharienne) caractérisé d'un bioclimat aride voir Saharien (Dedet *et al.*, 1984) et signalée pour la première fois dans la région du M'Zab (Boukraa *et al.*, 2011). Dans cette étude l'espèce en question ne présente que 3,18% des captures globales, est rencontrée uniquement dans 6 sites avec une fréquence d'occurrence faible (C=40%), ce qui lui confère le caractère rare, ainsi son rôle dans la transmission de la leishmaniose viscérale infantile (LV) dans la région est très éloigné.

Une autre espèce identifiée dans la zone d'étude, *Phlebotomus bergeroti* est une espèce qui peut jouer un rôle épidémiologique important dans la transmission de la leishmaniose

DISCUSSION

cutanée au Sahara central (Trouillet et faye, 1993). Les résultats obtenus montrent sa présence d'un taux de 1,82% dans la moitiés des stations prospectées avec une fréquence d'occurrence (C=40%). Elle est abondante en étage bioclimatique arides et comme l'Afrique du nord ou sa présence, particulièrement en Algérie est rapportée pour la première fois par Parrot et Doury (1956) et dans plusieurs régions; à Janet, Tassili des Ajjer, In Amguel, Ihrir (Abonnenc, 1972), Hoggar (Belazzoug et Mahzoul, 1986) et dans la région de Tamanrasset (Bounamous, 2010).

L'inventaire a mis en évidence la présence de *Phlebotomus sergenti*, vecteur prouvé de *Leishmania tropica* (Killick-Kendrick, 1990), caractérisée d'une aire de répartition très vaste en Algérie. Cette espèce est signalée aussi bien au Sud du pays dans le Nord de l'Atlas saharien, les steppes présahariennes et au Sahara central. Mais sa densité est en général faible et pratiquement identique du Sud au Nord du pays (Dedet *et al.*, 1984). Cette étude montre la présence *P. sergenti* dans 10 stations avec un taux de (4,39%) et une fréquence d'occurrence moyenne (C=66,67%) ce qui lui donne le caractère fréquent.

Phlebotomus chabaudi est répandu dans tout l'Afrique du Nord. En Algérie, elle a été signalée à Ghardaia (Rioux *et al.*, 1970; Dedet *et al.*, 1973; Dedet et Addadi, 1974; 1977), à Biskra (Rioux *et al.*, 1974; Belazzoug *et al.*, 1986; Belazzoug, 1991; Berchi, 1993) et dans la région des Aurès (Bounamous *et al.*, 2008), cette espèce est trouvée et pour la première fois dans la région du Hodna (Bou-Saâda) (Cherif, 2014) est aussi rencontrée dans les régions des steppes présahariennes de bioclimat aride et même saharien le plus souvent dans des biotopes rocheux (Dedet *et al.*, 1984). *P. chabaudi* n'a jamais été démontré comme vecteur de leishmaniose, malgré elle été soupçonnée dans la transmission de *Leishmania tropica* (Killik-Kendrick, 1990).

Phlebotomus alexandri, parmi les espèces identifiée a été signalée dans liste des phlebotomes algériens par Parrot en 1936 (Dedet *et al.*, 1984). *P. alexandri* est confirmée vectrice de la leishmaniose viscérale type *Leishmania donovani* en Chine (Farzin-Nia et Hanafi-Bojd., 2007) et supposée vectrice de la leishmaniose cutanée de *Leishmania major* et *Leishmania tropica* en Tunisie (Guan *et al.*, 1986). Cette espèce a une répartition géographique Large absente dans les régions montagneuses et fréquente autour du chott et présente dans les steppes présahariennes et les massifs de l'Atlas saharien (Cherif, 1994). Elle habite essentiellement les biotopes selvatiques des gerbillidae (Rioux *et al.*, 1984), se localise préférentiellement aux étages aride et pré-aride dans les zones sauvages. Elle est particulièrement abondante dans les biotopes rocheux et sec où gîtent les mammifères, et les

DISCUSSION

reptiles (Dedet *et al.*, 1984). Sa particularité que cette espèce est strictement localisée dans le sud du constantinois et ne franchit pas la zone semi-aride (Berchi, 1990).

L'espèce *Sergentomya antennata* est largement répartie en l'Asie et en Afrique avec une grande partie d'occupation de l'Afrique tropicale. En Algérie, *S. antennata* est localisée dans les steppes et au Sahara et capturée dans les barbacanes, dans les anfractuosités rocheuses et orifices des terriers de rongeurs (Dedet *et al.*, 1984; Berchi, 1993). Dans la région d'étude, Biskra, sa présence est enregistrée avec un taux de 14,27%. La même espèce est signalée dans la région du M'Zab-Ghardaïa avec un taux élevé de 49,41% (Boukraa *et al.*, 2011).

Sergentomya minuta est le phlébotome le plus répandue en Algérie (Belazzoug *et al.*, 1982). Elle est présente avec un taux de 22,7% dans la zone de Biskra. Sa distribution est confirmée par des inventaires faunistiques effectuées en région méditerranéenne. Elle trouve son optimum à l'étage semi-aride mais figure presque dans la totalité des autres étages climatiques (Croset *et al.*, 1978). En Europe, exactement en Grèce et France, le genre *Sergentomyia* représente 80% avec 35% appartenant à l'espèce *Sergentomyia minuta* (Madulo-Leblond, 1983; Rioux *et al.*, 1986). Les résultats obtenus montrent la présence de *S. minuta* dans la capture de toutes stations, sauf Sidi Okba, avec un taux de 23,17% avec un indice d'occurrence de 93,33% et reportée dominante dans 8/15 des sites étudiés. Des travaux similaires réalisés à la région du M'Zab-Ghardaïa montrent la présence de cette espèce avec un pourcentage de 7,06 % (Boukraa *et al.*, 2011).

Sergentomya fallax, se comporte comme une espèce saharienne, présente dans 3 étages bioclimatiques en semi-aride, aride et souvent saharien (Dedet *et al.*, 1984). Elle est essentiellement selvatique, peut également se trouver à proximité des habitations et ne pique pas l'homme. D'après les résultats le pourcentage de *S. fallax* est de 11,38% trouvée dans 12/15 stations. Cette espèce est signalée avec une proche distribution de 16,1% au Maroc (Boussaa, 2008) et une faible abondance de 3,53 % dans la région du M'Zab-Ghardaïa (Boukaraa *et al.*, 2011).

Sergentomyia christophersi apparaît comme une espèce sub-désertique, capturée dans des biotopes sauvages (Dedet *et al.*, 1984) signalée au Hoggar et le Tassili (Belazzoug et Mahzoul, 1980). Elle présente une aire de distribution recouvrant les régions indo-pakistanaise éthiopienne, Sud tunisiennes et Sud marocaines. Ce résultat s'explique par le régime hématophage des femelles qui sont attirées par la présence d'animaux au sein du site d'échantillonnage. Contrairement aux mâles qui, se nourrissant de nectar et du jus des

DISCUSSION

végétaux, sont inféodés plus à l'oasis et aux palmeraies qui présentent un couvert végétal important (Boukraa *et al.*, 2011).

2. L'étude écologique:

Dans le cas d'une endémie complexe de la leishmaniose avec des manifestations cliniques différentes, la diversité des espèces de phlébotome et le réservoir mammifère hôte peuvent être différents selon la région géographique (Kishore *et al.*, 2006). Les phlébotomes peuvent exister dans des conditions écologiques qui varient entre la haute humidité des forêts tropicales jusqu'aux conditions sèches des zones désertiques et depuis les cités tempérées situées proches du niveau de la mer jusqu'aux villages des hautes montagnes. Malgré cette diversité tous les phlébotomes ont plusieurs caractères en communs. Ils sont tous nocturnes, se cachent pendant le jour dans des micro-habitats noirs et humides et sont capables de s'introduire dans des espaces confinés pour éviter les conditions extrêmes de température et d'humidité.

L'étude éco-entomologique menée dans la région de Biskra montre la présence de 10 espèces de phlébotomes qui sont appartenant à deux genres *Phlebotomus* et *Sergentomyia*. La saisonnalité de la faune phlébotomienne dans la région de Biskra a été examinée et le résultat a montré qu'il est actif seulement durant la saison sèche et chaude qui s'étale d'Avril à Novembre. Le *Phlebotomus perniciosus* vecteur de LV humaine a été enregistré uniquement dans un seul site. Cependant *Phlebotomus papatasi*, le principal vecteur de LC a *Leishmania major*, a été identifié dans les différents sites d'étude avec une grande abondance des espèces de phlébotomes.

La dominance des espèces du genre *Phlebotomus* traduit l'importante abondance et la vaste distribution géographique de ces espèces. L'espèce *P. papatasi* est non seulement omniprésente dans la totalité des sites, mais reportée dominante dans 15/16 des sites étudiés. Ce qui reflète sa forte valence écologique et ces capacités adaptatives dans la région sec et aride. L'exploration de l'inventaire dans la région de Biskra révèle une faible diversité par rapport aux 22 espèces connues en Algérie. Seulement 6 espèces sont dominantes, avec une classe d'occurrence qui varie entre 46,67% ; considéré comme modérée, et 100% qui est constante. Les 4 autres espèces ; *P. perniciosus*, *P. alexandri*, *P. chabaudi* et *S. christophersi* ont une distribution variable et dont la classe d'apparition était fréquent ou sporadique. Dans les régions du nord d'Algérie uniquement 5 espèces ont été identifiées à Oum El Bouaghi (Kabbout *et al.*, 2016) et 4 espèces à Constantine (Moulahem *et al.*, 1998) et Mila (Messai *et*

DISCUSSION

al., 2011). Dans le Nord-est, au niveau du littorale (Skikda) la présence de 5 espèces a été signalé (Bouleknafet *et al.*, 2007). Une étroite similarité de la diversité des espèces de phlébotome a été représentée durant l'étude morphotaxonomique dans la région du M'zab-Ghardaia et a montré la présence de 7 espèces appartenant aux même genres, *phlebotomus* et *Sergentomyia* et les espèces les plus abondantes sont respectivement *S. antennata*, *P. papatasi* *S. minuta* et *S. fallax* (Boukraa *et al.*, 2011).

La répartition de l'abondance et la densité des espèces des phlébotomes est très inégale, avec des différences significatives entre sites dont certaines espèces ayant été retrouvées en grand nombre alors que d'autres ne sont représentées que par de rares exemplaires avec une valeur d'équitabilité relativement faibles. Selon Euzeby (1984), une densité minimale de 10 à 15 phlébotomes/m² est nécessaire au maintien de l'endémie. Ce seuil est atteint, et même dépasser au niveau de plusieurs stations prospectées, les densités les plus importantes ont été observées dans les stations prospectées d'Oumeche, Filieche, El-kantra, Sidighzel, Ain Zaatout, Lioua, Djemourah, Ourellal, Sidi Khaled et Alhadjeb. Toutefois, la variation de la densité des phlébotomes dans les autres sites étudiés, s'explique très probablement par la phénologie des espèces durant la période d'étude et aussi les conditions climatiques locales, notamment les températures, les précipitations et le vent, qui jouent le rôle de facteur limitant pour plusieurs insectes aillés (Compton *et al.*, 2002). De plus, au sein d'une même région, la répartition des espèces n'est pas uniforme et dépend de la géographie et du milieu. En effet, l'existence de niches écologiques sauvages est conditionnée par la nature même du sol, de la flore, de la faune et du climat. Ainsi, en région steppique, les terriers de *P. obesus* ne se retrouvent qu'en terrain sableux où poussent quelques chénopodiacées qui constituent l'alimentation de base du rongeur. La présence de nappes phréatiques ou de points d'eau favorise celle de ces plantes et donc celle des rongeurs et des phlébotomes (Le Houerou *et al.*, 1977, Rioux *et al.*, 1986). A ces facteurs peuvent s'ajouter des facteurs météorologiques qui peuvent d'une année sur l'autre, en modifiant les conditions locales, favoriser ou limiter la pullulation des insectes. Ainsi, une sécheresse prolongée limite la prolifération des rongeurs. A l'inverse des pluies abondantes favorisent la végétation et les populations animales et donc le développement des insectes (Izri *et al.*, 2006).

L'enquête sur la distribution spatiale et temporelle des peuplements des phlébotomes; lorsque la transmission de la maladie de la leishmaniose est probablement produite, devenue une partie intégrante de l'élaboration des programmes de surveillance et des mesures de contrôle. Le but de cette étude était d'étudier la diversité et à établir la répartition générale des

DISCUSSION

espèces de phlébotomes qui sont directement impliqués dans la propagation des maladies infectieuses de leishmania (LV et LC) et sont liés à la dynamique de transmission locale. Bien que ce résultat contribue à l'enquête existante des phlébotomes vecteurs dans la région de Biskra, il est important de considérer que les fluctuations saisonnières des phlébotomes qui varient dans l'année, affectant à la fois l'abondance des espèces et la composition de la communauté, et leur réponse à la suite de variations climatiques.

P. papatasi est l'espèce la plus susceptible de transmettre les leishmanioses dans la région de Biskra vue leur importante densité et constante occurrence spatiale. Leur présence en masse dans les milieux domestiques et péri-domestiques constitue un facteur de risque potentiel et une précieuse bio-indication pour une lutte efficace contre ces zoonoses.

3. L'étude épidémiologique:

La wilaya de Biskra est considérée comme le premier foyer endémique du pays depuis plusieurs décennies, d'où l'appellation de la leishmaniose cutanée est le clou de Biskra, qui revient aux deux frères chercheurs français Edmond et Etienne Sergent (1921) (Théodoridès, 1997). La prévalence d'une maladie à transmission vectorielle varie en fonction des caractéristiques de l'environnement et le mode de vie. D'après nos résultats le taux d'incidence le plus important a été enregistré dans les deux années ; 2005 avec 11138 02/ 100 000 habitants et en 2010 avec 760.25/ 100 000 habitants. Le cours de la maladie est conditionné par le bouleversement de l'équilibre naturel qui favorise l'installation de l'insecte vecteur et/ou le réservoir et par les facteurs environnementaux, ce constat été corrélé avec l'hygiène du milieu, l'exode rural et l'occupation de l'espace. Ainsi la recrudescence de la maladie en milieu urbain est liée à une mauvaise gestion des déchets urbains (Rahi, 2014). La LC est favorisée par les mauvaises conditions d'hygiène du milieu, comme l'accumulation de dépotoirs de déchets, riches en matières organiques qui favorisent aussi bien la pullulation des phlébotomes vecteurs dont les larves terricoles se nourrissent de débris végétaux, que celle des rongeurs réservoirs, notamment *Meriones shawi*, qui est attiré par les ordures ménagères et les débris de végétaux. L'urbanisation accélérée et non planifiée constitue un facteur de risque pour les Leishmanioses .Elle contribue à la persistance de la maladie et à l'extension des foyers ruraux vers la ville de Biskra. Également, la mise en valeur des terres est une cause non négligeable en tant que facteur favorisant la maladie. Le fléchissement du nombre de cas de la LC pendant 2007 (14239 habitants) est due a la stratégie de la lutte intégrée ciblant les différents maillons du cycle épidémiologique de la maladie avec mise en œuvre d'un plan

DISCUSSION

d'action national de la lutte contre la Leishmaniose depuis mars 2006 en Algérie (Achour barchiche et Madiou, 2009).

L'évaluation mensuelle de cette épidémiologie possède un caractère saisonnière en particulier automno-hivernal étroitement lié aux vecteurs et aux réservoirs et principalement en rapport avec les conditions climatiques. L'analyse des résultats globaux montre deux périodes annuelles à haut risque de la Leishmaniose cutanée à Biskra: Septembre -Novembre et Décembre - Février. Ces deux périodes sont marquées par un nombre de cas élevé. En réalité, le pic hivernal n'est pas très représentatif de la période à risque, puisque les signes de la maladie (lésions cutanées) apparaissent un à deux mois ou même plus après la piqure infectante du phlébotome femelle (Masmoudi *et al.*, 2005). Ce résultat s'explique par un début de la transmission qui en rapport avec un climat chaud et favorable pour le développement des phlébotomes vecteurs potentiels (Ben abda *et al.*, 2009). Il ressort que le caractère saisonnier doit être lié à la dynamique saisonnière des vecteurs et à la période d'incubation de la maladie (Arroub *et al.*, 2016).

La maladie frappe sans distinction les deux sexes avec cependant une légère prédominance notée en faveur du sexe masculin 59% ce qui concorde avec les autres travaux, notamment avec ceux de Khezzani et Bouchemal (2016), qui ont obtenus un pourcentage de 65. Il ressort de plusieurs études une prédominance masculine qui peut être expliquée par l'exposition plus fréquente des hommes à la piqûre du phlébotome due au fait que l'homme porte souvent des habits très peu couvrants et il est actif dans les foyers de LC et essentiellement dans les villages bâtis le long des oueds; les douars, et des zones urbaines et périurbaines qui forme une habitation insalubre favorable à la genèse et à l'entretien de la maladie (Ben Ghazi, 2010). Ce résultat peut être expliqué par le fait que les hommes sont beaucoup plus impliqués que les femmes dans les activités champêtres favorisant l'émergence de l'épidémie. Par contre les femmes ont été prédominantes dans d'autres travaux au Nord du Maroc qui ont rapporté un taux de 56 % des patients de sexe féminin (Chiheb *et al.*, 1999) et à Ouagadougou qui ont trouvé un taux de 50,3% de sujets de sexe féminin (Traore *et al.*, 2001).

Cette forme de la maladie prédomine chez la population très jeune (moins de 10 ans), même si toutes les tranches d'âge sont toujours représentées. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés en Algérie (Khezzani et Bouchemal, 2016), au Maroc (Arroub *et al.*, 2016);, en Iran (Fazaelia *et al.*, 2009) et en Tunisie (Ben Abda *et al.*, 2009). Ces travaux ont confirmés que la population jeune (moins de 30 ans) est la plus attaquée par la maladie. D'autres études ont montré que le groupe d'âge ≤ 20 ans est le plus infecté (Momeni et Aminjavaheri, 1994;

DISCUSSION

Sharma *et al.*, 2005). Dans le même contexte, le rapport de l'OMS (2010) a révélé que les lésions touchent principalement les enfants d'âge préscolaire. Ainsi, on note que la population infantile de moins de 10 ans est non immunisée et plus exposée au risque de la piqûre des insectes, contrairement aux adultes ayant développé une résistance à la maladie, en raison de leur exposition antérieure au parasite. En effet, dans les zones où la transmission est très active, la majorité des résidents sont immunisés et seuls les enfants et les immigrants sont sensibles (Reithinger *et al.*, 2003; Al Tawfiq et Abukhamsin, 2004). Les adultes de 20 à 40 ans est la tranche d'âge la peut touchée par la maladie qui peut être expliqué également par les mouvements relatives de la population dans les foyers de la Leishmaniose et l'immunisation progressive avec l'âge suite aux contacts répétés avec le parasite (Louzir *et al.*, 1999; Ben Abda, 2009). La prédominance de la LC chez les patients jeunes résulte d'une part par la reprise épidémique de la maladie dans un foyer instable de *Leishmania* et d'autre part, des divagations des enfants à cet âge lors de la période estivale, dont la température élevée favorise l'exposition de la face suite à l'éloignement des couchages la nuit (Masmoudi *et al.*, 2005). Les patients âgés, plus de 40 ans, présentent un faible taux de LC qui peut être lié au fait qu'ils ont été affectés et acquis une immunité à long terme au cours de leur enfance. Ils refusent de visiter l'hôpital a cause de l'utilisation des méthodes traditionnelle pour soigner cette maladie sans tenir compte des cicatrices qui résultent; c'est pour ça que le nombre de malades enregistrés pour cette tranche est faible (Akçali *et al.*, 2007).

La distribution des cas est clairsemée dans toutes les régions de Biskra avec prédominance de survenue dans des zones connues comme foyers et surtout l'apparition de nouveaux foyers dans les communes de cette wilaya. A partir des résultats, le cours de la maladie est conditionné par les facteurs environnementaux, ce constat a été corrélé avec l'hygiène du milieu et l'exode rural. Ainsi l'on remarque une nette recrudescence de la maladie en milieu urbain peut être liée à une mauvaise gestion des déchets. La recrudescence de nombre de LC dans les communes est liée à la recrudescence de la forme animale et à un terrain d'immunodépression. La responsabilité des modifications climatiques est clairement évoquée. Cette étude montre que toutes les communes de Biskra sont concernées par la Leishmaniose cutanée mais par une répartition inégale de la maladie. Cci peut être expliqué d'une part par l'effet de relief de la région (les montagnes, les plateaux, les plaines) et d'une autre part du au nombre élevé d'habitant par secteur (plus élevé au centre) .Ainsi que les mauvaises conditions socioéconomiques telle que le manque d'hygiène et des mauvais

DISCUSSION

travaux des aspersions des produits chimiques (insecticide) qui contribuent également à la pérennisation de cette parasitose.

A partir de l'année 2004, il y'a une réactivation des anciens foyers sous forme de poussées épidémiques. Le pic maximal ayant été atteint en 2005 (8375 cas) puis grâce à la mise en œuvre de la stratégie de riposte de la lutte contre la Leishmaniose en 2006 qui renforce la lutte contre le vecteur et le réservoir du parasite, La même évolution a été constatée dans les cas recrutés dans les service d'hygiène, la plupart de ces cas étaient originaires des régions de Tolga, Sidi Okba et Zeribet el oued, faisant penser à une poussée épidémique suivie d'une période d'accalmie.

Les phlébotomes sont beaucoup plus présents dans les zones rurales ou les aires boisées des villes (OMS, 2002). Il est donc normal une concentration des cas de la LC, qui varie dans les communes du Nord de Biskra, est observée.

Divers facteurs sont susceptibles d'agir sur la distribution, le développement et la densité des populations des vecteurs, et par conséquent sur la distribution de la maladie, à savoir la température, l'humidité, les barrières physique, l'habitat et la présence de l'hôte vertébré (Young et Arias, 1992; Boussaa et Boumezzough, 2014). L'étude de ces facteurs dans le milieu naturel est d'une grande valeur écologique et épidémiologique du fait qu'il constitue les zones à risque pour les leishmanioses. La bonne connaissance permettrait d'orienter les programmes de lutte anti-vectorielle et aussi de localiser les zones à risque pour un rôle prévisionnel. Les résultats obtenus permis de conclure que la plupart des cas de LC enregistrés en hiver ont été en réalité infectés en Été et en Automne (période d'activité du phlébotome adulte suivie par période de deux mois d'incubation de parasite) Ce résultat confirme les travaux antérieurs (Masmoudi *et al.*, 2007; Hjira *et al.*, 2014; Zait et Hamrioui, 2009). En conclusion l'étude de la relation entre les facteurs climatiques et la propagation des cas de LC doit être assurée par la déclaration du nombre de malades sur deux mois.

L'analyse des résultats montre une corrélation significative entre l'humidité, la température moyenne mensuelle et le nombre de cas de La LC pour la wilaya de Biskra. On peut donc déduire que le nombre de cas augmente avec l'augmentation de la température moyenne et l'humidité. Ces résultats sont supportés par des travaux qui suggèrent que la fréquence accrue des sécheresses, comme prévu dans les scénarios de changement climatique, est susceptible d'augmenter l'incidence de la leishmaniose dans la région (Cardenas *et al.*, 2009). Le réchauffement entraîne une prolongation de la saison chaude et un

DISCUSSION

raccourcissement des deux saisons intermédiaires, le printemps et l'automne. La prolongation de la saison chaude et le fait qu'elle chevauche de plus en plus la saison des pluies se traduisent par un allongement de la période propice à la transmission de la LC. Aussi les vecteurs pourront devenir plus abondants et étendre leur aire de répartition vers le nord lorsque le climat se réchauffe (Colange, 2011). Le vent et l'humidité sont des facteurs limitant pour la distribution de phlébotomes où la vitesse de vent limite serait de 1m/s. Au-dessus de cette valeur, aucun phlébotome ne pourrait se déplacer et l'humidité relative doit être supérieure à 45% (Depaquet *et al.*, 2010). D'après les résultats, le facteur vent est corrélé négativement et significativement avec le nombre de malades. Cela voudrait dire qu'une augmentation de la vitesse de vent s'accompagnerait d'une inhibition de l'extension de la maladie (Kalluri *et al.*, 2007). D'autres facteurs climatiques pourraient affecter la dynamique de transmission de la LC. L'humidité qui stimule l'oviposition, nécessite un repas sanguin avant la ponte pour la maturation des œufs. Ces repas justifient le nombre de piqûres et par conséquent le nombre de transmissions parasitaires. L'augmentation de la vitesse de vent s'accompagnerait d'une inhibition de vol chez les phlébotomes donc la diminution dans la transmission de la LC. L'accroissement de la température augmente la vitesse à laquelle les éléments pathogènes parviennent à maturité et se multiplient dans les phlébotomes, ce qui augmente les Chances de transmission de l'infection, ainsi que les hausses températures, créent des conditions de reproduction idéales pour les phlébotomes et pour une espèce de rat des sables (*Psammomys obesus*) qui sert de réservoir de la maladie. La transmission de la maladie s'effectue à l'intervalle des températures minimales comprises entre 9,5 et 22°C et des températures maximales entre 21 et 38°C (Abonnenc, 1972). Preneshni (2011) montre que l'effet des précipitations sur les vecteurs est indirect car leur augmentation crée plus des sites potentiels de reproduction des phlébotomes. Ce qui accorde avec notre étude (l'absence de signification entre la précipitation et le nombre des cas de la LC).

L'étude de la diversité et de la distribution géographique des maladies à transmission vectorielle dépendent de la compréhension des voies de transmission des parasites (Desjeux, 2004). Aussi la modélisation de la niche écologique, intégrant la classe d'occurrence avec des cartes environnementales, fournit un cadre utile pour traiter l'éco-épidémiologie géographique des maladies zoonotiques parce que leurs cycles de transmission impliquent sauvage différents (enzootique) et des réservoirs domestiques et des espèces vecteurs, chacun répondant à la variation de l'environnement et les facteurs climatiques, selon sa propre niche écologique (Muniaraj, 2014; Lafferty, 2009).

CONCLUSION

CONCLUSION

V. CONCLUSION:

L'inventaire et la distribution spatio-temporelle des phlébotomes, vecteurs de leishmaniose s'avèrent nécessaire pour l'établissement d'un plan de lutte contre ces maladie endémiques. La région du Biskra abrite une diversité de phlébotomes appartenant à plusieurs genres, et connue par l'émergence de la leishmaniose.

L'étude systématique menée dans la région de Biskra a montré la présence de 10 espèces de phlébotomes appartenant à deux genres *Phlebotomus* et *Sergentomyia*. Le genre *Sergentomyia* est légèrement plus abondant que *Phlebotomus*. Le premier genre est représenté par 6 espèces; *P. papatasi*, *P. sergenti*, *P. bergeroti*, *P. perniciosus*, *P. alexandri* et *P. chaboudi*. Le genre *Sergentomyia* est représenté par *S. minuta*, *S. fallax*, *S. antennata* et *S. christophersi*. L'enquête faunistique dans la région de Biskra révèle une faible diversité par rapport aux 22 espèces connues en Algérie. Seulement 6 espèces sont dominantes modérément ou constante. Les 4 autres espèces; *P. perniciosus*, *P. alexandri*, *P. chaboudi* et *S. christophersi* ont une distribution variable et dont la classe d'apparition était fréquent ou sporadique. La diversité des phlébotomes est caractérisée par la prédominance de 2 espèces, *P. papatasi* et *S. minuta* suivi par *S. fallax*, *S. antennata* et *P. sergenti*. La saisonnalité de la faune des Psychodidae est démontré active seulement durant la saison sèche et chaude qui s'étale d'Avril à Novembre. La répartition de l'abondance et la densité des espèces des phlébotomes est très inégale, avec des différences significatives entre sites.

L'étude épidémiologique rétrospective sur l'évolution de la leishmaniose cutanée dans la wilaya de Biskra durant la période 2005 et 2014, a permis de mettre en évidence la présence de la LC par une incidence annuelle faible tout au long de l'hiver et de l'automne dans les 33 communes de la Wilaya avec une prédominance chez le sexe masculin et la tranche d'âge d'enfant. En outre, la comparaison entre le taux d'incidence de la LC et les variables climatiques dans chaque délégation peut déterminer l'effet des conditions climatiques et environnementales sur la propagation de la maladie.

REFERENCES

REFERENCES

V. REFERENCES :

- Abonnenc E. 1972. Les phlébotomes de la région Ethiopienne (Diptera: Psychodidae). Mémoires; *ORSTOM, Série Entomologie Médicale et Parasitologie*. 289p.
- Achour -Barchiche N. & Madiou M. 2009. Leishmanioses Recrudescence des leishmanioses cutanées : à propos de 213 cas dans la wilaya de Tizi-Ouzou. *Maladies Infectieuses*. **57**: 65-70.
- Akçali C., Çulha G., Inalöz H.S., Savaş N., Önlen Y., Savaş L. & Kirtak N. 2007. Cutaneous Leishmaniasis in Hatay. *Dermatologie*. **1 (1)**: 1-7.
- Al Tawfiq J.A. & Abukhamsin A. 2004. Cutaneous leishmaniasis: a 46-years study of the epidemiology and clinical features in Saudi Arabia (1956–2002). *International Journal of Infectious Diseases*. **8 (4)**: 244-250.
- Arroub H., Belmekki M., Bencharki B., Bahdaoui K. & Habbari K.H. 2016. Répartition spatio-temporelle de la leishmaniose cutanée dans les zones semi arides Marocaines, *International Journal of Innovation and Applied Studies*. **14 (1)**: 187-197.
- Ashford R.W. 2000. The leishmaniasis as emerging zoonoses. *International Journal for Parasitology*. **30**: 1269-1281.
- 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. Mémoires ; *ORSTOM, Série Entomologie Médicale et Parasitologie*. **9**: 431- 460.
- Belazzoug S. & Mahzoul D. 1986. Notes sur les phlébotomes (Diptera: Psychodidae) du Hoggar. *Archives de l'Institut Pasteur, Algerie*. **55**: 113-116.
- Belazzoug S. 1986. Découverte d'un *Meriones shawi* (Rongeur, Gerbillidés) naturellement infesté par *Leishmania* dans le nouveau foyer de leishmaniose cutanée de Ksar Chellala (Algérie). *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*. **79 (5)**: 630-633.
- Belazzoug S. 1991. The sandflies of Algeria, *Parasitology* **33**: 85-87.
- Belazzoug S., Mahzoul D. & Rioux J.A. 1986. Les phlébotomes (Diptera: Psychodidae) de M'sila et Bou-Saada. *Archives de l'Institut Pasteur, Algerie*. **55**: 117-124.
- Belazzoug S., Lanotte G. & Maazoun R. 1985. Un nouveau variant enzymatique de *Leishmania infantum* Nicolle. 1908. Agent de la leishmaniose cutanée du Nord de l'Algérie. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*. **60 (1)**: 1-3.

REFERENCES

- Belazzoug S., Mahzoul D. 1980. Notes sur les phlébotomes (Diptera, Psychodidae) du Tassili N°Ajjer. *Archives de l'Institut Pasteur, Algerie.* **54**: 103-106
- Belazzoug S., Mahzoul D., Addadi K. & Dedet J.P. 1982. *Sergentomyia minuta parroti* (Adler et Theodor, 1927) en Algérie (Diptera: Psychodidae). *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée.* **57**: 621-630.
- Belazzoug S. 1982. Une épidémie de leishmaniose cutanée dans la région de M'sila (Algérie). *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique.* **75 (5)**: 497-504.
- Belkaïd M. & Harrat Z. 1997. La leishmaniose en Algérie. Mise au point. *Revue de Médecine et de Pharmacie.* 43- 46.
- Ben Abda I., Aoun K., Ben Alaya N., Bousslimi N., Mokni M. & Bouratbine A. 2009. Données épidémiologiques, cliniques et parasitologiques actualisées de la Leishmaniose cutanée en Tunisie. *Revue Tunisienne d'Infectiologie* **2**: 31- 36.
- Ben Ghazi A. 2010. La leishmaniose viscérale de l'adulte (étude de 18 observations en médecine interne). Thèse de doctorat, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Maroc. 91p.
- Ben Ismail R., Hellal H., Bach Hamba. & Ben Rachid M.S. 1987. Infestation naturelle de *Phlebotomus papatasi* dans un foyer de leishmaniose cutanée zoonotique en Tunisie. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique.* **80 (4)**: 613-614.
- Bencherif F. 2010. Contribution à l'étude des insectes d'intérêt médical dans les régions de Batna et de Biskra : Cas particulier des phlébotomes (Diptera : Psychodidae), thèse du magister. Univ. Hadj Lakhdar-Batna. Algérie. 118 pp.
- Benikhlef R., Harrat Z., Toudjine M., Djerbouh A., Bendali-Braham S. & Belkaid M. 2004. Présence de *Leishmania infantum* MON-24 chez le Chien. *Médecine Tropicale.* **64 (4)**: 381-383.
- Berchi S. 1990. Ecologie des phlébotomes (Diptere, Psychodidae) de l'Est algérien. Thèse du Magister. Université de Constantine, Algérie. 116p.
- Berchi S. 1993. Les phlébotomes (Insecta, Diptera, Psychodidae), vecteurs de leishmanioses dans l'Est algérien. *Bulletin de la Société zoologique de France.* **118 (3)**: 341-349.
- Boudrissa A., Cherif K., Kherrachi I., Benbetka S., Bouiba L., Boubidi S.C., Benikhlef R., Arrar L., Hamrioui B. & Harrat Z. 2012. Extension de *Leishmania major* au Nord de l'Algérie. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique.* **105 (1)**: 30-35.

REFERENCES

- Bougherara A. & Lacaze B. 2009. Etude préliminaire des images LANDSAT et AALSAT pour le suivi des mutations agraires des Ziban (extrême Nord-Est du Sahara algérien) de 1973 à 2007. *Journées d'animations scientifiques*. Alger. **9**: 6 p.
- Boukraa S., Boubidi S.C., Zimmer J.Y., Francis F., Haubruge E., Alibenali-Lounaci, Z. & Doumandji S. 2011. Surveillance des populations de phlébotomes (Diptera: Psychodidae), vecteurs des agents responsables des leishmanioses dans la région du M'Zab-Ghardaïa (Algérie). *Entomologie faunistique*. **63 (3)**: 97-101.
- Boulkenafet F. 2006. Contribution à l'étude de la biodiversité des Phlébotomes (Diptera : Psychodidae) et appréciation de la faune Culicidienne (Diptera : Culicidae) dans la région de Skikda. Thèse du Magister. Université de Constantine. Algérie. 191p.
- Boulkenafet F., Berchi S. & Louadi K. 2007. Les phlébotomes (Diptera : Psychodidae) et la transmission de la leishmaniose dans la région de Skikda. *Troisième Atelier National NAFRINET*. 2007 December 2-03, Université de Tébessa, Algérie.
- Bouamous A. 2010. Bio-systématique et caractérisation par la biologie moléculaire des phlébotomes de l'Est Algérien. Thèse de doctorat, Université Mahmoud Mentouri, Constantine. 255p.
- Bouamous A., Boudabous R. Jouet D., Augot D., Ferté H., Babba H., Berchi S. & Depaquit J. 2008. Caractérisation moléculaire et morphologique de deux espèces affines de *Paraphlebotomus*: *phlebotomus chabaudi* Croset, Abonnenc & Rioux, 1970 et *P. riouxi* Depaqui, Killck-Kendrick & Leger, 1998 (Diptera, Psychodidae). *Parasite*. **15**: 565-571.
- Boussaa S. & Boumezzough A. 2014. Identification et caractérisation des gîtes larvaires de phlébotomes (Diptera: Psychodidae) à Marrakech (Maroc). *Entomologie Faunistique*. **67**: 193-201.
- 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 d'état, Université Louis Pasteur Strasbourg. France. 181p.
- Buisson G. & Cornée A. 1989. Quelques données sur les antécédents climatiques du Sahara: la désignation des couches détritiques rouges et évaporites du Trias du Lias Dogger. *Bulletin de la Société géologique de France*. **4 (1)**: 3-11.
- Cardenas L., Castilla J.C. & Viard F. 2009. A phylogeographical analysis across three biogeographical provinces of the south-eastern Pacific: the case of the marine gastropod *Concholepas concholepas*. *Journal of Biogeography*. **36**: 969-981.
- Carme B. 2009. Diagnostic biologique et surveillance des leishmanioses à Cayenne (Guyane française). *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*. **102 (2)**: 123-127.

REFERENCES

- Chauvet G. 1984. Investigations entomologiques dans les foyers de Leishmaniose cutanée de la wilaya de M'sila, *Rapport d'une mission en Algérie*. 36p.
- Chergaoui I. 2011. La leishmaniose cutanée dans la province de sidi Kacem (2006- 2010). Thèse de doctorat. Université Mohammed V. Maroc. 133 p.
- Cherif K. 1994. Les phlébotomes de Bousaada et de M'sila –Etude de la susceptibilité aux insecticides, Thèse de Magistère, université de Bousaada, Algérie. 150p
- Cherif K. 2014. Etude éco-épidémiologique de la leishmaniose cutanée dans le Bassin du Hodna (M'Sila). Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas, Sétif, Algérie. 194p.
- Chiheb S., Guessous-Idrissi N. & Hamdani A. 1999. Leishmaniose cutanée à leishmania tropical dans un foyer émergent au nord du Maroc : nouvelles formes cliniques. *Annales de Dermatologie et de Vénérologie*. **126 (5)**: 419-422.
- Colange H. 2011. Contribution à l'étude du repas sanguin de *Phlebotomus perniciosus* (Diptera: Psychodidae). Thèse de docteur vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. 78 p.
- Compton S.G., Bullock J.M., Kenward R.E. & Hails R.S. 2002. Sailing with the wind: dispersal by small flying insects. In. *Dispersal ecology: The 42nd Symposium of the British Ecological Society*, 2001 April 2–5, Univ. of Reading, UK. *Black well Publishing*.113-133.
- Cristesco, A. & Dancesco P. 1967. Contributions à la différenciation morphologique des femelles appartenant aux espèces *Phlebotomus major* et *Phlebotomes perfilewi* (Diptera, Psychodidae) de Roumanie. *Archives Roumaines de Pathologie Expérimentale et de Microbiologie*. **26**: 319-326.
- Croset H., Rioux J. A., Maistre M. & Bayar N. 1978. Les phlébotomes de Tunisie (Diptera, Phlebotomidae) Mise au point systématique, chorologique et éthologique. *Annales de Parasitologie* (Paris). **53 (6)**: 711-749.
- Dajoz R. 2003. Précis d'écologie. *Edt. Dunod*. (Paris). France. 423p.
- Dajoz R. 1985. Précis d'écologie. *Edt. Dunod*, (Paris). France. 505p.
- Dancesco P. 2008. Les espèces de phlébotomes (Diptera: Psychodidae) de Roumanie, certains aspects de leur écologie et nouvelles stations de capture. *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle*. Grigore Antipa. **51**: 185-199.
- Dancesco P., Cristesco A., Costin P., Stefanescu I., Mazilu V., Schirer A., Badoiu V. & Ionesco. H. 1970. Nouvelles stations de capture de *Phlebotomus longiductus* Parrot, 1928 en Roumanie. *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*. **47**: 57-63.

REFERENCES

- De Martonne E. 1925. Traité de Géographie Physique: (**3 tomes**), Paris.
- Dedet J.P. & Addadi K. 1974. Description de la femelle de *Phlebotomus (Paraphlebotomus) chabaudi* Croset, Abonnenc et Rioux, 1970 (Diptera, Psychodidae). *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*. **67**: 308-315.
- Dedet J.P. & Addadi K. 1977. Epidémiologie des Leishmaniose en Algérie. Les phlébotomes (Diptera: Psychodidae) des Aurès. *Archives de l'Institut Pasteur, Algérie*. **52**: 85-94.
- Dedet J.P. 2009. Leishmanies, leishmanioses : biologie, clinique et thérapeutique. (Elsevier Masson SAS, Paris), *Maladies infectieuses*. 8-506.
- Dedet J.P., Addadi K. & Tabet-Deraz O. 1973. Epidémiologie des leishmanioses en Algérie 1-Captures de Phlébotomes (Diptera: Psychodidae) à Biskra. Présence de *Sergentomyia christophersi* (Sinton, 1927) en Algérie. *Archives de l'Institut Pasteur, Algérie*. **51**: 183-194.
- Dedet J.P., Addadi K. & Belazzoug S. 1984. Les Phlébotomes (Diptera, Psychodidae) d'Algérie. Mémoires, ORSTOM, *Série Entomologie Médicale et Parasitologie*. **22 (2)**: 99-127.
- Del Giudice P., Marty P., Lacour J.P., Perrin P., Pratlong F. & Haas H. 1998. Cutaneous leishmaniasis due to *Leishmania infantum*, case report and review. *Archives of Dermatology*. **134**: 193-198.
- Depaquit J., Grandadam M., Fouque F., Andry P.E. & Peyrefitte C. 2010. Arthropod-borne viruses transmitted by Phlebotomine sandflies in Europe: A review. *European Surveillance*. **15 (10)**: 195-207.
- Depaquit J., Léger N. & Robert V. 2008. Les Phlébotomes de Madagascar (Diptera: Psychodidae). VI-Un sous-genre nouveau (*Vattieromyia*) avec trois espèces nouvelles: *Sergentomyia (V.) sclerosiphon*, *S. (V.) namo* et *S. (V.) anka*. *Parasite*. **15**: 15-26.
- Desjeux P. 2002. Urbanisation of the leishmaniasis. Moving towards a solution the Second International Canine Leishmaniasis *Forum Sevilla, Spain*. 49-55.
- Desjeux P. 2004. Leishmaniasis: Current situation and new perspectives. *Comparative Immunology and Microbiology Infectious Diseases*. **27 (5)**: 305-318.
- Dubost D. & Larbi-Youcef Y. 1998. Mutations agricoles dans les oasis algériennes: l'exemple des Ziban, *Sécheresse*. **9**: 103-110.
- Eddaikra N., Kherachi Djenad I., Benbetka S., Benikhlef R., Ait-Oudhia Kh., Moulti-Mati F., Bruno O., Denis S. & Harrat Z. 2016. Development of a Murine Infection Model with

REFERENCES

- Leishmania killicki*, Responsible for Cutaneous Leishmaniosis in Algeria: *Application in Pharmacology Biology and Medical Research International*. 8 p.
- 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.
- Emberger L. 1971. Considérations complémentaires au sujet de recherches bioclimatiques et phytogéographiques écologiques. In : *Travaux de botanique et d'écologie*. Ed. Masson et Cie. Paris. 691-301.
- Euzeby J. 1984. Les parasites humains d'origine animale. Caractères épidémiologiques. *Ed. Flammarion*. Paris. 324p.
- Farzin-Nia B., Hanafi-Bojd A.A. 2007. The sand fly fauna of an Endemic Focus of Visceral Leishmaniasis in Central Iran. *Iranian Journal of Arthropod-Borne Diseases*. **1(2)**: 48–52.
- Faurie C., Ferrá C.H., Medori P., Devaux J. & Hemptinne J.L. 2003. *Ecologie: approche scientifique et pratique*. Paris, *Ed. Techniques et Documentations*. 407 p.
- Fazaelia A., Fouladic B. & Sharifid I. 2009. “ Emergence of cutaneous leishmaniasis in a border area at south-east of Iran: an epidemiological survey”, *Journal of Vector Borne Diseases*. **46**: 36- 42.
- Fischer D., Thomas S.M. & Beierkuhnlein C. 2011. Modeling climatic suitability and dispersal for disease vectors: the example of a phlebotomine sandfly in Europe. *Procedia Environmental Sciences*. **7**: 164–169.
- França C. 1918. Note sur les espèces portugaises du genre *Phlebotomus*. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*. **11**: 730-733.
- Giacobe A. 1961. Nouvelles recherches écologiques sur l'aridité dans les pays de la méditerranée occidentale. *Naturalia Monspelienis, Série Botanique*. Montpellier. **11**: 7-28.
- Guan L.R., Xu Y.X., Li B.S. & Dong J. 1986. The role of *Phlebotomus alexandri*, Sinton, 1928 in the transmission of kala-azar. *Bulletin of the World Health Organization*. **64**: 107-112.
- Harrat Z. & Belkaid M. 2003. Les leishmanioses dans l'Algérois. Données épidémiologiques. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*. **96 (3)**: 212-214.

REFERENCES

- Harrat Z. 1998. Les techniques de base d'entomologie médicale « Les phlébotomes ». *Institut Pasteur d'Algérie*. 28 p.
- Harrat Z., Boubidi S.C., Pratlong F., Benikhlef R., Selt B., Dedet J.P., Ravel C. & Belkaid M. 2009. Description of a dermatropic *Leishmania* close to *L. killicki* (Rioux, Lanotte and Pratlong (1986) in Algeria. *Transactions of the Royal society of Tropical Medicine and Hygiene*. **90** (6): 625-629.
- Harrat Z., Hamrioui B., Belkaïd M. & Tabet-Derraz O. 1995. Point actuel sur l'épidémiologie des leishmanioses en Algérie. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*. **88** (4): 180-184.
- Harrat Z., Pratlong F., Belazzoug S., Dereure J., Deniau M., Rioux J.A., Belkaid M. & Dedet J.P. 1996. *Leishmania infantum* and *Leishmania major* in Algeria. *Transactions of the Royal society of Tropical Medicine and Hygiene*. **90** (6): 625-629.
- Hjira N., Frikh R., Marcil T., Lamsyah H., Oumakhir S., Baba N. & Boui M. 2014. Aspects épidémiocliniques et évolutifs chez 157 cas de leishmaniose cutanée au Maroc. *Dermatologie*. **17**: 272-3268.
- Izri M.A. & Belazzoug S. 1993. *Phlebotomus (Larrousius) perfiliewi* naturally infected with dermatropic *Leishmania infantum* at Tenes, Algeria. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. **87** (4): 399.
- Izri M.A., Belazzoug S., Pratlong F. & Rioux J.A. 1992. Isolement de *Leishmania major* chez *Phlebotomus papatasi* à Biskra (Algérie): fin d'une épopée écoépidémiologique. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*. **67**(1): 31-32.
- Izri M.A., Depaquit J. & Parola P. 2006. Phlébotomes et transmission d'agents pathogènes autour du bassin méditerranéen. 429- 435.
- Janini R., Saliba E., Khoury S., Oumish O., Adwan S. & Kamhawi S. 1995. Incrimination of *Phlebotomus papatasi* as vector of *Leishmania major* in the southern Jordan Valley. *Medical and Veterinary Entomology*. **9** (4): 420-422.
- Kaabeche M. 1996. La végétation steppique du Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Essai de synthèse phytosociologique par application des techniques numériques d'analyses. *Documents phytosociologiques*. **16**: 213-218
- Kabbout N., Merzoug D. & Chenchouni H. 2016: Ecological Status of Phlebotomine Sandflies (Diptera: Psychodidae) in Rural Communities of North-eastern Algeria. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*. **10** (1): 24-38.
- Kalluri S., gilruth P., Rogers D. & Szczur M. 2007. Surveillance of Arthropod Vector-Borne Infectious Diseases Using Remote Sensing Techniques: A Review. *Pathologies* **3**:1361-1371.

REFERENCES

- Khachai S. 2001. Contribution à l'étude du comportement hydro physiques des soles des périmètres de I.T.D.A.S, plaine de l'Outaya ». Thèse de Magister. Institut d'Agro. Université de Batna.
- Khezzani B., Bouchemal S. 2016. Demographic and spatio-temporal distribution of Cutaneous Leishmaniasis in the Souf Oasis (Eastern South of Algeria): Results of 13 years. *Acta Tropica*. **166**: 74-80.
- Killick Kendrick R. 1985. Some epidemiological consequences of the evolutionary fit between Leishmaniae and their phlebotomine vectors. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*. **78**: 747-755.
- Killick-Kendrick R. 1990. Phlebotomine vectors of the leishmaniasis: a review. *Medical and Veterinary Entomology*. **4** (1): 1-24.
- Killick-Kendrick R., Leaney A.J., Peters W., Rioux J.A. & Bray R.S. 1985. Zoonotic cutaneous leishmaniasis in Saudi Arabia: the incrimination of *Phlebotomus papatasi* as the vector in the Al Hassa oasis. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. **79** (2): 252-255.
- Kishore k., Kumar V. & Kesari S. 2006. Vector control in leishmaniasis. *Indian Journal of Medicine Research*. **123**: 467-72.
- Lafferty K.D. 2009. The ecology of climate change and infectious diseases. *Ecology* **90**(4): 888-900.
- Le Berre M. 1989. La faune du Sahara I, Poisson, Amphibien, Reptiles. Ed. Raymond Chanbaud Lechevalier. Paris. Coll (Terre africaine). 328 p.
- Le Houerou H.N., Claudin J. & Pouget M. 1977. Etude bioclimatique des steppes algériennes (Avec une carte bioclimatique à 1/1.000.000^{ème}). *Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord*. (Alger). **68**: 33-74.
- Léger N. & Depaquit J. 2001. Les phlébotomes et leur rôle dans la transmission des leishmanioses. *Revue Française des laboratoires*. **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. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*. **58**: 611-623.
- Leveque C. 2001. Ecologie de l'écosystème à la biosphère. *Masson Sciences edt. Dunod*, Paris. 502p.
- Lewis D.J. 1982. A taxonomic review of genus *Phlebotomus* (Diptera: Psychodidae). *Bulletin of the British Museum (Natural History)(Entomology)*. **45**: 121-209.

REFERENCES

- Louzir H. & Dellagi K. 1999. Les leishmanioses : un modèle d'étude des interactions hôte parasite; implication pour la maladie humaine. *Médecine* **10**: 67-80.
- Madulo-Leblond. 1983. Les Phlébotomes (Diptera: Phlebotomidae) des Iles Ioniennes. Thèse Doctorat, ES-Sciences, Faculté de Pharmacie, Université Reims, France. 218p.
- Mansour N.S., Fryauff D.J., Modi B., Mikhail E.M. & Youssef F. 1991—Isolation and characterization of *Leishmania major* from *Phlebotoms papatasi* and military personnel in north Sinai, Egypt. *Transactions of the Royal society of Tropical Medicine and Hygiene*. **85**: 590-591.
- Mansouri R. & Titi A. 2008. La leishmaniose cutanée dans la région d'Annaba: aspects clinico-épidémiologique. Résultats préliminaires de deux années d'observation (2006-^{ème} 2007). 12^{ème} Journée nationale. Université, Khémis Meliana, Algérie.
- Mansouri R., Pratlong F., Bachi F., Hamrioui B. & Dedet J.P. 2012. The first Isoenzymatic Characterizations of the *Leishmania* Strains Responsible for Cutaneous Leishmaniasis in the Area of Annaba (Eastern Algeria). *The Open Conference Proceedings journal*. **3**: 6-11.
- Maroli M., Gramiccia M., Gradoni L., Ready P.D., Smith D.F. & Aquino C. 1988. Natural infection of phlebotomine sandflies with Trypanosomatidae in central and south Italy. *Transactions of the Royal society of Tropical Medicine and Hygiene*. **82 (2)**: 227-228.
- Marty P. 2009. Quelle procédure diagnostique pour quelle leishmaniose? *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*. **102 (2)**: 123-129.
- Marty P., Del Giudice P. & Desjeux P. 2002. Leishmanioses : Aspects Epidémiologique, Clinique et Biologique. *Feuillets de Biologie*. **43**: 31-39.
- Masmoudi A., Ayadi N. & Boudaya S. 2007. Polymorphisme clinique de la leishmaniose cutanée du centre et sud tunisien. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*. **100 (1)**: 36-40.
- Masmoudi A., Kitar A., Rebai M., Bouassida S., Turki H. & Zahaf A. 2005. La leishmaniose cutanée de la face dans la région de Gafsa, Tunisie. *Dermatologie*. **98 (5)**: 374-379.
- Messai N., Berchi S., Boulkenafed F. & Louadi K. 2011. Diversité biologique de phlébotomes (Diptera: Psychodidae) de la région de Mila. *Proceeding of SIBFA*. Université d'Ouargla, Algérie. 182-184.
- Mhamdi Z. 2013. Les Leishmanioses Cutanées en Tunisie. *Capacité de Médecine Tropicale*. 14-33.

REFERENCES

- Mihoubi I., De Monbrison F., Romeuf N., Moulahem T. & Picot S. 2006. Diagnostic délocalisé par PCR temps réel de la leishmaniose cutanée sévissant dans le foyer de Constantine (Algérie). *Médecine tropicale*. **66**: 39-44.
- Momeni A.Z. & Aminjavaheeri M. 1994. Clinical picture of cutaneous leishmaniasis in Isfahan, Iran. *International Journal of Dermatology*. **33**: 260-265.
- Morsy T.A., Merdan A.L., Shoukry A., El Said A., Saud S. & Wahba M.M. 1992. Experimental efficiency of *Phlebotomus papatasi* in maintaining development of four species of *Leishmania*. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*. **22**: 241-251.
- Moulaham T., Fendri A. H., Harrat Z., Benmezdad A., Aissaoui K., Ahraou S. & Addadi K. 1998. Contribution à l'étude des phlébotomes de Constantine: espèces capturées dans un appartement urbain. *Entomologie Médicale Courte Note N° 1952*.
- Moussi A. 2012. Analyse systématique et étude bio-écologique de la faune des acridiens (Orthoptera, Acridomorpha) de la région de Biskra, thèse de doctorat. Université de Constantine. Algérie. 112 p.
- Muniaraj M. 2014. The lost hope of elimination of Kala-azar (visceral leishmaniasis) by 2010 and cyclic occurrence of its outbreak in India, blame falls on vector control practices or co-infection with human immunodeficiency virus or therapeutic modalities. *Tropical Parasitology*. **4**: 10-19.
- Murray H.W., Berman J. D., Davies C. R. & Saravia N. G. 2005. Advances in leishmaniasis. *Lancet*. **366**: 1561-77.
- OMS. 2014. journée mondiale de la Santé 2014: Prévention des maladies à transmission vectorielle. <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014>.
- OMS. 2002. 365 Urbanisation: facteur de risque croissant pour la leishmaniose. <http://www.who.int/wer/2002/wer7744/fr/>.
- OMS. 2010. Rapport de la réunion du comité OMS d'experts de la lutte contre les leishmanioses, Genève, Série de rapports techniques. 949. http://www.who.int/leishmaniasis/disease_epidemiology/en/2010.
- Ozenda P. 1991. Flore et végétation du Sahara. 3^e Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris. 39-96.
- Ozenda. P. 1983. Flore de sahara. Ed. CNRS. Paris. 622 p.
- Papot E. 2007. La leishmaniose à *Leishmania braziliensis* en Guyane Française. Thèse de doctorat d'état, Université Bordeaux 2- Victor Segalen, Paris. p 41.

REFERENCES

- Parrot L. & Douiry P. 1956. Notes sur les phlébotomes. LXVIII-Nouveaux phlébotomes du Hoggar. *Archives de l'Institut Pasteur, Algerie*. **33**: 315-321.
- Parrot L. 1917. Sur un nouveau phlébotome algérien *Phlebotomus sergenti* sp. nov. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*. **10**: 564-567.
- Parrot L. 1931. Biological Observations of *Phlebotomus papatasi* (Scop.). *Archives de l'Institut Pasteur, Algerie*. **Vol.9, No.3**. 442-450.
- Pirmez C.Da., Silva Trajano V., Paes-Oliveira Neto M. Da., Cruz A. M. DA., Costa S. C. G., Cathano M., Degrave W. & Fernandes O. 1999. Use of PCR in diagnosis of human American tegumentary leishmaniasis in Rio de Janeiro. *Brazilian Journal of Clinical Microbiology*. **37**: 1819-1823.
- Preneshni R.N. 2011. The impact of climate change and other factors on zoonotic diseases. *Archives of Clinical Microbiology*. **Vol. 2 No. 2(4)**: 1-6.
- Rahi A., Hraiga B. & Hassoni J. 2014. Some Epidemiological Aspects of Cutaneous Leishmaniasis in Kut city, Iraq. *Microbiology*. **2**: 451-455.
- Ramade F. 1984. Eléments d'écologie. Ecologie -fondamentale. *Ed. Mc Graw-Hill*.
- Ramade F. 2003. Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale. 3^e Ed. *dunod*. Paris. 690p.
- Reithinger R., Mohsen M., Aadil k., Sidiqi M., Erasmus P. & Coleman P.G. 2003. Anthroponotic Cutaneous Leishmaniasis, Kabul, Afghanistan. *Emerging Infectious Diseases*. **6 (9)**: 112-119.
- Rioux J.A., Croset H. & Guy Y. 1970. Présence de *Phlebotomus (Paraphlebotomus) chabaudi* Croset, Abonnenc et Rioux, 1970 en Algérie. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*. **45**: 875-880.
- Rioux J.A., Croset H. & Léger N. 1974. Présence en Espagne de *Phlebotomus alexandri* Sinton, 1928 (Diptera: Psychodidae). *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*. **49**: 126-128.
- Rioux J.A., Petter F., Zahaf A., Lanotte G., Houin R., Jarry D., Perieres J., Martini A. & Sarhani S. 1986. Isolement de *Leishmania major* Ykinmoff et Schokhor, 1914 (Kinetoplastida- Trypanosomatidae) chez *Meriones shawi* (Duvernoy, 1842) (Rodentia: Gerbillidae) en Tunisie. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*. **61**: 139-145.
- Rioux J.A., Rispail P., Lanotte G. & Lepart J. 1984. Relations phlébotomes-bioclimats en écologie des leishmanioses. Corollaires épidémiologiques. L'exemple du Maroc. *Bulletin de la Société botanique de France*. **131**: 549-557.

REFERENCES

- Rioux J.P. & De la Roque S. 2003. Climat, leishmanioses et trypanosomoses, in: Changements climatiques, maladies infectieuses et allergiques. *Annales de l'Institut Pasteur/actualités*, paris. 41-60.
- Rodhain F. & Perez C. 1985. Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Notion d'épidémiologie des maladies à vecteurs. Ed. Maloine, 458 p.
- Rodhain F. 2000. Impact sur la santé : le cas des maladies à vecteurs, Rapport de la Mission interministérielle de l'Effet de serre, *MIES*. 122-127.
- Rydzanicz K. & Ionc E. 2003. Species composition and seasonal dynamics of mosquito larvae in the Wroclaw, Poland area. *Journal of Vector Ecology*. **28 (2)**: 255-266.
- Sauvage C. 1963. Le coefficient pluviothermique d'Emberger, son utilisation et la représentation géographique de ses variations au Maroc. *Annales du Service de physique du globe et de météorologie de l'Institut Scientifique Chérifien*. **20**: 11p.
- Senevet G. & Andarelli L. 1956. Présence en Algérie de *Thoebald subochrea* Edwards, *Archives de l'Institut Pasteur, Algérie*. **34**: 223-226.
- Sergent E. & Parrot L. 1926. Chronique du bouton d'orient. *Archives de l'Institut Pasteur, Alger*. **4**: 26-96.
- Sergent E. 1914. Première note sur les Phlébotomes algériens. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*. **7**: 660-662.
- Sergent Ed., Parrot I., Donatien A. & Beguet. 1921. Transmission du clou de Biskra par le phlébotome *Phlebotomus papatasi* Scopoli. *Comptes-rendus des séances de l'Académie des Sciences*. **173**: 1030-1032.
- Sharma N.L., Mahajan V.K., Kanga A., Sood A., Katoch V.M. & Mauricio I. 2005. Localized cutaneous leishmaniasis due to *Leishmania donovani* and *Leishmania tropica*: preliminary findings of the study of 161 new cases from a new endemic focus in Himachal Pradesh, India. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. **72**: 819-824.
- Signorini M., Drigo M., Marcer F., Frangipane di Regalbano A. & Gasparini G.F. 2013. Comparative field study to evaluate the performance of three different traps for collecting sand flies in northeastern Italy. *Journal of Vector Ecology*. 374-378.
- Singh S. & Sivakumar R. 2003. Recent advances in diagnosis of leishmaniasis. *Journal of Postgraduate Medicine*. **49**: 1-9.
- Spellerberg I.F. & Fedor P.J. 2003. A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species diversity and the “Shannon-Wiener” Index. *Global Ecology and Biogeography*. **12 (3)**: 177-183.

REFERENCES

- Stewart P. 1969. Un nouveau climagramme pour l'Algérie et son application au barrage vert. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord*. **6**: 1-2.
- Sukkar F. 1978. Kala azar in Irak in 1975. *Bulletin of Endemic Disease*. **19**: 29-38.
- Théodoridès J. 1997. Note historique sur la découverte de la transmission de la leishmaniose cutanée par les phlébotomes, *Histoire*. **No 1863**: 1-2.
- Traore K.S., Sawadogo N.O. & Traore A. 2001. Etude préliminaire de la leishmaniose cutanée dans la ville d'Ouagadougou de 1996- 1998. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*. **24 (1)**: 52-55.
- Trouillet J. & Faye. 1993. Phlébotomes du Sénégal. Présence de *Phlebotomus (Phlebotomus) bergeroti* Parrot, 1934 (Diptera, Psychodidae). *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*. **68 (2)**: 101-103.
- Vial. Y. & Vial. M. 1974. Le Sahara milieu vivant. *Ed. Hatier*, Paris. 223 p.
- Yaghoobi-Ershadi M.R., Javadian E. & Tahuildar-Bidruni G.H. 1995. *Leishmania major* MON-26 isolated from naturally infected *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae) in Isfahan province, Iran. *Acta Tropica*. **59 (4)**: 279-282.
- Young D. & Arias J. 1992. Phlebotomine sand flies in the Americas. Washington, DC *Pan American Health Organization*.
- Zait & Hamrioui B. 2009. Leishmanioses cutanées en Algérie: Bilan de 386 cas diagnostiqués au CHU Mustapha d'Alger de 1998 à 2007. *Parasitologie*. **412**: 33-39.

RESUMES

Résumé :

Les phlébotomes ont un rôle épidémiologique important en tant que vecteur de plusieurs agents pathogènes affectant les animaux en général et l'homme en particulier. A cet effet, le présent travail a été orienté à l'établissement d'un inventaire faunistique des phlébotomes et leurs répartition spatio-temporelle dans plusieurs stations dans la région de Biskra (Nord-Est de l'Algérie aux portes du Sahara), durant la période de Mai 2012 à Avril 2013.

Les captures des phlébotomes adultes sont effectuées à l'aide de deux types de pièges ; papiers adhésifs et piège lumineux CDC, au niveau des milieux domestiques et péri-domestiques appartenant à 15 localités à vocation urbaines, suburbaines et rurales situées à la wilaya de Biskra, dans un étage bioclimatique aride, dont la quasi totalité connaissent des cas de leishmanioses cutanées (Clou de Biskra). L'étude systématique a permis l'identification de 10 espèces de phlébotomes appartenant à deux genres *Phlebotomus* et *Sergentomyia*. Le genre *Sergentomyia* est légèrement plus abondant que *Phlebotomus*, il représente 52.67% de l'abondance numérique totale, soit 768 individus. Le premier genre est représenté par 6 espèces; *P. papatasi* (37.65%), *P. sergenti* (5.08%), *P. bergeroti* (1.99%), *P. perniciosus* (1.65%), *P. alexandri* (0,75%) et *P. chaboudi* (0.21%). Le deuxième genre *Sergentomyia* est représenté par *S. minuta* (22.7%), *S. fallax* (15.29%), *S. antennata* (14.27%) et *S. christophersi* (0.41%). La diversité des phlébotomes est caractérisée par la prédominance de 2 espèces, *P. papatasi* et *S. minuta* suivi par *S. fallax*, *S. antennata* et *P. sergenti*, et une distribution qui couvre toute la région d'étude.

Parallèlement, une étude épidémiologique rétrospective, de 2005 à 2014, a été effectuée à partir des données requises des relevés mensuels et annuels des différents secteurs de la santé de la wilaya de Biskra, principalement, le laboratoire central d'hygiène. Les résultats obtenus ; exploités et analysés par communes, sexe et tranche d'âge, sont discutés par rapport aux travaux antérieurs et ont été corrélés aux facteurs climatiques.

L'étude de la diversité et la répartition spatio-temporelle des phlébotomes; lorsque la transmission de la maladie de la leishmanie est probable, devienne une partie intégrante de l'élaboration des programmes de surveillance et des mesures de contrôle et ces indices sont directement impliquées dans la propagation et la dynamique des maladies de leishmaniose infectieuse (LV et LC). Bien que la présente étude contribue à la mise en évidence de l'existante des ces vecteurs dans la région de Biskra, il est aussi important de considérer que les fluctuations saisonnières des phlébotomes qui varient tout au long de l'année, affecte à la fois l'abondance de quelques espèces et la composition de la diversité qui répond aux variations climatiques.

ABSTRACT

Abstract

Sand flies have an important epidemiological role as a vector of several pathogens affecting generally animals and particularly humans. The purpose of the present work was to carry out a faunistic inventory of sand flies and their spatio-temporal distribution at several stations in Biskra region (North-Eastern Algeria, the gates of the Sahara), during the period of May 2012 to April 2013.

The sand fly collection was done using 2 types of trap, adhesive paper and CDC light, distributed in domestic and peri-domestic environments, throughout 15 sites belonging to urban, suburban and rural localities, in an arid bioclimatic stage, with the most were knowing cutaneous leishmaniasis cases (Biskra nail). The systematic study revealed the identification of 10 species of sand flies belonging to two genera *Phlebotomus* and *Sergentomyia*. The genus *Sergentomyia* is slightly more abundant than *Phlebotomus*, with a 52.67% of total numerical abundance, which represents 768 individuals. The first genus was represented by 6 species; *P. papatasi* (37.65%), *P. sergenti* (5.08%), *P. Bergeroti* (1.99%), *P. perniciosus* (1.65%), *P. alexandri* (0.75%), and *P. chaboudi* (0.21%). The second genus *Sergentomyia* was represented by 4 species *S. minuta* (22.7%), *S. fallax* (15.29%), *S. antennata* (14.27%) and *S. christophersi* (0.41%). The ecological indices showed that the diversity of phlebotomes was characterized by the predominance of 2 species, *P. papatasi* and *S. minuta* followed by *S. fallax*, *S. antennata* and *P. Sergenti*, with a distribution that covering all the study region.

At the same time, a retrospective epidemiological study, from 2005 to 2014, was carried out using a data of monthly and yearly made statement from the different health services in Biskra and mainly the central hygiene laboratory was considered. The obtained results, explored and analysed by communes, sex and age bracket were discussed and compared to previous works and correlated with climatic factors.

The survey of the temporal and spatial distribution of sand fly communities; when *leishmania* disease transmission is likely occurred, become an integral part for drawing out surveillance programs and control measures and these indices are directly implicated in the dynamics of infectious *leishmania* diseases (VL and CL). While this result contributes to the existing survey of sand fly vectors in Biskra region, it is important to consider that seasonal fluctuations of phlebotomine insects which are varied across the year, affecting both the abundance of individual species and the diversity composition, and their subsequent response to climatic variation.

ملخص:

ذباب الرمل له دور وبائي مهم كناقل للعديد من مسببات الأمراض التي تصيب الحيوانات بصفة عامة والإنسان على وجه الخصوص، ولهذه الغاية تم توجيه هذا العمل عن طريق إجراء جرد لحشرات ذباب الرمل وتوزيعها حسب المكان والزمان في عدة مواقع في منطقة بسكرة (شمال شرق الجزائر عند بوابة الصحراء) خلال الفترة الممتدة ما بين ماي 2012 و أفريل 2013.

صيد ذباب الرمل البالغ تم باستخدام نوعين من المصائد: أوراق لاصقة ومصيدة ضوئية (CDC)، في اوساط المنازل ومحيطها بـ 15 موقعا في ولاية بسكرة ذات طابع حضري، شبه حضري وريفي تنتمي إلى المناخ الجاف، حيث يعرف معظمها حالات لداء الليشمانيا الجلدي (حبة بسكرة). أين الدراسة التصنيفية سمحت بتحديد 10 أنواع من ذباب الرمل تنتمي إلى جنس *Phlebotomus* و *Sergentomyia*. حيث ان جنس *Sergentomyia* أكثر انتشارا بقليل من جنس *Phlebotomus* ، إذ يمثل 67,52% من العدد الإجمالي أي 768 ذبابة رمل. ويمثل الجنس الأول بستة أنواع: *P. papatasi* (37,65%)، *P. sergenti* (5,08%)، *P. bergeroti* (1,99%) ، *P. perniciosus* (1,65%)، *P. alexandri* (0,75%) و *P. chaboudi* (0,21%) . ويمثل الجنس الثاني *Sergentomyia* بالأنواع التالية : *S. minuta* (22,7%) ، *S. christophersi* (0,41%) ، *S. fallax* (15,29%)، *S. antennata* (14,27%). يتميز تنوع ذبابة الرمل بهيمنة النوعين *P. papatasi* و *S. minuta* تليها الأنواع *S. Fallax*، *S. antennat*، *P. sergenti*.

وبالتوازي مع ذلك أجريت دراسة وبائية مسبقة للمعطيات الشهرية والسنوية المحصل عليها من سجلات مختلف قطاعات الصحة ببسكرة، وبالأخص المخبر المركزي للنظافة للفترة الممتدة بين عامي 2005 و 2014. النتائج المحصل عليها تم تحليلها حسب البلديات والجنس والفئات العمرية. ونوقشت هذه الاخيرة بالمقارنة مع أعمال سابقة ، حيث تم دراسة علاقتها مع العوامل المناخية.

دراسة التنوع والتوزيع المكاني والزمني لذباب الرمل، عندما يكون من المحتمل انتقال مرض الليشمانيا، أصبحت جزءا لا يتجزأ من تطوير برامج تدابير الرصد والمراقبة وتشارك هذه المؤشرات بشكل مباشر في انتشار أمراض الليشمانيا المعديّة (LV و LC). رغم أن دراستنا تساهم في إثبات وجود هذه النواقل في منطقة بسكرة، فمن المهم أيضا مراعاة التغيرات الموسمية لذبابة الرمل التي تختلف على مدار السنة و تؤثر في آن واحد على وفرة بعض الأنواع وتنوع التركيبة التي تستجيب للتغيرات المناخية.



E-ISSN: 2320-7078
P-ISSN: 2349-6800
JEZS 2016; 4(5): 890-895
© 2016 JEZS
Received: 15-07-2016
Accepted: 17-08-2016

Samir Zeroual

Department of Nature Sciences and The Life, Faculty of Exact Sciences and Nature Sciences and The Life, University Mohamed Khider, Biskra, Algeria

Randa Gaouaoui

Department of Nature Sciences and The Life, Faculty of Exact Sciences and Nature Sciences and The Life, University Mohamed Khider, Biskra, Algeria

Hamid Boudjelida

Laboratory of Applied Animal Biology, Department of Biology, Faculty of Sciences, Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria

Diversity and occurrence of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in the area of Biskra (Middle Eastern of Algeria)

Samir Zeroual, Randa Gaouaoui and Hamid Boudjelida

Abstract

Phlebotomine sand flies are vectors of leishmaniasis. Both visceral leishmaniasis (VL) and cutaneous leishmaniasis (CL) exist in Algeria and are increasingly becoming a serious public health problem. This work aims to study the diversity and the occurrence of leishmania vectors in different parts of the region of Biskra. The study period was over a year with sampling, from May 2012 to April 2013 at 15 sites. The diversity of sand flies recorded showed the present ten species belong to two genera namely; *Phlebotomus* and *Sergentomyia*. The occurrence of the sand fly species revealed that *P. papatasi* and *S. minuta* were constantly present in all sites during the study period. *S. fallax* and *P. sergenti* were frequently occurring in the study areas. A moderate presence was observed for *P. bergeroti*, *P. perniciosus* and *P. alexandri* were recorded infrequently in the sites. *S. christophersi* and *P. chabaudi* were present sporadically in the study areas.

Keywords: Sand fly, phlebotomine, leishmaniasis, *Phlebotomus*, *Sergentomyia*

1. Introduction

Phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae, subfamily Phlebotominae) are small-sized blood-sucking insects that feed on a wide range of hosts, and potentially transmit pathogens to man and other animals [1]. They are vectors of bacteria (e.g. *Bartonella bacilliformis*) [2], viruses (e.g. *Phlebovirus* and *Vesiculovirus*) [3] and protozoa (e.g. *Leishmania* spp) [4]. Among the estimated phlebotomine sand fly species, only 98 species of *Phlebotomus* and *Lutzomyia* are proven or suspected vectors of human leishmaniasis [5].

The genus *Leishmania* are protozoan parasites causing a spectrum of diseases called leishmaniasis, transmitted to humans through the bites of infected phlebotomine female sand flies. There are about 10 *Leishmania* species of significant importance for public health. Symptoms of leishmaniasis can range from mild self-healing cutaneous lesions to fatal visceral cases [6]. Leishmaniasis is endemic to 98 countries or territories, in tropical and subtropical parts of the world. In Africa about 350 million people are at risk with about 12 million reported infections and about 60.000 deaths annually [7].

Phlebotomine sand flies are the main vectors known of both canine (L Can) and human (HL) leishmaniasis. These diseases are a serious and increasing public health problem in Algeria [1]. The HL is prevalent in 2 distinct forms; visceral leishmaniasis (VL) and cutaneous leishmaniasis (CL) in Algeria [8]. The vector of human (VL) is *Phlebotomus perniciosus* [9, 10, 11, 12]. The VL cases were firstly recorded in humid and sub-humid areas, between the Atlas chain and the coast in the northern part of Algeria [1, 13]. Since then, a resurgence of the number of cases and the appearance of new foci have occurred [1, 14, 15]. These zoonotic diseases were observed in 41 of 48 districts in Algeria [16]. CL calls attention by its quick extension from the old foci, thus becoming more frequently observed in the north of the country within the endemic foci of visceral *leishmania*. The CL is observed in 4 clinical forms caused by 4 different parasites. The first form, zoonotic cutaneous leishmaniasis (ZCL) of *Leishmania major* was identified in the steppe and Saharan regions and *Phlebotomus papatasi* was the vector [11, 17]. The second type, of the ZCL is caused by *Leishmania infantum*, is located in northern Algeria under sub-humid and semi-arid conditions [17] where it is transmitted by *Phlebotomus perniciosus* [10] and the third form is of ZCL is due to *Leishmania killicki* identified in southern Algeria, at Ghardaia [15, 18] and in Annaba, at the extreme north-eastern part of Algeria by the Mediterranean sea [19] and other regions [20] but the sandfly vector has not been identified. The fourth form is *Leishmania tropica* which is transmitted from person-

Correspondence

Hamid Boudjelida

Laboratory of Applied Animal Biology, Department of Biology, Faculty of Sciences, Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria

to-person through *Phlebotomus (Paraphlebotomus) sergenti* in urban areas [21]. This old cutaneous disease (ZCL), also called ‘Biskra boil’, was formerly endemic in the sub-Saharan steppes (southern Saharan Atlas), where the most important foci are located. More recently, geographical spread of the disease towards the north and west (M’sila, Batna, Ksar Chellala, Djelfa and Bou-Saada) part of the country has taken place [16].

Monitoring vector communities is an integral part of disease surveillance and control programs. A marked increase in the number of cases of both VL and CL were reported at national scale. This infection increase could be explained by the extension of classical and the emergence of new foci on one hand and the presence and high abundance of the vectors across the country on the other hand. In order to provide information for the establishment of control and preventive programs against leishmaniasis, the present study was focused on the study of the diversity and the occurrence of sand fly

species in the region of Biskra.

2. Materials and methods

2.1 Study area and sampling sites

The study area is in the district of Biskra (4°15' to 6°45'; 33°30' to 35°15'N) with an altitude ranging between 29 m to 1600 m above sea level and a surface of 21 671 km². This region, known as the door of the Sahara, is located in the middle-eastern part of Algeria situated in the southern part of the Saharan Atlas (Fig. 1). It is characterised by a Saharan climate, extremely hot and dry from May to September and humid and hot, from October to April. According to Bagnouls & Gaussen [22] the Ombrothermic diagram shows intensive dry seasons for all the study period (April 2012-May 2013) (Fig. 2).

In the present investigation, 15 different sites, varying between rural, suburban and urban type, were randomly selected to study the distribution of sand flies (Table 1).

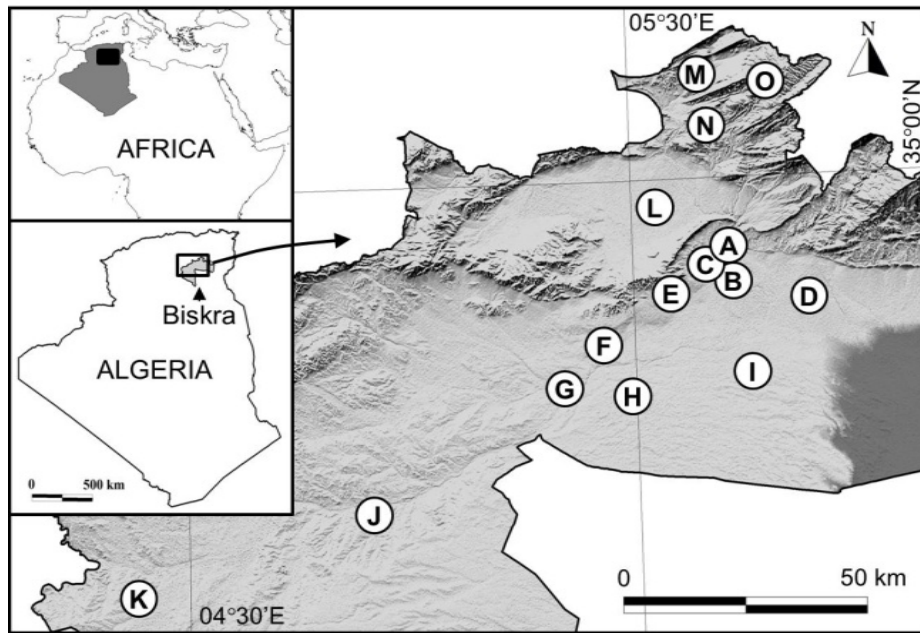


Fig 1: Geographic locations of the study sites in the region of Biskra (Letters present the sites listed in Table 1).

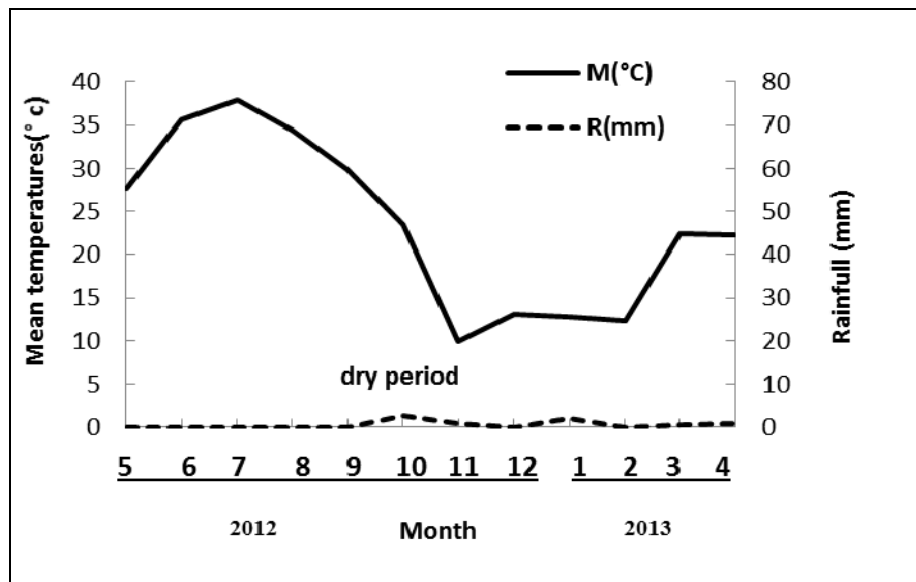


Fig 2: Gausson Ombrothermic Diagram of the study period (May 2012-April 2013), of Biskra region.

Table 1: Geographic parameters of the study sites selected randomly in the Biskra region.

Site name	Code	Site type	Latitude	Longitude	Altitude
Alalia	A	Urban	34°51'5.20"N	5°44'5.79"E	112m
Feliache	B	Suburban	34°49'33.70"N	5°45'6.68"E	112m
Sidi-Ghzel	C	Suburban	34°49'18.08"N	5°41'49.50"E	112m
Sidi-Okba	D	Suburban	34°45'0.10"N	5°53'59.70"E	54m
Alhadjeb	E	Rural	34°47'30.25"N	5°36'4.03"E	146m
Bouchagroune	F	Rural	34°42'51.36"N	5°27'58.62"E	141m
Lioua	G	Rural	34°38'8.30"N	5°23'47.70"E	94m
Ourlal	H	Rural	34°38'22.71"N	5°24'16.52"E	83m
Oumache	I	Rural	34°41'26.12"N	5°42'13.18"E	40m
Sidi-khaled	J	Rural	34°22'60.00"N	4°58'60.00"E	207m
Raselmiaad	K	Rural	34°11'11.97"N	4°27'5.97"E	393m
Eloutaya	L	Suburban	35°1'60.00"N	5°35'60.00"E	253m
El-kantara	M	Suburban	35°13'31.00"N	5°42'23.00"E	519
Djemourah	N	Rural	35°4'17.82"N	5°50'35.84"E	555m
Ain zaatout	O	Rural	35°10'13.94"N	5°51'21.80"E	831m

2.2 Collection of adult sandflies

Sand fly collection was carried out at each site, at irregular interval times during the study period and the sampling number was between 2 and 4 times per month. The adult sand flies were collected using CDC light-traps and adhesive paper placed in near habitations. The adhesive paper trap was made of a sheet white paper (Type A4) impregnated with Rici oil (Extract from *Ricinus communis* grains) [23]. The adhesive sheets were placed in different biotopes, domestics (house, courtyards, stable, and hen houses) and peri-domestics (garden, trees, walls or burrow of rodents). All the traps were collected in the following morning. Sand flies were separated from the other insects and preserved in alcohol at 70% in order to be identified. Specimens were subjected to a systematic study, by dissecting genital organs and following the morphological keys of phlebotomine sand flies of Algeria [24].

2.3 Data Analyses

The sand fly populations captured in the different sites of the study area were subjected to some analyses using ecological indices.

2.3.1 Pattern of occurrence (C %): To know the distribution of sand flies, the pattern of occurrence (C %) was estimated for all the study sites. Knowledge on the distribution pattern (C %) of phlebotomine sand flies reveals the dimension of spatial distribution in the selected study area. The pattern of occurrence of the phlebotomine species was analysed according to the method adopted by Rydzanicz & Lonc [25], when the following formula was applied: $C = n/N \times 100$. Where n = number of sites positive for the occurrence of sandflies and N = total number of sites studied. According to occurrence value sand fly species were classified into 5 categories:

If $C = 0 - 20\%$ the distribution pattern of the species is sporadic.

$C = 20.1 - 40\%$ the distribution pattern of the species is infrequent.

$C = 40.1 - 60\%$ the distribution pattern of the species is moderate.

$C = 60.1 - 80\%$ the distribution pattern of the species is frequent.

$C = 80.1 - 100\%$ the distribution pattern of the species is constant.

2.3.2 Relative Abundance (RA %): The dominance of the sand fly species for each site was estimated by the relative

abundance (RA %). This was expressed by the ratio between number of specimens of a species and the total number of specimens of all sand fly species caught in the site $\times 100$.

2.3.3 Specific Richness (SR): The specific richness of species was estimated by the total number of each species per site [26].

2.3.4 Equitability (E): The equitability was calculated in order to estimate the distribution and the organisation of sand fly population in the study site, following the present formula ($E = (IS-1)/(SR-1)$). E varies from 0 (dominance of a species) to 1 (all species populations equitably distributed) [26]. The specific biodiversity of study sites was evaluated by the Index of Simpson's diversity (IS). This reveals the relationship between the number of species and the number of specimens at the same time. It was calculated according to the following formula: $IS = 1/(\sum Pi^2)$. Pi is the proportion (P) of the species (i) in a study site ($Pi = RA/100$). In order to confirm the hypothesis that there is no difference in the density of collected sand flies and diversity indices (SR, IS, E), between the 15 study sampled sites, Pearson's Chi-square test (χ^2) was carried out at the limit of $P < 0.05$.

3. Results

In the present investigation, the distribution of phlebotomine fauna of Biskra region is studied and prevalence throughout the period of study is analysed. The diversity of sand flies recorded in the study area showed the presence of 10 species, belonging to 2 genera; *Phlebotomus* and *Sergentomyia* (Table 2). A total of 1458 adult of phlebotomine sand flies were collected from all study sites during the study period. Results of the occurrence analysis showed that *Phlebotomus papatasi* (100%) and *Sergentomyia minuta* (93.33%) were constantly present during the study period (Table 3). According to the values of C% which varied between 66.67 and 80.00%, *Sergentomyia fallax*, and *Phlebotomus sergenti* were found to be occurred frequently in the study areas. A moderate occurrence ($C = 46.67\%$) of species was observed only for *Phlebotomus bergeroti* with in the sites. The C% of *Phlebotomus perniciosus* (40%) and *Phlebotomus alexandri* (33.33%) revealed that their occurrence was infrequent. *Sergentomyia christophers* and *Phlebotomus chaboudi* (13.33-20%) occurred sporadically in the study areas during the study period. The pattern of occurrence showed that the cutaneous leishmaniasis vectors, *Phlebotomus papatasi* and *Sergentomyia minuta*, are the species that were distributed predominantly in the study area during the study period.

Table 2: Sand fly species identified in the study sites, during the study period (May 2012–April 2013).

S. n°	Name of the Species
1	<i>Phlebotomus papatasi</i> (Scopoli, 1786)
2	<i>Phlebotomus sergenti</i> (Parrot, 1917)
3	<i>Phlebotomus bergeroti</i> (Parrot, 1934)
4	<i>Phlebotomus perniciosus</i> (Newstead, 1911)
5	<i>Phlebotomus alexandri</i> (Sinton, 1928)
6	<i>Phlebotomus chaboudi</i> (Croset, Abonnenc & Rioux, 1970)
7	<i>Sergentomyia minuta</i> (Adler & Theodor, 1927)
8	<i>Sergentomyia fallax</i> (Parrot, 1921)
9	<i>Sergentomyia antennata</i> (Newstead, 1912)
10	<i>Sergentomyia christophersi</i> (Sinton, 1927)

Table 3: The pattern of occurrence of phlebotomine sand fly species sampled during the study period (May 2012-April 2013).

Name of the Species	C (%)	Occurrence pattern	Species number
<i>Phlebotomus papatasi</i>	100	Constant	2 species
<i>Sergentomyia minuta</i>	93.33	Constant	
<i>Sergentomyia fallax</i>	80	Frequent	3 species
<i>Sergentomyia antennata</i>	73.33	Frequent	
<i>Phlebotomus sergenti</i>	66.67	Frequent	
<i>Phlebotomus bergeroti</i>	46.67	moderate	1 specie
<i>Phlebotomus perniciosus</i>	40	infrequent	2 species
<i>Phlebotomus alexandri</i>	33.33	infrequent	
<i>Sergentomyia christophersi</i>	20	sporadic	2 species
<i>Phlebotomus chaboudi</i>	13.33	sporadic	

Table 4: Temporal distribution of the phlebotomine sand fly species sampled in the study sites, during the study period (May 2012-April 2013).

Species Name	Temporal distribution											
	Very hot and dry period						Soft and dry period					
	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr
<i>S. minuta</i>	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+
<i>S. fallax</i>	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+
<i>S. antennata</i>	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. christophersi</i>	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. sergenti</i>	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+
<i>P. perniciosus</i>	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>P. papatasi</i>	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+
<i>P. chabaudi</i>	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. bergoroti</i>	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. alexaondri</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Total number of species	7	8	9	8	9	5	4	0	0	0	0	5

Table 5: Spatial distribution of diversity indexes and the dominance of phlebotomine sand fly species sampled in the study sites during the study period (May 2012-April 2013). (SR: Specific Richness, IS: Index of Simpson, E: Equitability, RA: Relative Abundance (%).

Site code	SR	IS	E	Dominant species
A	2	1.80	0.80	<i>S. minuta</i> (66.7), <i>P. papatasi</i> (33.33)
B	10	4.60	0.40	<i>P. papatasi</i> (29.4), <i>S. minuta</i> (23.75), <i>S. fallax</i> (21.25)
C	8	2.54	0.22	<i>P. papatasi</i> (60.2)
D	2	1.47	0.47	<i>P. papatasi</i> (80), <i>S. fallax</i> (20)
E	6	2.70	0.34	<i>P. papatasi</i> (54.55), <i>S. antennata</i> (24.24)
F	7	4.43	0.57	<i>P. papatasi</i> (32.5), <i>S. fallax</i> (22.5)
G	8	3.93	0.42	<i>P. papatasi</i> (36.22), <i>S. minuta</i> (26.44)
H	6	3.33	0.47	<i>P. papatasi</i> (44.83), <i>S. minuta</i> (22.76)
I	9	4.16	0.39	<i>P. papatasi</i> (35), <i>S. fallax</i> (23.5)
J	10	5.74	0.47	<i>P. papatasi</i> (32.56)
K	2	02.00	1	<i>S. minuta</i> (50), <i>P. papatasi</i> (50)
L	6	4.17	0.63	<i>P. papatasi</i> (31.82), <i>S. antennata</i> (27.3), <i>S. minuta</i> (22.73)
M	10	6.12	0.57	<i>P. papatasi</i> (27.6), <i>S. minuta</i> (18.9)
N	7	04.48	0.58	<i>P. papatasi</i> (36.36), <i>S. fallax</i> (18.2), <i>P. perniciosus</i> (18.2)
O	6	3.77	0.55	<i>S. minuta</i> (43.24), <i>P. papatasi</i> (18.92)
χ^2_{15}	17.60	7.75	9.56	
P	0.226	0.902	0.846	

The study was carried out during 2 distinct periods, hot dry period and humid hot period. The investigation revealed the presence of different species where the number varies from 5 to 9 species in the sites and these were predominantly distributed during the hot dry period (May - October 2012). Whereas during the period, ranging from December to March, the presence of sand flies were completely absent. During the survey the emergences of some of these species appear again in April and the presence of 5 sand flies species were recorded (Table 4). We noticed that, from the same results 6 different species, *S. minuta*, *S. fallax*, *S. antennata*, *S. christophersi*, *P. sergenti* and *P. papatasi* were present in the all sites during 8 successive months, from April to November. The diversity indexes (IS) of sand flies species showed an evolution, more the specific richness (SR) increases the diversity progresses (Table 5). These both indexes are high practically in all study sites, with specific richness (RS) varies between 6 and 10 for the majority of sites. The distribution of the species was estimated by the equitability test and the results showed a moderate presence of species with values of E; varies between 0.4 and 0.8 that signifying a dominance of some species according to others which represent a low dominance. For the sites A, D and K the SR = 2 traduces a weak and non stable medium of breeding species. The Chi-squared test revealed no differences (P>0.05) between the study sites for values of all parameters of diversity (SR, IS, E).

4. Discussion

Diversity study and geographic distribution of vector-borne diseases are relevant for understanding ways of parasite transmission [27]. In a complex endemic leishmaniasis with different clinical manifestations, the diversity of sand fly vector species and mammal reservoir hosts may differ depending on the geographic region [28]. Phlebotomine sand flies are present in ecological settings that vary from very humid tropical forest to deserts, from temperate cities situated at sea level to high mountain villages. Despite this diversity all sand fly species share a number of basic features. All are nocturnal, hiding during the day in dark, humid microhabitats and able to insert themselves into confined spaces to avoid extremes of temperature or humidity.

The present entomological study in Biskra region showed the presence of 10 sand fly species which are belonging to 2 genera, *Phlebotomus* and *Sergentomyia*. The first genus is represented by the 6 species; *P. papatasi*, *P. sergenti*, *P. bergeroti*, *P. perniciosus*, *P. alexandri* and *P. chabaudi*. The *Sergentomyia* genus is represented by *S. minuta*, *S. fallax*, *S. antennata* and *S. christophersi*. The sand fly diversity is characterised by the dominance of 2 species, *P. papatasi* and *S. minuta* followed by *S. fallax*, *S. antennata* and *P. sergenti*.

The seasonality of the sand fly fauna in Biskra region was examined and result showed it to be active only during the dry hot season that ranging from April to November. The *Phlebotomus perniciosus* vector of human VL was recorded only in one site with a dominance of 18.2%. However *Phlebotomus papatasi*, the main vector of CL major, was identified in the different study sites with the highest abundance of sand fly species.

The exploration of the localities in the region of Biskra revealed a low diversity according to the 22 known species of Algeria. 6 species only are dominant, with a pattern of occurrence (C %) varies between 46.67%; that was considered moderate, and 100% that was constant. The 4 other species; *P. perniciosus*, *P. alexandri*, *P. chabaudi* and *S. christophersi* their distribution was inconstant and their pattern of occurrence was infrequent or sporadic. In a northern region of Algeria only 5 species were identified in Oum El Bouaghi district [16] and 4 species in Constantine [29] and Mila [30]. In north-eastern, by the Mediterranean Sea (Skikda), the presence of 5 species was reported [31]. A closer similar diversity of sand fly species was represented during the morphotaxonomic study in the region of M'Zab-Ghardaia [32]. This survey showed the presence of 7 species from the same 2 genera, *Phlebotomus* and *Sergentomyia* and the most abundant species were respectively *S. antennata*, *P. papatasi*, *S. minuta* and *S. fallax* [32].

The distribution and the density of sand fly species were inconstant, because of during the sampling some species were present with large number of adults while others were found present only with a few ones. Therefore, the difference in the sand fly density in the different study sites was probably due to the phenology of species during the study period [16] and the biotopes and climatic conditions, including temperature, precipitation and wind speed, which play the role of limiting factor for many flying insects [33].

5. Conclusion

The survey of the temporal and spatial distribution of sand fly communities; when leishmania disease transmission is likely occurred, become an integral part for drawing out surveillance programs and control measures. The diversity study and the

establishment of the general distribution of sand fly species are directly implicated in the spread of infectious leishmania diseases (VL and CL) and are related to local transmission dynamics. While this result contributes to the existing survey of sand fly vectors in Biskra region, it is important to consider that seasonal fluctuations of phlebotomine insects which are varied across the year, affecting both the abundance of individual species and the diversity composition, and their subsequent response to climatic variation.

6. Acknowledgements

The authors are grateful to the staff of the direction of the health and population (Direction de Santé et de Population: DSP) of Biskra district. This research was supported by the National Fund for Scientific Research of Algeria (FNR, Algeria) and the Ministry of High Education and Scientific Research of Algeria (CNEPRU project).

7. References

1. Addadi K, dedet JP. Epidemiology of leishmaniasis in Algeria. Survey of clinical cases of infantile visceral leishmaniasis from 1965 to 1974. Bulletin de la Société de Pathologie Exotique. 1976; 69(1):68-75.
2. Depaquit J, Grandadam M, Fouque F, Andry PE, Peyrefitte C. Arthropod-borne viruses transmitted by Phlebotomine sandflies in Europe: A review. European Surveillance. 2010; 15(10):195-207.
3. Comer JA, Tesh RB. Phlebotomine sand flies as vectors of vesiculoviruses: A review. Parasitologia. 1991; 33:143-50.
4. Killick-Kendrick R. Phlebotomine vectors of the leishmaniasis: A review. Medical and Veterinary Entomology. 1990; 4(1):1-24.
5. Rossi E, Bongiorno G, Ciolli E, Di Muccio T, Scalone A, Gramiccia M. Seasonal phenology, host-blood feeding preferences and natural *Leishmania* infection of *Phlebotomus perniciosus* (Diptera: Psychodidae) in a high-endemic focus of canine leishmaniasis in Rome province, Italy. Acta Tropica. 2008; 105(2):158-65.
6. Dostálová A, Volf P. Leishmania development in sand flies: parasite-vector interactions overview. Parasites & Vectors. 2012; 5:276-281.
7. WHO (World Health Organization). Report of a meeting of the WHO expert committee on the control of Leishmaniasis. Geneva. http://www.who.int/leishmaniasis/disease_epidemiology/en/, 2010.
8. Harrat Z, Addadi K, Belkaid M, Tabet-Derraz O. Visceral leishmaniasis in Algeria. Cases reported of visceral leishmaniasis (1985-1990). Bulletin de la Société de Pathologie Exotique. 1992; 85(4):296-301.
9. Ben Ismail R, Hellal H, Bach Hamba D, Benrachid MSN. Infestation naturelle de *Phlebotomus papatasi* dans un foyer de leishmaniose cutanée zoonotique en Tunisie. Bulletin de la Société de Pathologie Exotique. 1987; 80(4):613-614.
10. Izri MA, Belazzoug S, Boudjebba Y, Dereure J, Pralong F, Delalbre-Belmonte A et al. *Leishmania infantum* MON 1, isolée de *Phlebotomus perniciosus* en Kabylie, Algérie. Annales de Parasitologie Humaine et Comparée. 1990; 65(3):151-152.
11. Izri MA, Belazzoug S, Pralong F, Rioux JA. Isolement de *Leishmania major* chez *Phlebotomus papatasi* à Biskra (Algérie): fin d'une épopée éco-épidémiologique. Annales de Parasitologie Humaine et Comparée. 1992; 67(1):31-

- 32.
12. Belazzoug S. Leishmaniasis in Mediterranean countries. *Veterinary Parasitology*. 1992; 44(1):15-19.
 13. Harrat Z, Belkaid M. Les leishmanioses dans l'Algérois. Données épidémiologiques. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*. 2003; 96(3):212-214.
 14. Harrat Z, Hamrioui B, Belkaïd M, Tabet-Derraz O. Point actuel sur l'épidémiologie des leishmanioses en Algérie. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*. 1995; 88(4):180-184.
 15. Harrat Z, Boubidi SC, Pralong F, Benikhlef R, Selt, Dedet JP *et al.* Description of a dermatropic *Leishmania* close to *L. killicki* in Algeria. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 2009; 103(7):716-720.
 16. Kabbout N, Merzoug D, Chenchouni H. Ecological Status of Phlebotomine Sand flies (Diptera: Psychodidae) in Rural Communities of North-eastern Algeria. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*. 2016; 10(1):24-38.
 17. Harrat Z, Pralong F, Belazzoug S, Dereure J, Deniau M, Rioux JA *et al.* *Leishmania infantum* and *L. major* in Algeria. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 1996; 90(6):625-629.
 18. Boubidi SC, Benallal K, Boudrissa A, Bouiba L, Bouchareb B, Garni R. *Phlebotomus sergenti* (Parrot 1917) identified as *Leishmania killicki* host in Ghardaia, south Algeria. *Microbes and Infection*. 2011; 13(7):691–696.
 19. Mansouri R, Pralong F, Bachi F, Hamrioui B, Dedet JP. The first isoenzymatic characterizations of the *Leishmania* strains responsible for cutaneous leishmaniasis in the area of Annaba (Eastern Algeria). *Open Conference Proceeding Journal*. 2012; 3:6-11.
 20. Izri A, Bendjaballah A, Andriantsoanirina V, Durand R. Cutaneous leishmaniasis caused by *Leishmania killicki*, Algeria. *Emergence Infectious Diseases*. 2014; 20(3):502-504.
 21. Es-Sette N, Ajaoud M, Bichaud L, Hamdi S, Mellouki F, Charrel RN *et al.* Lemrani. *Phlebotomus sergentia* common vector of *Leishmania tropica* and Toscana virus in Morocco. *Journal of Vector- Borne Disease*. 2014; 51:86-90
 22. Bagnouls F, Gaussen H. Saison sèche et indice xérothermique. *Production végétale, Série: Cartes 1953*; 3(1):8-47.
 23. Harrat Z. Les techniques de base d'entomologie médicale « Les phlébotomes ». (Eds). Institut Pasteur, Algérie, 1998.
 24. Dedet JP, Addadi K, Belazzoug S. Les Phlébotomes (Diptera, Psychodidae) d'Algérie. *Cahier ORSTOM*. Serie: Entomologie Médicale et Parasitologie. 1984; 22(2):99-127.
 25. Ryzanicz K, Lonc E. Species composition and seasonal dynamics of mosquito larvae in the Wrocław, Poland area. *Journal Vector Ecology*. 2003; 28(2):255-266.
 26. Spellerberg IF, Fedor PJ. A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species diversity and the Shannon-Wiener Index. *Global Ecology and Biogeography*. 2003; 12(3):177-183.
 27. Desjeux P. Leishmaniasis: Current situation and new perspectives. *Comparative Immunology and Microbiology Infectious Diseases*. 2004; 27(5):305-318.
 28. Kishore K, Kumar V, Kesari S. Vector control in leishmaniasis. *Indian Journal of Medicine Research*. 2006; 123:467-72.
 29. Moulaham T, Fendri AH, Harrat Z, Benmezdad A, Aissaoui K, Ahraou S. *et al.* Contribution à l'étude des phlébotomes de Constantine: espèces capturées dans un appartement urbain. *Entomologie Médicale*. 1998; Courte Note N°1952.
 30. Messai N, Berchi S, Boulkenafed F, Louadi K. Diversité biologique de phlébotomes (Diptera: Psychodidae) de la région de Mila. *Proceeding of SIBFA*. University of Ouargla, Algeria. 2011; 182-184.
 31. Boulkenafed F, Berchi S, Louadi K. Les phlébotomes (Diptera: Psychodidae) et la transmission de la leishmaniose dans la région de Skikda. The 3rd National Workshop NAFRINET, University of Tebessa, Algeria. 2007; (2, 3):34-39.
 32. Boukraa S, Boubidi SC, Zimmer JY, Francis F, Haubruge E, Alibenali-Lounaci Z *et al.* Surveillance des populations de phlébotomes (Diptera: Psychodidae), vecteurs des agents responsables des leishmanioses dans la région du M'Zab-Ghardaïa (Algérie). *Entomologie faunistique–Faunistic Entomology*. 2010; 63(3):97-101.
 33. Compton SG. Sailing with the wind: dispersal by small flying insects. In: Compton, SG, Bullock JM, Kenward RE, Hails RS. (Eds) *Dispersal Ecology*. Blackwell Science, Oxford, U.K. 2002, 113-133.