

# Identification et caractérisation des gîtes larvaires de phlébotomes (Diptera: Psychodidae) à Marrakech (Maroc)

Samia Boussaa<sup>(1,2)\*</sup> & Ali Boumezzough<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Equipe Ecologie Animale et Environnement-Lab L2E (URAC 32), Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, BP 2390–40080 Marrakech, Maroc

<sup>(2)</sup> ISPITS, Institut Supérieur des Professions Infirmières et des Techniques de Santé, Ministère de Santé, 40000 Marrakech, Maroc

\* E-mail: samiaboussaa@yahoo.fr ; Tel. +212 5 24 43 46 49 (Poste: 448) ; Fax. + 212 5 24 43 74 12

Article reçu le 22 juillet 2014 et accepté le 27 août 2014.

## Résumé

Les phlébotomes sont les seuls vecteurs connus des leishmanioses. Au Maroc, ces infections constituent un réel problème de santé publique. Dans le but d'identifier de potentiels gîtes larvaires de phlébotomes à Marrakech, un suivi de l'activité des phlébotomes au niveau de deux stations (Akioud et Semlalia) a été effectué sur une année. Les mâles présentant un génitalia sans torsion ont été détectés afin de marquer les périodes d'éclosion.

Les résultats nous ont permis d'identifier des gîtes larvaires pour trois espèces de phlébotomes : *Phlebotomus sergenti* Parrot 1917, *Sergentomyia minuta* Rondani 1843 et *S. fallax* Parrot 1921, ainsi que leurs périodes d'émergence. La caractérisation du substrat au niveau de ces gîtes larvaires, nous a renseigné sur les exigences écologiques du développement larvaire de chacune des trois espèces.

**Mots-clés:** phlébotomes, génitalia non tordu, gîte larvaire, substrat, Marrakech.

## Abstract

Phlebotomine sand flies are the only vectors known of leishmaniasis. These diseases are a serious increasing public health problem in Morocco. In the aim to identify and characterize sand fly breeding habitats in Marrakech city, our entomological investigations were carried out during one year study in two sites (Akioud and Semlalia). Newly eclosed male sand flies were detected based on their un-rotated genitalia.

As results, breeding habitats were identified for three sand fly species: *Phlebotomus sergenti* Parrot 1917, *Sergentomyia minuta* Rondani 1843 and *S. fallax* Parrot 1921, as well as their emergence phases. Characterization of soil samples obtained from these two larval lodging, shows some ecological requirements of immature stages development for these species.

**Keywords:** sand flies, un-rotated genitalia, larval lodging, soil, Marrakech.

## 1 INTRODUCTION

Les leishmanioses sont des parasitoses à précellence vectorielle. Elles sont causées par des parasites du genre *Leishmania* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) et transmises par des

phlébotomes (Diptera: Psychodidae). Il s'agit de maladies émergentes et étroitement liées à l'état de l'environnement (Ashford, 2000).

Au Maroc, les leishmanioses constituent un vrai problème de santé publique. Elles présentent tout un ensemble de syndromes du fait de la variété des

parasites et chacun d'entre eux est lié à un vecteur et à un réservoir spécifique. La leishmaniose cutanée zoonotique à *Leishmania major* Yakimoff & Shokhor 1914 se manifeste de manière endémo-épidémique dans les zones pré-sahariennes (Rioux *et al.*, 1986); la leishmaniose cutanée anthroponotique à *L. tropica* Wright 1903 dans les foyers hypo-endémiques au centre du pays (Rhajaoui *et al.*, 2007) et les formes viscérale et cutanée dues à *L. infantum* Nicole 1908 sévissent au Nord du pays sous un mode hypo-endémique dans des foyers ruraux dispersés (Rhajaoui *et al.*, 2009). Récemment, la leishmaniose cutanéomuqueuse est signalée aussi au Maroc (Iguermia *et al.*, 2011).

Divers facteurs sont susceptibles d'agir sur la distribution, le développement et la densité des populations de vecteurs, et par conséquent sur la distribution de la maladie, à savoir la température, les précipitations, les barrières physiques, l'habitat et la présence de l'hôte vertébré (Young & Arias, 1992). L'étude de ces facteurs dans le milieu naturel est d'une grande valeur écologique et épidémiologique du fait qu'ils constituent les facteurs de risque spatiaux pour les leishmanioses. Leur bonne connaissance permettrait d'orienter les programmes de lutte anti-vectorielle et aussi de localiser les zones à risque pour un rôle prévisionnel.

A l'échelle du pays, plusieurs travaux ont mis l'accent sur le rôle joué par le climat sur la répartition des populations de vecteurs (Rioux *et al.*, 1984; Rioux *et al.*, 1997; Rispaïl *et al.*, 2002; Rioux & de La Rocque, 2003). En revanche, peu de travaux se sont intéressés à l'habitat des phlébotomes au Maroc (Guernaoui & Boumezzough, 2009).

L'étude de l'habitat des formes pré-imaginales pourra donner des informations concernant le cycle de vie, la dynamique des populations et la composition physico-chimique des lieux de ponte. La découverte des formes pré-imaginales des phlébotomes dans le milieu naturel s'avère difficile et non productive (Bettini *et al.*, 1986; Killick-Kendrick, 1987, 1999; Bettini, 1989). Actuellement, des informations sur le gîte larvaire sont disponibles pour 15 sur un total de 29 espèces répertoriées dans l'Ancien Monde, et pour 12 sur 44 espèces inventoriées dans le Nouveau Monde, ce qui ne représente qu'environ 3% des espèces de phlébotomes connues (Felicangeli, 2004).

Dans le présent travail, nous exposons les résultats des investigations entomologiques dans la ville de Marrakech, dans l'objectif d'identifier et de caractériser de potentiels gîtes larvaires de phlébotomes.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 Milieu d'étude

Ce travail est mené au sein du milieu urbain de Marrakech (31°36'N, 8°02'W, 471 m d'altitude).

La ville de Marrakech est située dans la plaine d'Al Haouz où le climat est continental de type aride présentant les caractères conjugués d'une faible hygrométrie et d'une température aux moyennes élevées et aux écarts journaliers et saisonniers (Le Houerou, 1989).

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls & Gausson (1957) établi pour la ville de Marrakech par Le Houerou (1989) montre l'importance de la période biologiquement sèche qui s'étale sur sept à huit mois, située généralement entre mars-avril et octobre-novembre.

Dans la région de Marrakech, sont connus deux vents chauds et secs à caractère continental d'origine saharienne : le Chergui et le Sirocco.

La végétation de la plaine d'Al Haouz est dominée par les formations steppiques constituées essentiellement de jujubier (*Zizyphus lotus* Lamarck 1789), retame (*Retama monosperma* Boiss 1840), pistachier (*Pistacia atlantica* Desf 1798), gommier (*Acacia gummifera* Willd 1806) et de Chénopodiacées (*Salicornia arabica* Linné 1753, *Atriplex* sp., *Haloxylon scoparium* Pomel 1875,...) et l'étage de végétation semi-aride avec le palmier nain. Suite aux actions anthropiques, on ne retrouve plus cette végétation naturelle que de place en place. La population urbaine a connu un accroissement important dans la région de Marrakech. Entre les deux derniers recensements, la municipalité de Ménara-Gueliz a enregistré un taux d'urbanisation de 5,09%. Actuellement, la ville de Marrakech concentre, à elle seule, 78% de la population urbaine de la région Marrakech-Tensift-Al Haouz.

Ainsi, la croissance démographique a entraîné la construction d'habitats précaires en périphérie de Marrakech et à l'intérieur du tissu urbain. On en dénombre une cinquantaine totalisant 76.000

habitants environ et dont la densité d'habitants est élevée (420 hab/ha).

Notre étude a concerné deux sites intégrés dans la ville de Marrakech:

- Akioud, qui est un noyau d'habitations précaires de type rural, et installé sur des terrains non équipés. La population, d'une densité importante, cohabite avec des animaux domestiques et procèdent à l'élevage du bétail sur place.

- Semlalia, qui est un quartier résidentiel, bien organisé, de villas entourées de jardins, avec une densité d'habitants relativement faible.

## 2.2 Collecte des phlébotomes

Les spécimens adultes ont été collectés, au niveau des deux stations de Marrakech, à l'aide de pièges adhésifs. Ces pièges sont constitués de feuilles de papier blanc mat de format A4 largement imbibées d'huile de ricin qui présente les avantages de ne pas être répulsive, d'être très visqueuse pour engluer les phlébotomes et d'être soluble dans l'alcool ce qui facilite la récupération ultérieure des insectes.

Pendant une année d'étude, les pièges ont été déposés pour deux nuits successives dans chacune des deux stations, avec des prélèvements continus (Octobre 2002-Septembre 2003) à Akioud (Boussaa *et al.*, 2005) et hebdomadaires à Semlalia (Juillet 2002-Juillet 2003).

Le nombre de pièges déposés est de 40 par station (par prélèvement), mais le nombre récupéré est toujours inférieur (voire nul) en cas de perte soit par le vent soit volontaire par la population locale.

Les piégeages ont été effectués dans les mêmes endroits pendant toute la durée d'étude. Ainsi, les spécimens ont été collectés à l'intérieur des habitats humains et sur la végétation dans les deux stations. A Akioud, en plus de ces deux biotopes, les étables ont aussi été concernées par le piégeage.

## 2.3 Traitement et identification des spécimens

Les phlébotomes collectés sont conservés dans l'alcool 70° pour l'éclaircissement et le montage rapide dans le baume au chloral.

En se référant à la clé de détermination des phlébotomes du Maroc (Ministère de la Santé, 1997), l'identification des spécimens est basée sur l'observation de différents caractères morphologiques:

- Pour les mâles : armature du cibarium, forme des valves péniennes, nombre et position d'épines sur le genitalia et nombre de soies apicales sur le coxite.

- Pour les femelles : forme des spermathèques, armature du pharynx et forme et nombre de dents du cibarium.

## 2.4 Recherche des œufs et des formes larvaires

Des échantillons de sol sont également prélevés (à côté de la végétation et dans les étables), parallèlement à chaque séance de piégeage de phlébotomes adultes, dans les deux stations.

A l'aide d'un pinceau, le sol de surface est collecté, séparément dans des boîtes de Petri de 90 mm, au niveau des trous repérés dans les murs des étables et dans des coins peu fréquentés à l'extérieur et aux alentours de la végétation.

Sachant que les œufs de phlébotome sont ovoïdes et mesurent 300 à 400 µm de longueur (Killick-Kendrick & Killick-Kendrick, 1999), la recherche active des œufs et des formes larvaires dans les échantillons de sol s'est effectuée par examen direct sous loupe binoculaire, après passage dans des tamis de 400 µm.

Pour la détection des formes larvaires, nous avons procédé aussi par la séparation du sol selon la méthode Berlese. Pour ce, des prélèvements de sol sont effectués (dans des bechers de 250 ml) entre 5 et 10 cm de profondeur dans des endroits peu fréquentés dans les étables et à côté de la végétation.

## 2.5 Etude du substrat

Le mois de juin constitue une phase d'émergence des phlébotomes dans les deux stations. Ainsi, deux prélèvements synchroniques de sol sont effectués durant ce mois, dans les deux sites d'étude. Ainsi, dans chacune des deux stations, environ 500 g de sol est prélevé à hauteur de la végétation. L'objectif est de calculer le taux d'humidité, le pourcentage de matière organique et la granulométrie du sol. Pour chaque paramètre, trois répétitions ont été réalisées afin de confirmer les résultats :

### 2.5.1 Granulométrie

Le but de cette étude est de déterminer les différentes classes granulométriques de la fraction

minérale du sol. Pour ce, une préparation des échantillons est nécessaire afin de supprimer les agrégats. La destruction de la matière organique par l'eau oxygénée est démarrée la veille et poursuivie toute la nuit sans chauffage.

Le classement des particules se fait en utilisant la relation de Stokes (1851) qui permet de déterminer la vitesse de sédimentation (V) en fonction du rayon (r) d'une particule sphérique :

$$V = 2gr^2(ds-de) / 9n \text{ ou bien } V = k r^2 \text{ (mettant } k \text{ constante} = 2g(ds-de) / 9n)$$

Avec :

V est la vitesse de sédimentation d'une particule de sol (cm/s)

g est la pesanteur (cm/s<sup>2</sup>)

ds est la densité de la particule de sol

de est la densité de l'eau

n est la viscosité dynamique de l'eau

r est le rayon sphérique de la particule (cm)

Ainsi, les sables grossiers et les sables fins sont récupérés par tamisage sous l'eau (à 200 µ et 50 µ). Après décantation, les échantillons sont mis à sécher dans une étuve à 105 °C. Après refroidissement, ces deux fractions sableuses sont pesées au centigramme près.

De la suspension limono-argileuse (recueillie lors du tamisage), les argiles sont prélevées à 5 cm après 4 h de décantation. Toujours à l'aide de pipette Robinson, l'ensemble argiles et limons fins est ensuite prélevé à 10 cm après 4 min et 30 s. Puis, l'ensemble argiles, limons fins et limons grossiers est prélevé à 12,6 cm après une minute. Après passage à l'étuve, chaque ensemble récupéré est pesé avec précision.

### 2.5.2 Humidité

La méthode gravimétrique est utilisée pour déterminer l'humidité du sol (H). Il s'agit de la détermination du poids d'eau contenue dans un échantillon de sol. L'échantillon est pesé à l'état humide (ph) puis à l'état sec après passage à l'étuve à 105 °C (ps) et la teneur en eau dans l'échantillon est calculée selon le rapport suivant :  $H = (ph - ps) / 100$

### 2.5.3 Matière organique

La méthode Anne (Aubert, 1978) est utilisée pour estimer le taux de matière organique (m.o) dans nos échantillons. Ainsi, à partir du dosage de carbone organique (C.o) totale, nous avons calculé le pourcentage de matière organique selon le rapport suivant:  $m.o \% = C.o \% \times 1,724$ .

## 3 RESULTATS

Durant cette enquête, nous avons récolté 3571 spécimens appartenant aux trois espèces du genre *Phlebotomus* (68,4%) et aux deux espèces du genre *Sergentomyia* (31,6%). *Phlebotomus papatasi* Scopoli 1786 est l'espèce dominante et constitue 53,2% des espèces inventoriées, suivi par *Sergentomyia minuta* Rondani 1843 (20,1%), *S. fallax* Parrot 1921 (11,5%), *Phlebotomus sergenti* Parrot 1917 (10,7%) et *P. longicuspis* Nitzulescu 1930 (4,5%). En fonction des sites, on note une abondance nettement plus élevée au niveau de la station d'Akioud (**Tableau 1**).

A l'exception de *P. sergenti* (61,4% des femelles) à Akioud et *P. longicuspis* (50,0% des femelles) à Semlalia, le sex-ratio est en faveur des mâles pour les autres espèces dans les deux stations (**Tableau 1**).

En se basant sur la forme du génitalia mâle, qui subit une torsion de 180° pendant les 24h suivant l'émergence, nous avons pu cerner les phases d'émergence de certaines espèces et par conséquent identifier leurs gîtes larvaires (**Tableau 2**).

La **Figure 1** présente la dynamique des populations de phlébotomes dans les deux stations, avec des indications concernant les périodes d'émergences déterminées. La densité moyenne mensuelle de phlébotomes par station est calculée et exprimée par le nombre de phlébotomes collectés par mois par m<sup>2</sup> de piège.

Concernant la recherche des œufs et des formes larvaires, aucun résultat positif n'a été noté. Tandis que les résultats de la caractérisation du substrat au niveau des deux stations sont présentés dans le **Tableau 3**.

**Tableau 1.** Effectif total (T), effectif des mâles (M) et abondance relative (%) des espèces de phlébotomes collectées par station.

	<i>P. papatasi</i>			<i>P. sergenti</i>			<i>P. longicuspis</i>			<i>S. minuta</i>			<i>S. fallax</i>			Total/site
	T	M	%	T	M	%	T	M	%	T	M	%	T	M	%	
Akioud	1788	1402	54,6	337	130	10,3	125	116	3,8	657	408	20,0	370	228	11,3	3277
Semlalia	111	83	37,8	44	32	15,0	38	19	12,9	61	49	20,7	40	22	13,6	294
Total/espèce	1899	1485	53,2	381	162	10,7	163	135	4,5	718	457	20,1	410	250	11,5	3571

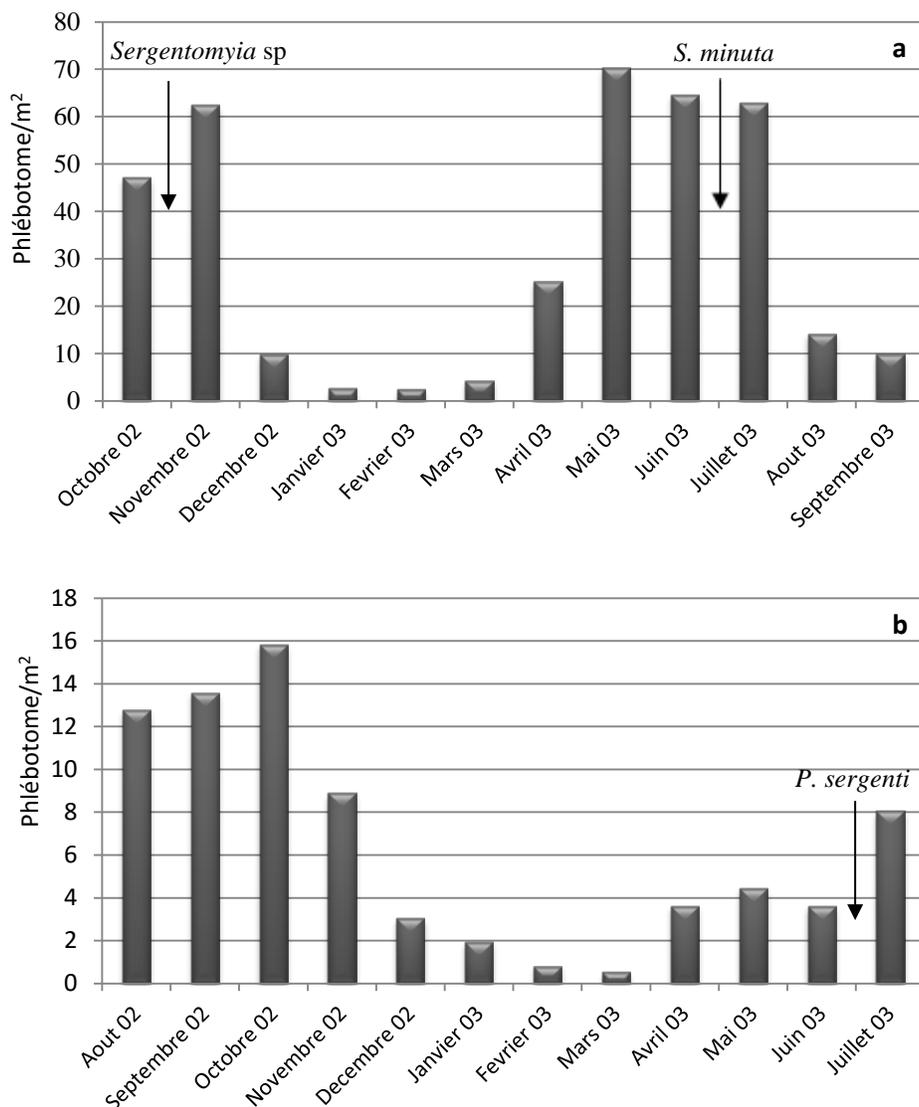
**Tableau 2.** Nombre de mâles (M) et de mâles avec génitalia non tordu (GNT) collectés par espèce et par station.

Stations	Espèce	M	GNT	Date de prélèvement
Akioud	<i>Sergentomyia minuta</i>	26	22	01/xi/2002
		36	31	29/vi/2003
	<i>S. fallax</i>	30	30	29/x/2003
Semlalia	<i>Phlebotomus sergenti</i>	05	05	24/vi/2003

**Tableau 3.** Type de végétation et caractérisation des substrats au niveau des deux stations.

	Granulométrie %					Humidité du sol (%)	Matière organique (%)	Type de végétation naturelle (et artificielle)
	Sg	Sf	Arg	Lg	Lf			
Akioud	28,6	29,4	10,0	12,0	20,0	54,6	3,2	<i>Peganum harmala</i> Linné 1753 ( <i>Eucalyptus globulus</i> Labill 1800)
Semlalia	61,5	17,0	10,0	11,5	0,0	5,0	12,7	<i>Phoenix dactylifera</i> Linné 1753 ( <i>Citrus sinensis</i> Osbeck 1765; <i>E. globulus</i> ; Rosaceae; pelouse artificielle)

Sg (sables grossiers) ; Sf (sables fins) ; Arg (argiles) ; Lg (limons grossiers) ; Lf (limons fins).



**Figure 1:** Dynamique des populations de phlébotomes à Akioud (a) et à Semlalia (b) avec les périodes d'émergence détectées.

#### 4 DISCUSSION

Durant ce suivi, nous avons collecté 3571 spécimens, 3277 phlébotomes à Akioud contre 294 seulement à Semlalia. Cette différence d'effectif total entre les deux sites est due à la nature du suivi (prélèvements continus à Akioud et hebdomadaires à Semlalia) mais aussi à la nature des stations elles-mêmes : Akioud est un noyau

d'habitations précaires de type rural par contre, Semlalia constitue un quartier résidentiel bien organisé. L'effet de l'urbanisation sur l'abondance et la richesse spécifique des phlébotomes est démontré à Marrakech (Boussaa *et al.*, 2007) comme ailleurs (Kamhawi *et al.*, 1991; OMS, 2002; Wasserberg *et al.*, 2003).

Les populations de phlébotome d'Akioud sont actives durant toute l'année et l'évolution de leur

densité moyenne mensuelle est biphasique (Boussaa *et al.*, 2005). La même distribution est retrouvée à Semlalia avec une activité phlébotomienne continue sur toute l'année, marquée par deux pics : pic d'été et celui d'automne (**Figure 1**).

*Phlebotomus papatasi* est l'espèce dominante dans nos deux stations, mais nous n'avons pas pu déterminer sa/ses période(s) d'émergence. Par contre, nous avons pu identifier celles de *P. sergenti*, *S. minuta* et *S. fallax* à Marrakech en se basant sur la forme non tordue du génitalia mâle. En Israël, les auteurs ont déterminé le gîte larvaire de *P. sergenti* en se basant sur la forme du génitalia mâle (Moncaz *et al.*, 2012).

A Akioud, deux périodes annuelles d'émergence ont été déterminées pour *S. minuta*, la première au début novembre et la deuxième fin juin. Alors qu'une seule période annuelle d'émergence est déterminée pour *S. fallax* fin octobre. L'émergence de *P. sergenti* a été détectée à la station de Semlalia, où nous avons collecté au mois de juin 100% de mâles avec génitalia sans torsion (**Tableau 2; Figure 1**).

Quoique le gîte larvaire naturel des phlébotomes n'est pas caractérisé (Bettini, 1989; Killick-Kendrick, 1999), la larve est terrestre (Vaillant, 1970; Killick-Kendrick, 1999). Comparée à celle des moustiques, la biologie des phlébotomes est encore mal connue. Seules quelques études sur le comportement ont été faites dans la nature et la majorité des informations connues proviennent des observations au laboratoire (Killick-Kendrick & Killick-Kendrick, 1999). A partir de ces observations, les exigences écologiques des formes pré-imaginaires de phlébotomes concernent essentiellement l'humidité, la température et la matière organique dans le sol (Killick-Kendrick & Killick-Kendrick, 1999).

La composition physico-chimique du sol a un effet important sur la distribution des espèces de phlébotomes (Lewis, 1971). En Inde, le type de sol de la forêt a déterminé l'aire de répartition de *Phlebotomus argentipes* Annandale & Brunetti 1908 (Lewis, 1971).

usée Concernant l'étude du substrat dans le présent travail, le gîte larvaire des *Sergentomyia* présente un taux d'humidité dix fois plus important que celui de *P. sergenti* au mois de juin. Installé sur des terrains non équipés, les eaux de ruissellement ainsi que les eaux s produites par les différentes activités humaines à

Akioud s'infiltrent dans le sol pour augmenter son taux d'humidité.

Par contre, le taux de la matière organique est élevé dans la station Semlalia, probablement suite à sa richesse en végétation essentiellement artificielle. En 1935, Parrot a signalé la facilité avec laquelle on peut élever des larves de phlébotomes en les nourrissant avec les débris de végétaux (Parrot, 1935).

La comparaison de la granulométrie des deux substrats montre, dans le sol de Semlalia, une richesse en sables grossiers (61,5%) avec une absence totale de limons fins. A Akioud, les cinq fractions du sol sont représentées avec des taux oscillant entre 10 et 30% (**Tableau 3**).

Ces résultats préliminaires au niveau de nos deux gîtes larvaires, nous renseignent sur les exigences écologiques de chacune des trois espèces : *P. sergenti*, *S. minuta* et *S. fallax*. Les *Sergentomyia* exigent un taux d'humidité élevé tandis que *P. sergenti* exige un taux important en matière organique pour son développement larvaire. Quant à la texture du sol, *P. sergenti* préfère un sol sableux. L'analyse du sol d'un gîte larvaire de *P. sergenti* en Israël montre également une richesse en matière organique avec une texture sableuse (Moncaz *et al.*, 2012).

Vaillant (1970) note que les larves de Psychodidae, Phlebotominae préfèrent la matière organique d'origine animale. D'après l'OMS (2002), l'augmentation des cas de leishmaniose cutanée anthroponotique dans le sud de l'Anatolie est due essentiellement à la présence de matière organique d'origine animale, tel l'excrément de vaches, offrant des conditions nécessaires au développement des œufs de phlébotomes. La population humaine à Akioud procède à des élevages de bétail sur place. Dans cette station, en plus de l'abri au niveau des étables, l'environnement offre une richesse en matière organique d'origine animale. Par contre, Semlalia est caractérisé par la présence de matière organique d'origine végétale suite à l'abondance de la végétation autour des habitats humains (villas, résidences,...).

## 5 CONCLUSION

Ce travail constitue une contribution à la caractérisation des gîtes larvaires naturels de phlébotome. Une étude approfondie du substrat, au

niveau des potentiels gîtes larvaires, avec un suivi des variations annuelles de ces éléments est nécessaire afin d'en déterminer les exigences écologiques pour le développement larvaire de chaque espèce de phlébotome.

## RÉFÉRENCES

- Ashford R.W. (2000). The leishmaniasis as emerging and reemerging zoonoses. *International Journal for Parasitology* **30**, p. 1269-1281.
- Aubert G. (1978). Méthodes d'analyses des sols. *Edition C.R.D.P.*, Marseille, 360 p.
- Bagnouls F. & Gaussen H. (1957). Climats biologiques et leur classification. *Annales de Géographie* **66**, p. 193-320.
- Bettini S. (1989). Sandfly breeding-sites. *Life Sciences* **163**, p. 179-188.
- Bettini S., Contini C., Atzeni M.C. & Tocco G. (1986). Leishmaniasis in Sardinia. I. Observations on a larval breeding site of *Phlebotomus perniciosus*, *Phlebotomus perfiliewi perfiliewi* and *Sergentomyia minuta* (Diptera: Psychodidae) in the canine leishmaniasis focus of Soleminis (Cagliari). *Annals of Tropical Medicine and Parasitology* **80**, p. 307-315.
- Boussaa S., Guernaoui S., Pesson B. & Boumezzough A. (2005). Seasonal fluctuations of phlebotomine sand fly populations (Diptera: Psychodidae) in the urban area of Marrakech, Morocco. *Acta Tropica* **95**, p. 86-91.
- Boussaa S., Pesson B. & Boumezzough A. (2007). Phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) of Marrakech city, Morocco. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology* **101**, p. 715-724.
- Feliciangeli M.D. (2004). Natural breeding places of phlebotomine sandflies. *Medical and Veterinary Entomology* **18**, p. 71-80.
- Guernaoui S. & Boumezzough A. (2009). Habitat Preferences of Phlebotomine Sand Flies (Diptera: Psychodidae) in Southwestern Morocco. *Journal of Medical Entomology* **46**, p. 1187-1194
- Iguerria S., Harmouche T., Mikou O., Amarti A. & Mernissi F.Z. (2011). Mucocutaneous leishmaniasis in Morocco, evidence of the parasite's ecological evolution? *Médecine et Maladies Infectieuses* **41**, p. 47-48.
- Kamhawi S., Abdel-Hafez S.K. & Molyneux D.H. (1991). Urbanization — how does it affect the behaviour of sandflies? *Parassitologia* **33**, p. 299-306.
- Killick-Kendrick R. (1987). Breeding places of *Phlebotomus ariasi* in the Cévennes focus of leishmaniasis in the south of France. *Parassitologia* **29**, p. 181-91.
- Killick-Kendrick R. (1999). The biology and Control of Phlebotomine Sandflies. *Clinics in Dermatology* **17**, p. 279-289.
- Killick-Kendrick R. & Killick-Kendrick M. (1999). Biology of sand fly vectors of Mediterranean canine leishmaniasis. In : Canine Leishmaniasis : an update. *Proceedings of a canine Leishmaniasis Forum*, Barcelona, p. 28-31.
- Le Houerou H. (1989). Classification éoclimatique des zones arides de l'Afrique du nord. *Ecologia Méditerranéa* **15**, p. 95-144.
- Lewis D.J. (1971). Phlebotomid Sandflies. *Bulletin de l'Organisation Mondiale de la Santé* **44**, p. 535-551.
- Ministère de la Santé (1997). Lutte contre les leishmanioses. Guide des activités. Direction de l'épidémiologie et de lutte contre les maladies. Service des Maladies parasitaires. Ministère de la Santé, Maroc, p. 69-73.
- Moncaz A., Faiman R., Kirstein O. & Warburg A. (2012). Breeding Sites of *Phlebotomus sergenti*, the Sand Fly Vector of Cutaneous Leishmaniasis in the Judean Desert. *PLoS Neglected Tropical Disease* **6**, p. 1725-1735.
- Organisation Mondiale de la santé (OMS). (2002). Urbanization: an increasing risk factor for leishmaniasis. *Weekly Epidemiological Record*. **77**, p. 365-372.
- Parrot L. (1935). Phlébotomes et végétations. *Bulletin de la société de pathologie exotique* **28**, p. 960-963.
- Rhajaoui M., Nasereddin A., Fellah H., Azmi K., Amarir F., Al-Jawabreh A., Ereqat S., Planer J., & Abdeen Z. (2007). New clinico-epidemiologic profile of cutaneous leishmaniasis, Morocco. *Emerging Infectious Diseases* **13**, p. 358-360.
- Rhajaoui M. (2009). Human leishmaniasis in Morocco: a nosogeographical diversity. *Pathologie Biologie* **59**, p. 226-229.
- Rioux J.A., Rispaïl 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**, p. 549-557.

- Rioux J.A., Lanotte G., Petter F., Dereure J., Akalay O., Pratlong F., Velez G., Fikri N.B., Maazoun R., Denial M., Jarry D.M., Zahaf A., Ashford R.W., Cadi Soussi M., Killick-Kendrick R., Benmansour N., Moreno G., Périères J., Guilvard E., Zribi M., Kennou M. F., Rispaïl P., Knechtli R. & Serres E. (1986). Les leishmanioses cutanées du bassin méditerranéen occidental: de l'identification enzymatique à l'analyse éco-épidémiologique, l'exemple de trois 'foyers', tunisien, marocain et français. *In*: Leishmania. Taxonomie et Phylogénèse. Applications Écoépidémiologiques, ed. Rioux, J.A. Montpellier, France: Institut Méditerranéen d'Études Épidémiologiques et Ecologiques, p. 365-395.
- Rioux J.A., Akalay O., Périères J., Dereure J., Mahjour J., Le Houérou H.N., Léger N., Desjeux P., Gallego M., Saddiki A., Barkia A. & Nachi H. (1997). L'évolution éco-épidémiologique du 'risque leishmanien' au Sahara atlantique marocain. Intérêt heuristique de la relation 'phlébotomesbioclimats'. *Ecologia Mediterranea* **23**, p. 73-92.
- Rioux J.A. & de La Rocque S. (2003). Climats, leishmanioses et trypanosomiasés. Changements climatiques, maladies infectieuses et allergiques. *Annales de l'Institut Pasteur* **16**, p. 41-62.
- Rispaïl P., Dereure J. & Jarry D. (2002). Risk zones of human leishmaniasés in the western Mediterranean basin. Correlations between vectors sand flies, bioclimatology and phytosociology. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro* **97**, p. 477-483.
- Stokes G.G. (1851). On the Effect of the Internal Friction of Fluids on the Motion of Pendulums. *Cambridge Philosophical Transactions* **9**, p. 8-106
- Vaillant F. (1970). Les exigences écologiques des larves de Diptères Psychodidae. *Bulletin de la société zoologique de France* **95**, p. 305-315.
- Wasserberg G., Abramsky Z., Kotler B.P., Ostfeld R.S., Yarom I. & Warburg A. (2003). Anthropogenic disturbances enhance occurrence of cutaneous leishmaniasis in Israel deserts: patterns and mechanisms. *Ecological Applications* **13**, p. 868-881.
- Young D.G. & Arias J.R. (1992). Phlebotomine sandflies in the Americas. Washington: Pan American Health Organization.

(31 réf.)