



Journal Homepage: - www.journalijar.com

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI: 10.21474/IJAR01/19699
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/19699>



RESEARCH ARTICLE

DIVERSITE SPECIFIQUE DES PHLEBOTOMES DU NIGER ET DE SES PAYS LIMITOPHES

SPECIES DIVERSITY OF SANDFLIES IN NIGER AND NEIGHBOURING COUNTRIES

A.N. Hassoumi Sanda¹, L. Mahaman Moustapha^{2,3,4}, O. Rabi¹, I. Souleymane³, S. Amadou³, I. Issa Arzika³, H. Maman Karmadini^{1,3}, L. Ibrahim Maman³, M. Doutchi^{2,4} and A. Douma¹

1. Faculté de Sciences et Technique de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger.
2. Faculté de Sciences et Techniques de l'Université André Salifou, Zinder, Niger, Département des Sciences Biologiques, Laboratoire EGB2S.
3. Centre de Recherche Médicale et Sanitaire de Niamey, Niger.
4. Centre de Formation et Recherche en Médecine Tropicale, Niamey, Niger.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 23 August 2024

Final Accepted: 25 September 2024

Published: October 2024

Key words:-

Diversity, Species, Leishmaniasis,
Phlebotomus, Niger, Neighboring
Country

Abstract

Introduction: Cutaneous leishmaniasis is an endemic parasitosis in Niger and some of its neighbouring countries. The vectors of this disease are sandflies, which are unfortunately little known in Niger and some of its neighbouring countries. The aim of this study is to inventory the species of sandfly present in Niger and its neighbouring countries.

Methodology: This study is conducted in two parts. The first is a systematic review and meta-analysis of articles published on sandflies in Niger and its neighboring countries between the period 2012 to 2022 through AjoI, Pubmed and Science direct. The second is based on a prospective collection of sandflies carried out in the town of Zinder, using castor oil and CDC light traps and morphologically identified.

Results: All the sandflies recorded in the systematic review belong to the genera *Phlebotomus* and *Sergentomyia*, with a species richness of 43. *Phlebotomus perniciosus* predominates (28%) on the Maghreb pole. However, on the sub-Saharan pole, *Sergentomyia aclydei* predominated with 53%. A strong association between the Maghreb pole and the *Phlebotomus* genus was observed (p-value<0.05). The prospective study carried out in Zinder provided six species with *Phlebotomus papatasi* (6%), *Phlebotomus duboscqi* (6%), *Phlebotomus sergenti* (25%), *Sergentomyia schwetzi* (6%), *Sergentomyia africana* (38%) and *Sergentomyia antennata* (19%).

Conclusion: Niger and its surroundings contain a wide variety of sandflies, with a dominance of species of the *Phlebotomus* genus, which are the main vectors of leishmaniasis. This study also reports the presence of six species in Zinder, including *P. papatasi* and *S. schwetzi*, newly captured in Niger.

Copyright, IJAR, 2024,. All rights reserved.

Corresponding Author: A.N. Hassoumi Sanda

Address:-Faculté de Sciences et Technique de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger.

Introduction:-

Les phlébotomes sont des insectes de petite taille, de couleur pâle, à allure de moustique, d'activité nocturne ou crépusculaire (1). Ils apparaissent l'été dans les régions tempérées et toute l'année dans les régions tropicales (2). Certaines espèces de ces phlébotomes posent d'importants problèmes médicaux et sanitaires, à cause de leur rôle vectoriel dans la transmission de bartonellose, d'arboviroses et principalement de leishmaniose. Cette dernière est une infection parasitaire dont la fréquence dépend de la distribution des phlébotomes(3). La leishmaniose fait partie des maladies vectorielles négligées. Elle est répartie dans le monde entier, mais survient principalement dans les zones tropicales et subtropicales (4). Elle est présente dans 99 pays, avec une population d'environ 350 millions de personnes à risque d'infection (5). Les rapports médicaux estiment qu'environ 14 millions de personnes sont infectées dans le monde, et la survenance, chaque année d'environ 700 000 à 1 million de nouveaux cas (6). L'Afrique, elle seule comptait environ 32% des cas de cette maladie en 2018. Le premier cas de cette maladie en Afrique de l'ouest a été signalé au Niger précisément dans la région de Zinder(8). La leishmaniose en particulier la forme cutanée sévit de façon endémique au Niger, car de nouveaux cas sont continuellement enregistrés dans certaines localités (9). Par exemple dans la commune urbaine de Zinder, les centres de santé enregistrent constamment des cas de cette forme de leishmaniose. Malgré la présence avérée de la leishmaniose sur le territoire nigérien, ses vecteurs ont suscité peu d'intérêts. En effet, la première étude sur ces vecteurs au Niger a été conduite en 1943. Ces travaux ont permis d'identifier deux genres (*Phlebotomus* et *Sergentomyia*) avec une prédominance du genre *Sergentomyia*(10). Les travaux de Lepont et al.(11) ont permis de répertorier 7 espèces : *P.bergeroti*, *P. alexandri*, *Sergentomyiaafricana*, *S. clydei*, *S. fallax*, *S. christophersi* et *S. adleri*.

Or les migrations favorisent l'introduction et l'installation de nouvelles espèces de phlébotomes signalées dans certains pays voisins du Niger (12–14). Par ailleurs, le fort étalement urbain non maîtrisé qui a pour conséquence un cadre de vie insalubre, propice au développement des phlébotomes. Pourtant afin de proposer et/ou mener une stratégie de lutte efficace contre la leishmaniose, il est opportun d'inventorier et d'identifier les acteurs du cycle épidémiologique. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude avec comme objectifs, (i) Inventorier les espèces de phlébotome du Niger et de ses pays limitrophes par une revue systématique et méta-analyse des articles publiés entre 2012 et 2022, (ii) Décrire la composition spécifique de la faune phlébotomienne de la commune urbaine de Zinder (iii) Faire la répartition des différentes espèces de phlébotome capturées à Zinder en fonction de leurs biotopes.

Matériel et Méthodes:

Volet revue systématique et méta analyse

Zone d'étude

La revue systématique suivie de la méta-analyse des données relève du Niger et ses pays limitrophes à savoir l'Algérie et la Lybie au Nord, le Nigeria et le Benin au sud, le Mali et le Burkina Faso à l'ouest et le Tchad à l'est.

Critères d'inclusion

La revue systématique portait sur des articles publiés au Niger et dans ses pays voisins durant la période comprise entre 2012 et 2022. Seulement les données des articles publiés ont été considérées.

Cependant, les articles qui ne traitent pas du volet de l'identification des phlébotomes ainsi que ceux dont les données sont combinées à celles d'autres pays hors du filtre de recherche ont été exclus.

Critères de non inclusion et exclusion

Les publications de la littérature grise, ainsi que les articles relatifs aux phlébotomes d'autres pays étaient écartées.

Acquisition des données de la revue systématique et méta analyse

Il a été effectué une recherche des différentes publications, sur les phlébotomes du Niger et de ses pays voisins. Cette recherche portait sur des publications en anglais et français couvrant une période de 11ans (de 2012 à 2022). Les moteurs utilisés pour cette recherche sont Ajol, Pub med et Science directe. Les termes de recherche sont : « Identification des phlébotomes et chacun de ces pays », « Phlébotome et chacun de ces pays ».

Données relevées

Les données extraites des articles étaient : le pays d'étude, les mois de collecte, les techniques adaptées à la capture des phlébotomes, les différentes méthodes d'identification utilisées, le sexage, les genres et les espèces de phlébotomes identifiés.

Volet de l'étude prospective et descriptive**Présentation de la zone d'étude**

La ville de Zinder (chef-lieu de la région de Zinder), est une ville située au sud-est du Niger, à environ 900 km de Niamey, la capitale. Elle est située dans la zone sahélienne entre 13°30'46'' et 13°53'00'' de latitude Nord et 8°52'00'' et 9°6'00'' de longitude Est, avec une altitude moyenne de 460 mètres (15). Zinder est caractérisée par un climat tropical semi-aride avec alternance de deux saisons : La saison pluvieuse qui couvre les mois de juin à septembre, et la saison sèche allant du mois d'octobre à mai. La ville enregistre une pluviométrie annuelle de 450 millimètres et des régimes thermique marqués respectivement par des températures saisonnières moyenne de 29,9° ; 25,78° et 32,4°C. Quant à l'humidité relative, elle varie en moyenne de 55,75%, 19,4% et 18,33% selon les trois périodes des deux saisons de l'année(16).

Sites de l'étude prospective

La prospection a été réalisée sur les sites (quartiers) Garin Malan et Birni, qui sont situés respectivement dans la commune II et I de la ville de Zinder. Ces sites étaient choisis à la suite des informations obtenues au centre de dermatologie de Zinder qui ont rapportés que la plupart des patients atteints de la leishmaniose cutanée provenaient de ces deux quartiers. Sur ces sites le choix des maisons de collecte a été effectué avec l'aide d'un relai communautaire. Le procédé était basé dans un premier temps sur la sélection de certains environnements favorables au développement des phlébotomes (présence d'enclos d'animaux, des décharges publiques, des maisons abandonnées...). Dans un second temps, dans ces environnements, les maisons de capture ont été retenues par une randomisation. En plus des maisons il a été choisi également au hasard quelques décharges publiques. Les séances de capture ont été faites successivement sur les deux sites. Sur 11 séances de capture, 29 maisons ont été échantillonnées.

Echantillonnage

Au cours de l'étude prospective, deux techniques de captures qui permettent d'avoir uniquement la forme adulte des phlébotomes ont été utilisées. Il s'agissait de la technique de capture par les pièges à huile de ricin et les pièges lumineux CDC.

Technique de capture aux pièges à huile de Ricin

Cette technique est basée sur la propriété attractive et gluante de l'huile de ricin sur les phlébotomes. Cette huile est également très soluble dans l'alcool, permettant ainsi la récupération facile des phlébotomes. Les pièges étaient conçus avec des feuilles de papier rectangulaire de mesure (21x29, 7cm), qui sont fixées à l'aide des punaises par les quatre bords sur des planches contreplaquées de mesure (23x 31,7cm). Les feuilles étaient imbibées avec de l'huile de ricin à l'aide d'un petit pinceau de peintures (Figure 2 A et B). Ces pièges ont été placés ensuite dans chaque biotope: enclos d'animaux, fissures des murs, cours d'habitations et les décharges publiques aux environs de 18 heures et relevés le lendemain matin à 7 heures.

Technique de capture aux pièges lumineux de type « CDC »

Ce piège est constitué d'un cylindre métallique monté sur trois pieds. Le piège comporte un moteur assurant le fonctionnement du ventilateur destiné à entretenir une aspiration continue de faible intensité. Au-dessus du ventilateur se trouve une petite ampoule de 0,3 ampère. Le tout est alimenté par une batterie(20). Dans le cadre de ce travail, il a été utilisé un piège lumineux CDC pendant chaque nuit de capture et dans chaque maison sélectionnée. Le piège était installé à environ 1m du sol(Figure 2 C). Le piège est laissé branché pendant toute la nuit jusqu'au lendemain matin à 7 heures où il est relevé. En fin, les phlébotomes collectés ont été anesthésiés au froid (15mn) avant d'être triés au moyen d'une loupe binoculaire, ensuite conservés dans l'alcool 70%.



Figure 2:- Emplacement des pièges dans les biotopes ; A et B : pièges huileux et C : pièges lumineux.

Montage et identification des phlébotomes

Le montage des phlébotomes était précédé d'un processus d'éclaircissement qui est subdivisé en trois phases. D'abord les spécimens ont été placés dans de la potasse caustique à 20% pendant 2 heures, ensuite deux fois dans l'eau distillée (30mn x 2), enfin dans une solution de Marc-André pendant 1 heure(21). Les spécimens ont été montés individuellement sur une lame au moyen d'une loupe binoculaire. Juste après le montage les lames ont été placées au microscope optique à l'objectif x40, pour l'identification des espèces à l'aide de la clé de détermination de Faraj(22).

Traitement et analyses des données

Traitement des données de la revue systématique méta analyse

Les données de la méta-analyse ont été saisies sur une feuille de calcul de Microsoft Excel version 2013 ensuite traitées par le test de comparaison ANOVA et le coefficient de corrélation avec le logiciel SPSS version 22.

Traitement des données de l'étude prospective et descriptive

Pour le traitement des données recueillies sur le terrain les paramètres écologiques calculés sont :

Densité :

La densité d'une espèce est le nombre d'individus de l'espèce par unité de surface ou de volume (23).

Richesse spécifique :

La richesse totale est le nombre total des espèces que comporte le peuplement pris en considération (24).

Abondance relative :

L'abondance relative correspond à la participation d'une espèce en termes d'individus (n_i) par rapport au total des individus (N) (23).

Fréquence d'occurrence :

La fréquence d'occurrence est le rapport, exprimé en pourcentage, entre le nombre de relevés (P_i) où l'on trouve l'espèce (i) et le nombre total de relevés réalisés (P). Elle est appelée aussi indice de constance (25).

Indice de Shannon-Weaver (H'):

Il convient à l'étude comparative des peuplements, il est aussi indépendant de la taille de l'échantillon et prend en compte à la fois de la richesse spécifique et l'abondance relative de chaque espèce, permettant ainsi de caractériser l'équilibre du peuplement d'un écosystème (26).

Il est calculé selon la formule suivante : $H' = - \sum p_i \log_2 p_i$

P_i : La fréquence relative de l'espèce où $p_i = n_i / N$

n_i : Nombre d'individus d'une espèce

N: Nombre total d'individus

H' est d'autant plus petit que le nombre d'espèces est faible, et d'autant plus grand que le nombre d'espèce sont élevés et réparti équitablement. Autrement dit : la diversité est minimale quand H' tend vers zéro, et est maximale quand H' tend vers l'infini(26)

Indice d'équitabilité (E)

L'indice d'équitabilité permet de calculer l'abondance relative de chaque taxon. Il est dérivé de celui de Shannon-Weaver (26).

L'indice de Shannon est calculé selon la formule suivante : $E = \frac{H'}{H'_{\max}}$ ($H'_{\max} = \log_2 S$; S = Richesse spécifique)

Cet indice varie entre 0 et 1, il est proche de 1 lorsque chaque espèce est représentée par le même nombre d'individus, et il est proche de 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement (23).

Résultats:

Il est présenté d'abord les résultats de la revue systématiques et méta-analyse ensuite ceux de l'étude prospective et descriptive.

Résultats de la revue systématique et méta-analyse

Recherches et études incluses

Au total 730 publications ont été consultées dont trente-cinq publications éligibles pour l'étude. Cependant, trente-deux ont été retenues et trois exclues pour des raisons de combinaison des données avec celles d'autres pays hors du filtre de recherche. Après suppression des doublons, vingt-neuf publications ont été incluses dans l'étude (Figure 1). Le nombre d'article inclus pour les huit pays, était de dix-huit (n=18) pour le pôle maghrébin (l'Algérie=11 et la Libye=7) et onze (n=11) pour le pôle subsaharien (Mali=5, le Nigeria=4, le Niger=1, le Tchad=1, le Benin=0 et Burkina Faso=0).

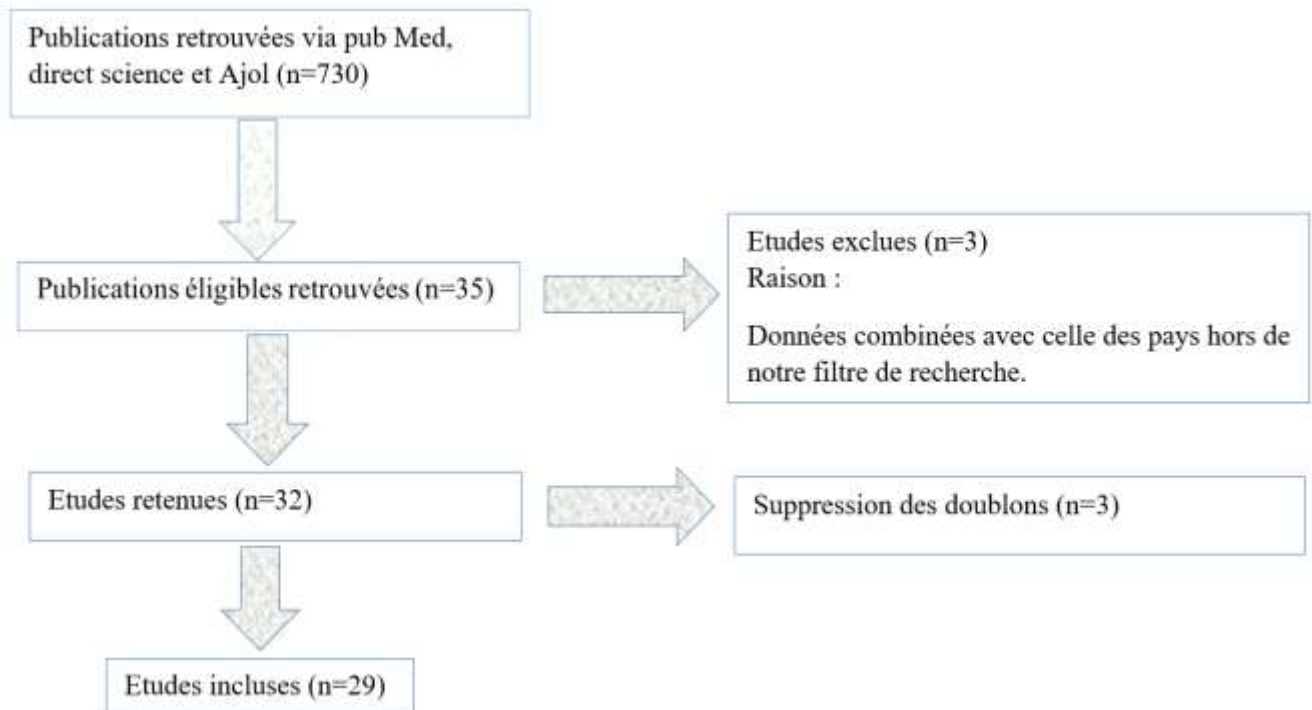


Figure 1:- Dendrogramme de la revue systématique sur les phlébotomes du Niger et de ses pays limitrophes.

Caractéristiques de la faune phlébotomienne de la revue systématique et méta-analyse

Sur les 29 études incluses, un total de 78936 phlébotomes a été obtenu répartis en 43 espèces (17 au maghrébin et 32 au pôle Subsaharien). La population phlébotomiennes des 20 études qui ont précisées le sexe et le genre des

phlébotomes, est composée de 25 088 mâles soit une moyenne de 1 254,40 et 22 098 femelles avec une moyenne de 1 104,90. Un total de 21 415 phlébotomes avec une moyenne de 1 070,75 du genre *Phlebotomus* et 19 362 d'une moyenne de 1 019,05 du genre *Sergentomyia* ont été enregistrés. Selon les deux pôles, une moyenne de 1 671,50 et 592,90 respectivement du genre *Phlebotomus* et *Sergentomyia* étaient enregistrée au pôle maghrébin. Cependant au pôle subsaharien une moyenne de 169,62 *Phlebotomus* et 1 605 *Sergentomyia* (Tableau 1) ont été recensées. L'analyse statistique montre une forte association non statistiquement significative entre le genre *Phlebotomus* et le pôle Maghrébin ($P\text{-value} = 0,62$).

Tableau 1:- Répartition des phlébotomes selon les zones frontalières du Niger.

Pôles		N Femelles	N Mâles	N <i>Phlebotomus</i>	N <i>Sergentomyia</i>
	Moyenne	1164,000	1345,929	1671,500	592,909
Maghrébin	N d'étude	14	14	12	11
	Somme	16296,0	18843,0	20058,0	6522,0
	Minimum	37,0	40,0	42,0	2,0
	Maximum	3471,0	4360,0	3693,0	2281,0
	Moyenne	967,000	1040,833	169,625	1605,000
Subsaharien	N d'étude	6	6	8	8
	Somme	5802,0	6245,0	1357,0	12840,0
	Minimum	93,0	112,0	3,0	69,0
	Maximum	1923,0	1631,0	573,0	3360,0
	Moyenne	1104,900	1254,400	1070,750	1019,053
Total	N d'étude	20	20	20	19
	Somme	22098,0	25088,0	21415,0	19362,0
	Minimum	37,0	40,0	3,0	2,0
	Maximum	3471,0	4360,0	3693,0	3360,0
	Corrélations (P-values)	0,092	0,125	0,620	0,470
Ddl	1		1		
N= Nombre					

Répartition de la faune phlébotomienne par pays

Ces résultats montrent une variation du nombre de phlébotome de 0 à 30 217 ; la richesse spécifique et les espèces prédominantes dans chaque pays sont présentées dans la figure 2. En Libye et Algérie, respectivement les espèces *P.papatasi* (14,26%) et *P.perniciosus* (26%) prédominent. Cette dernière est également prédominante sur toute la zone de la revue systématique avec 10% des phlébotomes recensés et 28% au pôle maghrébin. Au pôle subsaharien, *Sergentomyiaclaydei* prédomine à 53%, et particulièrement au Mali et au Tchad à 69 et 45% respectivement.

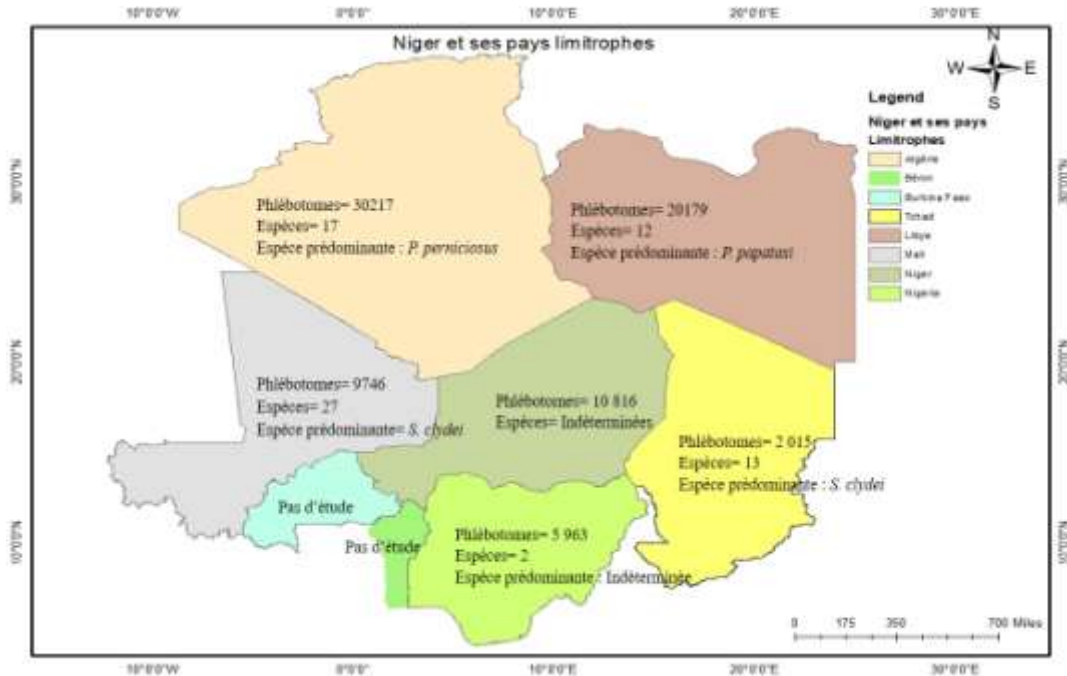


Figure 2:- Carte représentative des phlébotomes capturés, le nombre d'espèces identifiées et les espèces prédominantes sur le territoire représentant le Niger et ses pays limitrophe entre 2012-2022

Techniques de capture et méthodes d'identification des phlébotomes selon les études

L'analyse des données montrent que les pièges les plus utilisés sont ceux à huile de ricin et lumineux CDC. Alors que les BG-Lure, capture sur appât humain et piège à huile de moteur sont moins utilisés. Les spécimens ont été identifiés sur le plan morphologique et/ou par la biologie moléculaire, et que les espèces prédominantes les plus enregistrées lors de ces études sont *P. perniciosus* (22,72%) et *P. longicuspis* (10,34%) (Tableau 2).

Tableau 2:- Différentes techniques de capture et d'identification des phlébotomes selon les pôles, les pays et les publications.

Auteur et date de publication	Pays	Pôles	Technique de capture	Relevé de phlébotome	Technique d'identification	Espèces prédominante	Fréq-D%
(AboAssara et al., 2015)	Libye	Maghrébin	CDC ; PHR	763	Morpho	<i>P. papatasi</i>	49,8
(Elhosk et al., 2014)			PHR	1584	Morpho	<i>P. longicuspis</i>	97,98
(Mohamed et al., 2015)			CDC	5605	Morpho	<i>S. minuta</i>	28,3
(Mostafa et al., 2018)			CDC	515	Biomol	<i>P. papatasi</i>	-
(Mostafa et al., 2016)			CDC	3926	Morpho	<i>S. minuta</i>	29,35
(Obenauer et al., 2012)			CDC ; BGE	3240	Morpho	<i>P. longicuspis</i>	59%
(Abdel et al., 2012)			CDC	4157	Morpho	<i>P. longicuspis</i>	54.6
(Ramdane et al., 2018)			PHR	3120	Morpho	<i>S. minuta</i>	52,55
(Messahel et al., 2022)			CDC	1940	Morpho	<i>P. perniciosus</i>	94.64
(Amira et al., 2022)			CDC ; PHR	7478	Morpho	<i>P. perfiliewi</i>	19,50
(Fahtia et al., 2014)	Algérie	Maghrébin	CDC	5858	Morpho	-	-
(Manseur et al., 2022)			CDC	3351	Biomol	<i>P. perniciosus</i>	98.67
(Benallal et al., 2012)			PHR	77	Morpho	<i>P. alexandri</i>	-
(Nacira et al., 2014)			PHR	1363	Morpho	<i>S. minuta</i>	62.50
(Gherbi et al., 2020)			PHR ; CDC	1804	Morpho	<i>P. perniciosus</i>	76.2
(Bennai et al., 2018)			CDC	3727	Morpho	<i>P. perniciosus</i>	50.28
(Lafri et al., 2016)			CDC	2718	Morpho	<i>P. perniciosus</i>	-

(Zeroual et al., 2016)			CDC ; PHR	1458	Morpho	<i>P. papatasi</i>	18.2
(Usman et al., 2020)			PHM	1260	Morpho	-	-
(Ikpeama et al., 2018)	Nigeria	Sub-saharien	PHRE CAH	2267	Morpho	-	-
(Ugoji et al., 2020)			PHR ; CDC	204	Morpho	-	-
(Isa et al., 2017)			PHR	2232	Biomol et Morpho	-	-
(Israël et al., 2022)			Tchad	PHR ; SP	2015	Morpho	<i>S. clydei</i>
(Coulibaly et al., 2016)			CDC	3429	Morpho	<i>S. dubia</i>	81.99
(Coulibaly et al., 2018)			CDC; PHR ; ASP ; SP	2936	Morpho	<i>S. schwetzi</i>	-
(Demba et al., 2015)	Mali	Sub-saharien	CDC PHR	1935	Morpho	<i>S. dubia</i>	40,83
(Berdjane et al., 2012)			CDC PHR	-	Morpho	<i>S. darling</i>	38
(Kone et al., 2016)			CDC PHR	122	Morpho	-	-
(Fall et al., 2021)	Niger		CDC SP ASP	10816	Biomol et Morpho	-	-

Piégé lumineux=CDC ; piège à huile de ricin=PHR ; piège à huile de ricin éclairé=PHRE ; spray= SP ; aspirateur a bouche=ASP ; capture sur appât humain = CAH; piège à huile de moteur=PHM ; BG-Lure = BGE ; fréquence = freq-D ; non précisé (-) ; Morpho=Morphologie ; Biomol=Biologie moléculaire

Occurrence des espèces de phlébotome du Niger et ses pays limitrophes

La fréquence d'apparition (occurrence), est le rapport entre les relevés où l'on trouve l'espèce et la totalité des relevés réalisés. Pour les espèces de phlébotome enregistrées sur cette zone, la fréquence d'apparition est fournie par le tableau 3. Les espèces *Sergentomyia antennata* et *Sergentomyia fallax* étaient constantes. Leur présence dans quatre pays sur les six pays fait d'elles les espèces les mieux représentées sur la zone de la revue systématique.

Tableau 3: Fréquence d'apparition des espèces de phlébotomes du Niger et ses pays limitrophes.

Espèces	<i>S. antennata</i> <i>S. fallax</i>	<i>P. duboscqi</i> <i>S. clydei</i> <i>S. schwetzi</i> <i>P. papatasi</i>	<i>S. bedfordi</i> <i>S. squamipleuris</i> <i>S. africana</i> <i>P. langeroni</i> <i>P. bergeroti</i> <i>P. chabaudi</i> <i>P. alexandri</i> <i>S. munita</i> <i>P. perniciosus</i> <i>P. longicuspis</i> <i>P. perfiliwi</i> <i>P. sergenti</i> <i>S. dubia</i>	<i>S. freetownensis</i> <i>S. buxtoni</i> <i>S. christophersi</i> <i>S. lewisi</i> <i>S. buxtoni</i> <i>S. madagascariensis</i> <i>S. durenii</i> <i>S. edentula</i> <i>S. magna</i> <i>S. davidsoni</i> <i>S. garnhami</i> <i>S. ghesquierei</i> <i>S. durenii</i>	<i>S. darlingi</i> <i>S. affinis</i> <i>S. balmicola</i> <i>P. orientalis</i> <i>P. rodhaini</i> <i>P. kazerumi</i> <i>P. chadlii</i> <i>S. schoutedeni</i> <i>S. congolensis</i> <i>S. distincta</i> <i>S. herollandi</i>
Nombre de pays ou l'espèce est présente	4	3	2	1	
Constante %	50	37,5	25	12,5	
Catégories d'espèces	Constantes	Accessoires	Accessoires	Accidentelles	

Constante% = Nombre de pays où espèce est présente/ Total des pays

Fluctuation Saisonnière des phlébotomes

La courbe de variation mensuelle démontre deux périodes de forte et trois de faible présence des phlébotomes (Figure 3). Ces pics ont été observés au cours du mois de mars et septembre situés respectivement dans la saison sèche chaude (Printemps au Maghreb) et la saison pluvieuse (Été et Automne au Maghreb). Les trois rechutes sont remarquées au cours du mois de Janvier, de Mai à Juin et d'octobre à Novembre.



Figure 3: Variation temporelle du nombre de phlébotome enregistrés selon les mois de collecte.

Résultats de l'étude prospective

Dans cette partie, il sera présenté les résultats de l'étude effectuée prospective réqlisée à Zinder : les résultats des relevés des techniques de capture, les espèces identifiées et les paramètres écologiques calculés.

Inventaire globale des prélèvements des pièges sur les sites.

Un total de 18 phlébotomes sur 585 insectes capturés a été enregistré soit une abondance de 3,07%. Sur 132 pièges huileux (60 à Birni et 72 à Garin Malan) déposés, 94 ont pu être récupérer soit une surface de piégeage de 5,85m²(tableau 4). Ces pièges huileux ont fourni 16 phlébotomes, dont 12 mâles et quatre femelles soit une moyenne de 2,73 Phlébotomes par m².

Tableau 4:- Récolte des phlébotomes par les pièges à huile de ricin dans la ville de Zinder.

Sites	Mois	Nombre de pièges		Surface (m ²)	Phlébotomes capturés		Total	Densité (m ²)
		Déposés	Récupérés		Mâles	Femelles		
Birni	Septembre	24	22	1,37	9	02	11	8,02
	Octobre	36	28	1,74	0	01	01	0,57
	Total	60	50	3,11	9	03	12	3,85
Garin Malan	Septembre	36	18	1,12	03	01	04	3,57
	Octobre	36	26	1,62	0	0	0	0
	Total	72	44	2,74	03	01	04	1,09
Total		132	94	5,85	12	04	16	2,73

Durant les vingt-neuf nuits de piégeage au piège lumineux, deux phlébotomes ont été capturés et seulement sur le site Garin Malan au cours du mois de septembre.

Richesse spécifique des phlébotomes identifiés

Une richesse totale de six espèces (*P. sergenti*, *P. papatasi*, *P. duboscqi*, *S.africana*, *S. schwetzi* et *S. antennata*) a été enregistrée dont cinq espèces à Birni et trois à Garin Malan. Sur les deux sites, seulement *Sergentomyiaafricana* et *Phlebotomussergenti* sont omniprésentes (Annexe 1).

Abondance relative des espèces de phlébotomes

L'espèce *S. africana* domine avec 38% des phlébotomes collectés. Les espèces *P. papatasi*, *P. duboscqi* et *P. sergenti* étaient faiblement représentées avec une abondance de 6 % chacune (Annexe 2). L'analyse comparative de l'abondance des espèces entre les sites, démontre une prédominance de l'espèce *S. africana* sur Birni, les espèces *P. papatasi*, *S. schwetzi* et *P. duboscqi* sont les moins abondantes. Par contre à Garin Malan, *S. antennata* prédomine les espèces capturées. L'analyse statistique des données par le test exact de Fisher montre une non significativité entre l'abondance des espèces et les sites de capture ($P\text{-value}=0,22$).

Répartition des différentes espèces de phlébotome selon les biotopes de captures

Les données montrent, plus de diversité spécifique dans les décharges (Cinq espèces) que dans les autres biotopes de capture (Figure 4). L'analyse statistique de Fisher montre une différence d'abondance de phlébotomes statistiquement non significative entre les biotopes de capture ($P\text{-value}=0,27$).

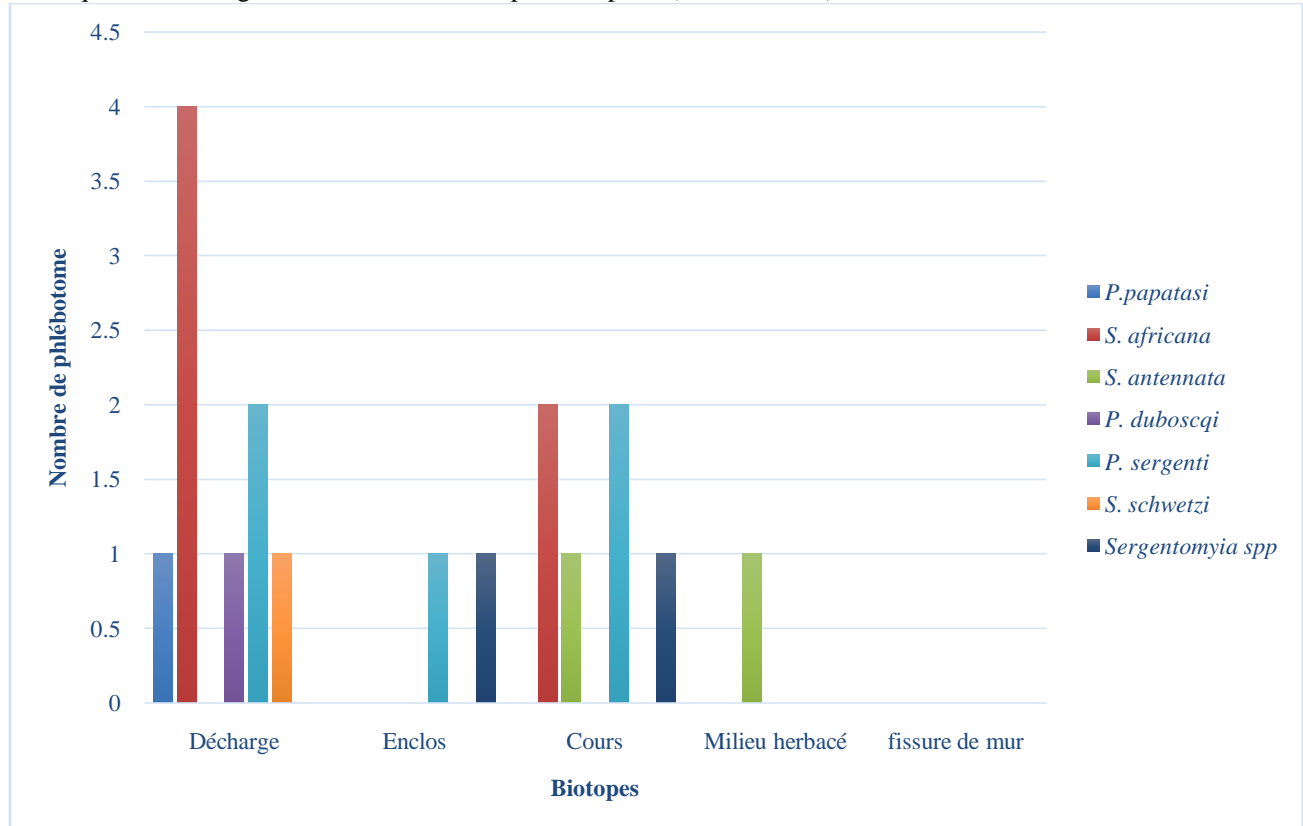


Figure 4:- Répartition des espèces de phlébotome selon les biotopes de capture dans la ville de Zinder.

Indice de diversité Shannon Weaver (H') et d'équitabilité (E).

Les résultats comparatifs de l'indice de diversité Shannon Weaver (H') et d'équitabilité (E) des deux sites, montrent qu'une valeur de $H'=1,35$ bits est enregistrée à Birni et 1,05 bits à Garin Malan. Avec un indice d'équitabilité de 0,66 et 0,52 respectivement à Garin Malan et Birni. L'analyse de ces indices, montre une diversité spécifique faiblement plus élevée à Birni qu'à Garin Malan (Annexe3).

Discussion:

Les résultats obtenus montrent qu'il y a une dominance statistiquement significative des mâles sur les femelles. Cette disparité pourrait être dû à une mortalité différentielle, certaines femelles meurent après avoir accompli quelque cycle gonotrophique(51). Malgré leur faible nombre, les femelles sont les seules impliquées dans la transmission des maladies car pour pondre elles ont besoin d'un repas sanguin(52). Il a été observé une dominance du genre *Phlebotomus* sur *Sergentomyia*, ce qui pourrait être dû à la forte prévalence du genre *Phlebotomus* au pôle maghrébin qui couvre 64% des phlébotomes enregistrés dans la revue systématique. En plus, ils sont les seuls vecteurs connus de la leishmaniose, par leur comportement anthropophile (48-49) contrairement à ceux du genre *Sergentomyia* qui sont herpetophile(53).

L'analyse statistique du méta analyse montre une différence d'abondance des genres (*Phlebotomus* et *Sergentomyia*) statistiquement significative entre les deux pôles. Une forte association a été également observée entre le genre *Phlebotomus* et le pôle maghrébin. Cela pourrait justifier la forte fréquence de la leishmaniose au Maghreb. Une étude sur le statut écologique des phlébotomes menée en Algérie démontre que plus les cas d'une maladie vectorielle augmentent plus l'abondance du vecteur est observée et vice versa (54). Il n'est pas exclu qu'avec les changements climatiques encourus qu'on observe une modification de cette tendance (55). Car Les changements de température, de précipitations et d'humidité peuvent avoir de forts effets sur l'écologie des vecteurs, en modifiant leur distribution (56).

Une plus grande diversité spécifique a été observée au pôle subsaharien, différence qui pourrait s'expliquer par le fait que le genre *Sergentomyia* (prédominant en Afrique subsaharienne) présente une plus grande diversité spécifique que le genre *Phlebotomus*. La faune phlébotomiène du pôle maghrébin est dominée par l'espèce *P. perniciosus*. Cette dominance peut être liée à sa capacité d'adaptation dans différentes conditions climatiques du Maghreb et son comportement endo-exophile et antropozoophile (57). Cette espèce est impliquée dans la transmission de *Leishmania donovani* (58) et de *Leishmania infantum* (56) toutes principalement responsables de la leishmaniose viscérale. Quant à la faune phlébotomiène subsaharienne, elle est dominée par *S. clydei*, qui est suspectée dans la transmission de la leishmaniose au Kenya, suite à la détection des promastigotes de *Leishmania* dans certaines femelles de cette espèce (59). Sur la totalité des espèces *S. antennata* et *S. fallax* sont les seules constantes au Niger et dans ses pays limitrophes. Leur constante pourrait s'expliquer par la capacité d'adaptation des espèces du genre *Sergentomyia*. Comme l'espèce *S. clydei*, ces deux espèces ont été signalées hébergeant des promastigotes de *Leishmania* (59).

Les deux pics d'abondance des phlébotomes observés en fin saison des pluies et début de la saison sèche pourraient être dus aux périodes favorables à l'activité des phlébotomes. Il a été rapporté que les phlébotomes ont une activité importante en fin saison sèche et mi saison pluvieuse dans des basses terres et en fin de saison sèche et pluvieuse dans des zones montagneuses (60). Des études ont aussi démontrées que les facteurs tels que la température de l'air et le rayonnement ont un impact direct et significatif sur la prévalence des phlébotomes (61).

L'enquête prospective réalisée dans la ville de Zinder, a montré que la collecte des phlébotomes par les pièges huileux s'est avérée plus importante que celle du piège lumineux. Cela pourrait être dû à la supériorité du nombre des pièges huileux par rapport aux pièges lumineux et/ ou à l'attraction des phlébotomes par l'huile de ricin. Des résultats similaires ont été rapportés en Algérie (62) et au Mali (49). Au cours de ces études la prise des pièges huileux était plus importante que celle des pièges lumineux. Cependant une étude menée en Côte d'Ivoire a montré que cela peut varier en fonction des études (63).

Dans le volet prospectif, la faible abondance des phlébotomes enregistrée, peut s'expliquer par le faible nombre de pièges utilisés ainsi que la période et la courte durée de la collecte. Il a été rapporté par Risueno et ses collaborateurs, que l'abondance des phlébotomes varie en fonction du lieu et du temps de prospection (56). Le site Birni présente une abondance relative plus élevée que Garin Malan. Cette différence pourrait s'expliquer par la nature de l'environnement des points de collecte à Birni, présentant plus grande humidité et beaucoup plus d'ordures. Un résultat similaire a été rapporté par une étude effectuée au Mali (49). Cette légère prévalence de phlébotomes à Birni par rapport à Garin Malan, pourrait s'expliquer par le fait que Birni enregistre le plus de cas de leishmaniose cutanée selon une étude préliminaire sur la leishmaniose cutanée réalisée dans la commune urbaine de Zinder (Donnée non publiée). La grande majorité des phlébotomes collectés, a été enregistrée dans les décharges, mais avec une différence d'abondance statistiquement significative entre les biotopes de capture. Cette prévalence dans les décharges serait liée aux caractéristiques environnementales tels les gîtes de repos (terriers), de ponte (sables riches en matière organique) et sources de prise de sang (rongeurs) pour les phlébotomes. La grande présence de ces insectes dans les décharges a été également notifiée par Koné et ses collaborateurs (49).

L'inventaire faunistique des phlébotomes capturés à Zinder a permis d'identifier six espèces dont *P. sergenti*, *P. papatasi*, *P. duboscqi*, *S. africana*, *S. schwetzi* et *S. antennata*. L'espèce *P. sergenti* a une préférence pour les zones rocheuses (17) ; des conditions qui sont présentes dans la ville de Zinder. Cette espèce est impliquée dans la transmission de *Leishmania tropica* responsable de la leishmaniose cutanée anthroponotique (29,41). *P. papatasi* a une préférence pour les zones sahariennes et arides à basse altitude (28). Il est vecteur connu de *Leishmania major* responsable de leishmaniose cutanée (19,31). Cette espèce est également connue pour l'héberger des parasites hybride *Leishmania infantum* et *Leishmania major* (64). Quant à l'espèce *P. duboscqi*, elle est vectrice de la

leishmaniose cutanée zoo-anthroponotique, causée par *L. major*(65-66). L'espèce *S. africana* a une grande surface de distribution en Afrique subsaharienne, car elle a été signalée au Niger dans l'Air (11) au Mali (46) et au Tchad (18). L'espèce *S. schwetzi*, a été démontré avoir une implication dans la transmission de la leishmaniose canine (67). Elle est également connue vectrice de *L. infantum* responsable de la leishmaniose viscérale et cutanée (35). Ceci est une preuve que ce n'est pas seulement les espèces du genre *Phlebotomus* qui sont vectrices des leishmanioses dans l'ancien monde (68). Pour ce qui est de *S. antennata* il a été retrouvé des promastigotes de *Leishmania* au sein de cette espèce(59).

Ce travail a permis de capturer deux nouvelles espèces par rapport aux anciennes collections établies par les travaux antérieurs : *S. schwetzi* et *P. papatasi*(69). Cette découverte annonce une possible transmission locale de la leishmaniose cutanée et probablement de la leishmaniose viscérale à Zinder. Ceci d'autant plus que nous sommes dans un contexte de changements climatiques, d'immigration et de globalisation. Le Niger est un carrefour de l'immigration. Il est connu que l'espèce *P. sergenti*(capturé à Zinder) est un vecteur compétent de *Leishmaniatropica* qui est l'espèce de *Leishmania* la plus dominante en Afrique de l'Est et central. Plusieurs migrants venant de l'Éthiopie et l'Érythrée où prédominent *L. tropica*, séjournent à Zinder avant de continuer pour la traversée du Sahara. En plus, en Algérie il y'a plusieurs migrants clandestins nigériens provenant de la région de Zinder. Dans ce pays du Maghreb l'espèce de *Leishmania* la plus prédominante est *infantum*. Ceci montre l'existence d'un risque d'introduction de cette espèce à Zinder, vu l'existence locale de vecteurs compétents. Cela impose une surveillance entomologique et parasitologique.

Les limites des résultats de la revue systématique et méta-analyse sont principalement la période considérée pour l'étude, limitée à 11 ans et l'exclusion des données de la littérature non publiées en ligne. Pour la partie prospective, on peut citer comme limite, la non utilisation de techniques plus sensibles et spécifiques pour l'identification des phlébotomes comme le Maldi-tof(70) et la biologie moléculaire ; la courte durée de capture (deux mois), le choix des zones prospectées (zone urbaine), le nombre insuffisant de pièges utilisés (Pièges huileux et lumineux CDC) ; la perte de certains pièges huileux suite à la destruction par des animaux ou la pluie ; l'arrachage par les enfants ou le vent. Il a été également remarqué au cours de la collecte une défaillance du dispositif de piégeage huileux qui était dû à l'absorption de l'huile de ricin appliquée au papier par la planche contreplaquée, ce qui réduisait la viscosité des pièges pour mieux anguler les insectes.

Conclusion:

Il ressort de cette étude que l'ensemble des phlébotomes enregistrés au Niger et dans ses pays limitrophes appartiennent tous à deux genres, avec dominance des espèces du genre *Phlebotomus* et *Sergentomyia*. Sur l'ensemble des espèces notifiées dans cette zone, *P. perniciosus* (vecteur de *L. infantum* et *donovani*) prédomine les espèces signalées dans le pôle maghrébin et *S. clydei* (hôte de *Leishmania spp*) dans le pôle subsaharien.

L'étude prospective et descriptive réalisée dans la commune de Zinder, a démontré une prévalence des phlébotomes sur Birni, particulièrement dans les décharges. Cette prospection a révélé aussi la présence de six espèces, dont les quatre espèces (*P. sergenti*, *P. papatasi*, *P. duboscqi* et *S. schwetzi*), annoncées dans la littérature toutes impliquées dans la transmission de la leishmaniose (cutanée et/ ou viscérale). Les deux espèces autres (*S. africana* et *S. antennata*) sont suspectées dans la transmission. Les espèces *S. schwetzi* et *P. papatasi* nouvellement capturées enrichissent la liste des phlébotomes du Niger.

Il serait important de mener une étude globale, par la multiplication des pièges de capture, l'étalement de l'étude sur plusieurs sites de collecte et recouvrir toutes les saisons de sorte qu'on aura une représentativité des espèces selon les saisons. Approfondir l'étude par l'utilisation des techniques d'identification moderne (biologie moléculaire et Maldi-tof), procéder à des recherches parasitaires chez les espèces identifiées et également déterminer leur compétence et capacité vectorielle afin d'incriminer celles vectrices de la leishmaniose cutanée dans la commune de Zinder.

Annexe 1: Richesse spécifique des phlébotomes identifiés dans la ville de Zinder en 2022.

Espèces	Birni	Garin Malan
<i>Phlebotomus. papatasi</i>	+	-
<i>Sergentomyia. africana</i>	+	+

<i>Sergentomyia. schwetzi</i>	+	-
<i>Phlebotomus. duboscqi</i>	+	-
<i>Phlebotomus. sergenti</i>	+	+
<i>Sergentomyia. antennata</i>	-	+

Présence de l'espèce (+) ; Absence de l'espèce (-)

Annexe 2:- Abondance relative des espèces de phlébotome capturées dans la ville de Zinder en 2022.

Espèces	Effectifs ni	Fréquence (%)
<i>P. papatasi</i>	1	5,55
<i>S. africana</i>	6	33,33
<i>S. schwetzi</i>	1	5,55
<i>P. duboscqi</i>	1	5,55
<i>P. sergenti</i>	4	22,22
<i>S. antennata</i>	3	16,66
<i>Sergentomyiaspp</i>	2	11,11
Total (N)	18	100

Annexe 3:- Résultats de l'indice de Shannon-w et d'équitabilité.

Indices	Birni	Garin Malan
H'	1,35	1,05
H'max	2,58	1,58
E	0,52	0,66

Contribution des auteurs :

H. ABDLOUL-NASSER: Conception de l'étude, recherches bibliographique, recueillet analyse des données, rédaction du manuscrit.

M. LAMINE ET D. Ali: Supervision de l'étude, validation du protocole, relectures et validation du manuscrit.

I. LAMINOUE ET M. DOUTCHI: Validation du protocole, relecture et validation du manuscrit

O. RABI, H. KARMADINI: Relecture et validation du manuscrit.

I. SOULEYMANE, S. AMADOU, I. IBRAHIMA: Relecture du manuscrit

Tous les auteurs ont lu et approuvé la version finale du manuscrit.

Liens d'intérêt :

Les auteurs ne déclarent aucun lien d'intérêt.

Référence:

- Dolmatova et, n.a. demin. Lesphlébotomes (Phlebotorninael. 1971;(18):169.
- Abonnenc E. Les phlébotomes de la région éthiopienne (Diptera, Psychodidae). 1972;(55):290.
- Yamar BA. Phlébotomes du Sénégal : Dynamique des populations de trois fégions biogéographiques Rôle dans la transmission des Arbovirus. UniversitéCheikh Anta Diop de Dakar; 1999.
- Alvar J, Vélez ID, Bern C, Herrero M, Desjeux P, Cano J. Leishmaniasis Worldwide and Global Estimates of Its Incidence. PLoS One. 31 mai 2012;7(5):e35671.
- Ruiz-Postigo JA, Grout L. Surveillance mondiale de la leishmaniose, 2017-2018, et premier rapport sur 5 indicateurs supplémentaires. WEEKLY EPIDEMIOLOGICAL RECORD. 2020;(25).
- OMS. Principaux repères sur la leishmaniose [Internet]. 2022 [cité 7 juill 2023]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/leishmaniasis>
- Ruiz-Postigo JA, Jain S, Maia-Elkhoury AN, Warusavithana S, Osman M, Lin Z, et al. Global leishmaniasis surveillance: 2021, assessing the impact of the COVID-19 pandemic. WEEKLY EPIDEMIOLOGICAL RECORD. 2022;(45).
- STEVENEL. Les cro-cro de la région de Zinder et leur identification avec l'ulcère phagédénique des pays chauds, et le bouton d'Orient. Bulletin de la société de pathologie exotique séance du 12 Avril 1911. 1911;

9. Salissou L, Brah S, Maman LS, Daou M, Assane F, Balaka A. Traitement de la leishmaniose cutanée par le metronidazole: à propos de 78 cas au Niger. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*. 2016;18(1):151-6.
10. Parrot L, Mornet P, Cadenat J. [Notes on sandflies; phlebotomes of French West Africa; Guinea, Ivory Coast, Dahomey]. *Arch Inst Pasteur Alger*. déc 1945;23:281-9.
11. F. le pont, v. robert, g. vattier-bernard, p. rispail & d. jarry. Notes sur les phlébotomes de l'Aïr (Niger). 1994;4.
12. Ramdane E, Berchi S, Louadi K. Les phlébotomes (Diptera, Phlebotomidae), vecteurs d'agents pathogènes responsables de la leishmaniose humaine dans la région de Constantine (Algérie). 2018;19.
13. Isa A, Umar YA, Appah J. Species Composition of Phlebotomine Sandfly (Diptera: Psychodidae) Vectors of Leishmaniasis in Katsina State, Northern Nigeria. *Int J Sci Eng Res*. 2017;8(11).
14. Berdjane-Brouk Z, Kone AK, Djimde AA, Delaunay P, Thera MA. First Detection of *Leishmania major* DNA in *Sergentomyia (Spelaomyia) darlingi* from Cutaneous Leishmaniasis Foci in Mali. *PLoS ONE*. 2012;7(1):5.
15. MAMADOU I. Colmatage des mares et risques environnementaux dans la ville de Zinder au Niger. *Afrique SCIENCE*. 2015;11(5):78-98.
16. Données climatique. *Données Mondiales.com*. 2021 [cité 7 déc 2022]. Climat: Zinder au Niger. Disponible sur: <https://www.donneesmondiales.com/afrique/niger/climat-zinder.php>
17. Gherbi R, Bounechada M, Latrofa MS, Annoscia G, Tarallo VD, Dantas-Torres F. Phlebotomine sand flies and *Leishmania* species in a focus of cutaneous leishmaniasis in Algeria. *Samy AM, éditeur. PLoSNegl Trop Dis*. 18 févr 2020;14(2):0008024.
18. Israël DK. Distribution and Diversity of Sand Fly Species (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae) in Two Geoclimatic Zones of Chad. 2022;2:6.
19. AboAssara A, Buishi I, Fares A, Gusbi M, Annajar B. Retrospective Study for Cutaneous Leishmaniasis in Jadu Area, Libya. 2015;1:9.
20. Sudia W D & Chamberlain R W. Battery-operated light trap, an improved model. *Mosq. News* 22:126-9, 1962. 1981;(37):1.
21. MAMOU Dihia. Contribution à l'étude de la biodiversité des phlébotomes (Diptera : Psychodidae) de la région de Draâ El Mizan. Algérie: Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou; 2016.
22. Faraj C. Clés morphologiques pour l'identification des phlébotomes du Maroc (Diptera : Psychodidae : Phlebotominae). *Bull Soc PatholExot*. 28 juin 2020;113(3):155-74.
23. Ramade, F. *Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale*. McGraw-Hill, Paris, 397p. 1984.
24. Dajoz R. *Précis d'écologie, 5^{ème} Ed Duond*, Paris, 505p. 1985.
25. Dajoz R. *Précis d'Ecologie*. Ed Dunod, Paris, 280p. 1982.
26. Blondel J. L'analyse des peuplements d'oiseaux. *Elément d'un diagnostic écologique. La méthode des échantillons fréquentiels progressifs (E.F.P)*. *revEcol (Terre et Vie)*, Vol 29, pp 533-589. 1975.
27. Elhosk, M.A et al. A preliminary investigation on *Phlebotomus longicuspis* Nitzulescu, 1930 (Diptera: Psychodidae), the suspected vector of visceral leishmaniasis in the northeastern region of Libya. *International Journal of Advanced Research* (2014), Volume 2, Issue 8, 411-417. 2014;2(8):6.
28. Mostafa RamahdanDokhan 1,2, *Mohamed Amin Kenawy 3, TaherShaibi 1,4, Badereddin Bashir Annajar 1,5. Field Evaluation of Outdoor Ultra-Low Volume (ULV) Applications against Phlebotomine Sand Flies (Diptera: Psychodidae) in Al Rabta, North-West of Libya. *J Arthropod-Borne Dis*. 2017;
29. Dokhan MR, Jaouadi K, Salem S, Zenbil O, Gonzalez JP, Ben Salah A. Natural Infection of *Phlebotomus sergenti* by *Leishmania tropica* in Libya. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 9 mai 2018;98(5):1339-42.
30. Dokhan MR, Kenawy MA, Doha SA, El-Hosary SS, Shaibi T, Annajar BB. Entomological studies of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in relation to cutaneous leishmaniasis transmission in Al Rabta, North West of Libya. *Acta Tropica*. févr 2016;154:95-101.
31. Obenauer PJ, Annajar BB, Hanafi HA, Abdel-Dayem MS, El-Hossary SS, Villinski J. Efficacy of Light and Nonlighted Carbon Dioxide-Baited Traps for Adult Sand Fly (Diptera: Psychodidae) Surveillance in Three Counties of Mesrata, Libya. *Journal of the American Mosquito Control Association*. sept 2012;28(3):179-83.
32. Abdel-Dayem MS, Annajar BB, Hanafi HA, Obenauer PJ. The Potential Distribution of *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae) in Libya Based on Ecological Niche Model. *J Med Entomol*. 1 mai 2012;49(3):739-45.
33. Messahel NE, Benallal KE, Halada P, Lafri I, Manseur H, Hakem A. Identification of blood source preferences and *Leishmania* infection in sand flies (Diptera: Psychodidae) in north-eastern Algeria. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*. juin 2022;31:100729.

34. Amira A, Bounamous A, Kouba Y, Kadjoudj N, Zeroual S, Boubendir A. Sand Flies (Diptera: Psychodidae): Fauna and Ecology in the Northeast of Algeria. *J Med Entomol.* 11 mai 2022;59(3):855-64.
35. Fahtia - Benotmane K. Decreased rate of Leishmania infected Phlebotomus captured in Constantine (Algeria) from 2011 to 2013. *International Journal of Advanced Research* (2014), Volume 2, Issue 11, 347-351. 2014;2(11):5.
36. Manseur H, Hachid A, Khardine AF, Benallal KE, Bia T, Temani M. First Isolation of Punique Virus from Sand Flies Collected in Northern Algeria. *Viruses.* 17 août 2022;14(8):1796.
37. Benallal K, Dib Y, Harrat Z. Article >> 11 Nouvelles stations de *Sergentomyiaschwetzi* (Adler, Theodor & Parrot ; 1929) dans le Tassili N'Ajjer. 2012;7.
38. NaciraKabbout, DjemouiMerzoug, Haroun Chenchouni. Ecological Status of Phlebotomine Sandflies (Diptera: Psychodidae) in Rural Communities of Northeastern Algeria. *J Arthropod-Borne Dis.* 2014;15.
39. Bennai K, Tahir D, Lafri I, Bendjaballah-Laliam A, Bitam I, Parola P. Molecular detection of *Leishmaniainfantum* DNA and host blood meal identification in *Phlebotomus* in a hypoendemic focus of human leishmaniasis in northern Algeria. *Schönian G, éditeur. PLoSNegl Trop Dis.* 29 juin 2018;12(6):e0006513.
40. Lafri I, Almeras L, Bitam I, Caputo A, Yssouf A, Forestier CL, et al. Identification of Algerian Field-Caught Phlebotomine Sand Fly Vectors by MALDI-TOF MS. *Acosta-Serrano A, éditeur. PLoSNegl Trop Dis.* 15 janv 2016;10(1):e0004351.
41. Zeroual S, Gaouaoui R, Boudjelida H. Diversity and occurrence of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in the area of Biskra (Middle Eastern of Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies.* 2016;6.
42. Usman M, Natala AJ, Jatau ID, Ogo NI, Balogun EO, Lawal MD. Occurrence and monthly dynamics of phlebotomine sand flies in parts of Sokoto State, north-west Nigeria. *Nig J Para.* 25 juin 2020;41(1):109-13.
43. A. Ikpeama|Ifeanyi O. C. Obiajuru C. Bionomics of Sandflies (Diptera; Psychodidae) in Some Remote Communities in EzinihitteMbaïse, South Eastern, Nigeria. *BS.* 2018;2(1):19.
44. Ugoji ACM. Species Composition of Sand-fly and Occurrence of Cutaneous Leishmaniasis in Owerri North Local Government Area, Imo State. 2020;
45. Coulibaly CA, Sissoko I, Traore B, Diallo A, Samake S, Traore SF. Diversity of Sand Flies (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) in Two Different Eco-Climatic and Endemic Zones of Cutaneous Leishmaniasis in Mali, West Africa. *J Med Entomol.* juill 2016;53(4):923-7.
46. Coulibaly CA, Traore B, Dicko A, Samake S, Sissoko I, Anderson JM. Impact of insecticide-treated bednets and indoor residual spraying in controlling populations of *Phlebotomusduboscqi*, the vector of *Leishmania major* in Central Mali. *Parasites Vectors.* déc 2018;11(1):345.
47. Demba-Kodindo I, Cheick-Coulibaly A, Traoré B, Sissoko I, Samake S, Doumbia S. Étude de la faune phlébotomienne des zones périurbaines de Bamako (Mali), présence de *Phlebotomus (Phlebotomus) duboscqi*. *Bull Soc PatholExot.* mars 2015;108(2):130-2.
48. Berdjane-Brouk, Zohra, Abdoulaye K Kone, Abdoulaye A Djimde, Pascal Delaunay, et Mahamadou A Thera. 2012. « First Detection of *Leishmania Major* DNA in *Sergentomyia (Spelaeomyia) Darlingi* from Cutaneous Leishmaniasis Foci in Mali ». *PLoS ONE* 7 (1): 5.
49. Kone AK, Diarra AZ, Coulibaly M, Niaré S, Berthe M, Traoré A. Distribution spatio-temporelle de la faune de phlébotomes en zones urbaine et périurbaine de Bamako, Mali. *Annales de la Société entomologique de France (NS).* 3 mars 2016;52(2):95-101.
50. Fall G, Diallo D, Soumaila H, Ndiaye EH, Lagare A, Sadio BD. First Detection of the West Nile Virus Koutango Lineage in Sandflies in Niger. *Pathogens.* 24 févr 2021;10(3):257.
51. Chaniotis BN, Neely JM, Correa MA, Tesh RB, Johnson KM. Natural population dynamics of phlebotomine sandflies in Panama. *J Med Entomol.* 30 oct 1971;8(4):339-52.
52. Amro A, Gashout A, Al-Dwibe H, ZahangirAlam M, Annajar B, Hamarsheh O. First molecular epidemiological study of cutaneous leishmaniasis in Libya. *PLoS Negl Trop Dis.* 2012;6(6):e1700.
53. Russo J, Rioux JA, Lambert M, Rispaïl P, Belmonte A, Berchi S. Chorologie des Phlébotomes de l'Est algérien. (Diptera, Phlebotomidae). *Ann Parasitol Hum Comp.* 1991;66(6):247-51.
54. NaciraKabbout, DjemouiMerzoug, Haroun Chenchouni. Ecological Status of Phlebotomine Sandflies (Diptera: Psychodidae) in Rural Communities of Northeastern Algeria. *J Arthropod-Borne Dis.* 2014;15.
55. Dawit et al. A Review on Biology, Epidemiology and Public Health Significance of Leishmaniasis. *J BacteriolParasitol* : <https://www.omicsonline.org/a-review-on-biology-epidemiology-and-public-health-significance-of-leishmaniasis-2155-9597.1000166.Php?aid=12399>

56. Risueño J, Muñoz C, Pérez-Cutillas P, Goyena E, González M, Ortuño M. Understanding *Phlebotomus perniciosus* abundance in south-east Spain: assessing the role of environmental and anthropic factors. *Parasites & Vectors*. 19 avr 2017;10(1):189.
57. Izri MA, Belazzoug S, Pratlong F, Rioux JA. Isolation of *Leishmania major* from *Phlebotomus papatasi* in Biskra. Completion of an epidemiological saga. *Ann Parasitol Hum Comp*. 1992;67(1):31-2.
58. Bogitsh BJ, Carter CE, Oeltmann TN. Chapter 6 - Blood and Tissue Protists I: Hemoflagellates. In: Bogitsh BJ, Carter CE, Oeltmann TN, éditeurs. *Human Parasitology (Fifth Edition)* [Internet]. Academic Press; 2019 [cité 16 mars 2023]. p. 83-110. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128137123000060>
59. Maia C, Depaquit J. Can *Sergentomyia* (Diptera, Psychodidae) play a role in the transmission of mammal-infecting *Leishmania*? *Parasite*. 2016;23:55.
60. Abedi-Astaneh F, Akhavan AA, Shirzadi MR, Rassi Y, Yaghoobi-Ershadi MR, Hanafi-Bojd AA. Species diversity of sand flies and ecological niche model of *Phlebotomus papatasi* in central Iran. *Acta Trop*. sept 2015;149:246-53.
61. Cheghabalaki ZZ, Yarahmadi D, Karampour M, Shamsipour A. Spatial Dynamics of a Phlebotomine Sand Flies Population in Response to Climatic Conditions in Bushehr Province of Iran. *Annals of Global Health*. 23 avr 2019;85(1):60.
62. Imane A, Djaouhara OL, Houali K, Mouloua A, Seklaoui N, Chougar S. Contribution à l'étude de la population phlébotomienne dans la région de Tizi-Ouzou, et recherche des leishmanies par dissection des femelles du genre *Phlebotomus*. 2018;94.
63. Nadège AKR, Vincent D, Frédéric AAA, Arnaud ADH, Armel AT, Patrice AK. Diversité Phlébotomienne Dans Trois Villages De La Commune De Bouake (Côte D'ivoire) Durant La Période De Mars A Juin 2019.: <http://eujournal.org/index.php/esj/article/view/12827>
64. Volf P, Benkova I, Myskova J, Sadlova J, Campino L, Ravel C. Increased transmission potential of *Leishmania major/Leishmania infantum* hybrids. *International journal for parasitology*. mai 2007;37(6):589.
65. Agwale et al. Preliminary survey phlebotomine sandflies (Dipterapsychodidae) in Northon Nigeria. 1995;
66. Anderson JM, Samake S, Jaramillo-Gutierrez G, Sissoko I, Coulibaly CA, Traoré B. Seasonality and prevalence of *Leishmania major* infection in *Phlebotomus duboscqi* Neveu-Lemaire from two neighboring villages in central Mali. *PLoS Negl Trop Dis*. 10 mai 2011;5(5):e1139.
67. Senghor MW, Faye MN, Faye B, Diarra K, Elguero E, Gaye O, et al. Ecology of Phlebotomine Sand Flies in the Rural Community of Mont Rolland (Thiès Region, Senegal): Area of Transmission of Canine Leishmaniasis. *Rands S, éditeur. PLoS ONE*. 21 mars 2011;6(3):e14773.
68. Maroli M, Feliciangeli MD, Bichaud L, Charrel RN, Gradoni L. Phlebotomine sandflies and the spreading of leishmaniasis and other diseases of public health concern. *Medical and Veterinary Entomology*. juin 2013;27(2):123-47.
69. Abonnenc E, Dyemkouma A, Hamon J. [on the presence of phlebotomus (*phlebotomus*) *orientalis* parrot, 1936, in the republic of niger]. *Bull SocPatholExotFiliales*. 1964;57:158-64.
70. Huguenin A, Pesson B, Kaltenbach ML, Diarra AZ, Parola P, Depaquit J. MALDI-TOF MS Limits for the Identification of Mediterranean Sandflies of the Subgenus *Larrousius*, with a Special Focus on the *Phlebotomus perniciosus* Complex. *Microorganisms*. 28 oct 2022;10(11):2135.