

# Évaluation au laboratoire et sur le terrain de l'imidaclopride sous forme d'appâts pour les rongeurs afin de contrôler les populations de *Phlebotomus papatasi* Scopoli, 1786 (Diptera: Psychodidae)

*Laboratory and field evaluation of an imidacloprid treated rodent oral bait for a systemic control of Phlebotomus papatasi Scopoli, 1786 (Diptera: Psychodidae)*

M. Derbali · I. Chelbi · S. Cherni · W. Barhoumi · A. Boujaâma · R. Raban · R. Poché · E. Zhioua

Reçu le 10 août 2011 ; accepté le 6 novembre 2012

© Société de pathologie exotique et Springer-Verlag France 2012

**Résumé** L'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité de l'imidaclopride comme insecticide systémique administré sous forme d'appâts aux rongeurs réservoirs contre les stades adultes et larvaires de *Phlebotomus papatasi*, vecteur de *Leishmania major* Yakimoff & Schokhor, 1914 (Kinetoplastida: Trypanosomatidae), agent étiologique de la leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ). Des mérions, *M. shawi* Duvernoy 1842 (Rodentia, Gerbillidae), ont été traités avec de l'imidaclopride sous forme d'appât (0,05 %) au laboratoire et sur le terrain. Au laboratoire, les effets sur les adultes de *P. papatasi* gorgés sur *M. shawi* (deux individus) traités et sur les larves nourries avec les excréments de *M. shawi* traités ont été étudiés. Dans les 24 heures après le repas de sang sur *M. shawi* traités avec une seule application d'imidaclopride (0,05 %) sous forme d'appât, 100 % de *P. papatasi* ont été tués et l'efficacité a duré jusqu'à quatre semaines. Les larves de *P. papatasi* qui se sont nourries sur les excréments broyés de *M. shawi* traités avec de l'imidaclopride n'ont pas atteint le stade nymphal et aucune émergence d'adultes n'a été observée. Sur le terrain, le traitement de *M. shawi* avec une seule application d'imidaclopride sous forme d'appâts (0,05 %) a induit un taux de réduction de 90 % de la popu-

lation de *P. papatasi* et cette efficacité a duré quatre semaines. Les résultats de cette étude ont montré pour la première fois l'efficacité de l'imidaclopride comme insecticide systémique administré au rongeur réservoir de *L. major*; *M. shawi*, contre les stades adultes et larvaires de *P. papatasi*. Cette approche pourrait être utilisée dans un programme de lutte intégrée contre les populations de *P. papatasi* en zone d'endémie pour la LCZ.

**Mots clés** *Phlebotomus (Phlebotomus) papatasi* · *Leishmania major* · *Meriones shawi* · Leishmaniose cutanée zoonotique · Imidaclopride · Appât insecticide systémique

**Abstract** The objective of this study was to evaluate the systemic insecticidal activity of an imidacloprid-treated rodent oral bait, against *Phlebotomus papatasi* Scopoli, 1786 vector of *Leishmania major* Yakimoff & Schokhor, 1914 (Kinetoplastida: Trypanosomatidae), etiologic agent of zoonotic cutaneous leishmaniasis (ZCL). Shaw's gerbil *Meriones shawi* Duvernoy, 1842 (Rodentia, Gerbillidae) were treated with imidacloprid-treated bait (0.05%). In the laboratory, effects on adult and larval of *Phlebotomus papatasi* fed on treated *M. shawi* and on its faeces were studied. The effectiveness of this approach was tested under field conditions. In the laboratory, 100% of *P. papatasi* were killed within 24 hours after blood feeding on *Meriones shawi* treated up to four weeks prior with a single application of imidacloprid (0.05%) bait. In addition, none of the *P. papatasi* larvae that consumed feces from *M. shawi* treated with the imidacloprid bait survived to pupation. In the field, application of the imidacloprid bait resulted in a 90% reduction in the *P. papatasi* population up to four weeks prior with a single application of imidacloprid (0.05%) bait. This is the first study to demonstrate field efficacy of insecticide-treated rodent baits for *P. papatasi* control and the first

M. Derbali · I. Chelbi · S. Cherni · W. Barhoumi · A. Boujaâma · E. Zhioua (✉)

Institut Pasteur de Tunis,  
Laboratoire d'écologie des systèmes des vecteurs,  
13, place Pasteur, BP 74, 1002 Tunis, Tunisie  
e-mail : elyes.zhioua @ gmail.com

A. Boujaâma  
Institut national de la statistique,  
Rue Ech-cham B.P 265 Cedex Tunis, Tunisie

R. Raban · R. Poché  
Genesis Laboratories Inc., PO BOX 1195,  
Wellington, CO 80549, États-Unis

study to evaluate this approach in *M. shawi*, a principal ZCL reservoir host. These results suggest that insecticide-treated rodent baits could be used to effectively reduce the populations of *P. papatasi* associated with *M. shawi* in ZCL endemic areas.

**Keywords** *Phlebotomus (Phlebotomus) papatasi* · *Leishmania major* · *Meriones shawi* · Zoonotic cutaneous leishmaniasis · Imidaclopride · Systemic and feed-through insecticide

## Introduction

La leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) est endémique au centre et au sud de la Tunisie [1,8]. Cette parasitose est due à *Leishmania major*, transmis par le phlébotome *Phlebotomus papatasi* [3]. *Psammomys obesus* Cretzchmar, 1828, *Meriones shawi* et *Meriones libycus* Lichtenstein, 1823 sont les principaux réservoirs de *L. major* en Afrique du Nord et au Moyen-Orient [2,15,16,27,28,30]. Aucun vaccin efficace n'est disponible et, par conséquent, la lutte contre le vecteur et le réservoir sont actuellement les seules méthodes de prévention contre la LCZ.

Dans une étude précédente, nous avons montré de manière qualitative que la persistance et la transmission de *L. major* entre deux saisons de transmission peut être assurée par les rongeurs réservoirs de parasites infectés à la fin de la 1<sup>re</sup> saison de transmission [13]. Il en ressort que la pérennité du cycle de *L. major* dépend de la survie des rongeurs réservoirs en période hivernale. Ceci peut expliquer l'absence de *L. major* de certaines colonies de *P. obesus* en Afrique du Nord, dont une grande majorité ne survit pas à l'hiver suite aux inondations [27]. Il serait ainsi relativement facile de casser ce cycle en traitant les rongeurs réservoirs par un insecticide systémique durant le pic d'activité de *P. papatasi* [31].

Au cours des dix dernières années, le développement agricole a conduit à la destruction de l'habitat naturel de *P. obesus*, formé principalement de zones à chénopodes, entraînant ainsi la disparition de ce rongeur autour des établissements humains dans de nombreuses régions d'endémie de la Tunisie. *Meriones shawi* est ainsi devenu l'hôte réservoir principal de *L. major* dans plusieurs foyers endémiques [4,16]. *Meriones shawi* est nocturne, se nourrit principalement de graines et de fruits et habite des systèmes complexes de terriers associés à l'une de ses principales ressources alimentaires, le jujubier, *Ziziphus zizyphus* L. Ces terriers ont une température modérée et stable avec une humidité élevée créant ainsi un microclimat approprié pour le développement des stades immatures de *P. papatasi*. Ces terriers sont riches en matière organique formée de crottes et de végétation en décomposition assurant ainsi

une source de nourriture adéquate pour les stades larvaires de *P. papatasi* (Zhioua, non publié). Les femelles adultes de *P. papatasi* utilisent également *M. shawi* comme source principale de sang et de matières organiques (fèces). Par conséquent, la relation étroite entre *P. papatasi* et *M. shawi* peut être ciblée par un insecticide systémique administré à *M. shawi* faisant ainsi une approche puissante pour contrôler les populations *P. papatasi* associée à cette espèce d'hôte réservoir.

L'identification d'habitats naturels des larves de *P. papatasi* est difficile et, même s'ils sont identifiés comme les terriers de rongeurs, ils ne sont pas facilement accessibles. Par conséquent, les mesures de contrôle ont ciblé les stades adultes de *P. papatasi* [19,20]. Les pulvérisations d'insecticides à effet rémanent [5,26] et l'utilisation de rideaux ou de moustiquaires imprégnées d'insecticide [14,18,33] ont réduit l'incidence de la LCZ, mais l'arrêt de ces mesures voit la maladie revenir à son niveau d'origine. La zooprophylaxie basée sur l'élevage traditionnel de lapins dans les terriers souterrains situés dans la zone péri-domestique réduit l'abondance intradomestique de *P. papatasi* [9], mais l'effet zooprophylactique de cette méthode sur l'incidence de la LCZ reste à étudier.

Une stratégie de contrôle de la LCZ implique la réduction de la population hôte rongeur réservoir. L'empoisonnement des rongeurs réservoirs de *L. major* par le phosphore de zinc a réduit l'incidence de la LCZ dans certains foyers endémiques en Iran [32,34], mais cette approche présente des répercussions négatives sur l'environnement. *Psammomys obesus* se nourrit exclusivement de chénopodes et ses terriers sont localisés sous ces plantes et par voie de conséquence, les chénopodes représentent l'habitat naturel de cette espèce de rongeur. La destruction des champs de chénopodes par labourage profond autour de la ville de Sidi Bouzid en créant une zone tampon entre la ville et les zones à chénopodes n'a pas réduit de manière significative l'incidence de la LCZ [4]. Cette intervention n'a pas été efficace en raison de la présence d'un autre réservoir compétent dans cette région, *M. shawi*, dont la survie n'a pas été affectée par cette modification de l'habitat [4]. En outre, la réduction de la population de rongeurs réservoirs par la destruction d'habitat ou par l'empoisonnement est coûteuse, nécessitant une main-d'œuvre importante et a des répercussions négatives sur l'environnement.

Une nouvelle stratégie consiste à administrer un insecticide systémique sous forme d'appâts aux rongeurs réservoirs de la LCZ afin de tuer non seulement les femelles adultes qui se nourrissent sur ces rongeurs, mais également les larves qui se nourrissent sur les crottes de ces animaux. Plusieurs insecticides, tels que l'imidaclopride [6,31], le diflubenzuron, le novaluron [21,22], le pyriproxifène, le méthoprène [24] et l'ivermectine [17,23] ont été évalués pour la lutte contre *P. papatasi* par une utilisation dans

des appâts donnés aux rongeurs. Dans l'étude actuelle, l'imidaclopride, un insecticide néonicotinoïde, a été incorporé dans un appât optimisé pour appétence à *M. shawi*. Un taux de mortalité d'adultes et de larves de *P. papatasi* a été rapporté après application d'un appât à base d'imidaclopride initialement formulé pour *P. obesus* dans des conditions de laboratoire [31]. Toutefois, cette approche a échoué en raison de la non-acceptation de l'appât par *P. obesus* sur le terrain (Zhioua, non publié). Par rapport à *P. obesus*, le régime alimentaire de *M. shawi* est plus diversifié, il est donc plus facile de créer un appât acceptable pour cette espèce. L'utilisation d'imidaclopride sous forme d'appâts a été efficace pour lutter contre les puces d'écureuil de Californie [6]. Par conséquent, dans cette étude nous avons évalué l'efficacité de l'imidaclopride sous forme d'appâts administrés à *M. shawi* au laboratoire et sur le terrain pour contrôler les populations de *P. papatasi*.

## Matériels et méthodes

### Évaluation au laboratoire

Une colonie de *P. papatasi* maintenue au laboratoire [10] a été utilisée pour les essais biologiques. Deux *M. shawi* élevés au laboratoire ont été nourris pendant 48 heures sur un mélange de blé et d'imidaclopride à 0,05 % (150 g), puis sur le blé non traité pendant six semaines selon un schéma déjà validé [29]. Deux *M. shawi* nourris avec du blé seulement ont été utilisés comme témoins. Les deux animaux ont accepté les graines mélangées à l'imidaclopride et n'ont pas présenté d'anomalies apparentes de santé. Une fois par semaine, les rongeurs sont anesthésiés par injection sous-cutanée de 200 µl de kétamine (10 mg/ml) (Merial, Lyon, France) et sont placés pendant deux heures dans des cages contenant des femelles de *P. papatasi* âgées de quatre à cinq jours (N = 30). Après le repas de sang, les phlébotomes sont conservés dans des cages contenant du sucre et dans des conditions d'humidité relative de 80 %. La mortalité quotidienne a été enregistrée pour les phlébotomes gorgés de sang. Les déjections des rongeurs traités avec de l'imidaclopride et celles des rongeurs témoins étaient recueillies à partir du cinquième jour après le traitement, broyées et ajoutées à un pot traité et à un pot témoin (10 cm de diamètre), contenant chacun environ 300 larves de *P. papatasi* au troisième stade car les larves du premier et du deuxième stade sont très sensibles à l'infection par les champignons [10]. Par conséquent, les larves de stade 3 ont été utilisées dans cette étude. On a ajouté 0,5 g de nourriture traitée (avec déjections des rongeurs traités) et de témoin (avec déjections des rongeurs témoins) à chaque pot. Il est important de souligner que la nourriture traitée est acceptée par les larves et donc la famine ne pouvait pas être la cause de la mortalité larvaire qui a été

évaluée par le suivi de la nymphose et l'émergence des stades adultes.

### Évaluation sur le terrain

Cette étude a été réalisée dans deux sites distants de 1 km, localisés dans la partie est de la ville de Sidi Bouzid (34° 51N, 9°29'E) en septembre 2011. Cette période correspond au pic d'activité de *P. papatasi* [7]. Chaque site contient environ 25 terriers actifs de *M. shawi* (empreintes fraîches devant les terriers). Sachant que *M. shawi* est un animal nocturne, l'estimation de la population de mérions dans chaque site est très difficile. Contrairement au terrier de *P. obesus* qui contient plusieurs ouvertures [15], celui de *M. shawi* est limité en général à une seule (Zhioua, non publié). Par conséquent, on est en droit de penser qu'un terrier actif est représenté par un seul animal. L'étude a été entreprise en septembre, période durant laquelle la nourriture est abondante. Par conséquent, la migration des mérions entre les deux sites est très peu probable.

Une semaine avant l'application d'appâts, le nombre de phlébotomes par site a été évalué en utilisant des pièges adhésifs à l'entrée de chaque terrier durant toute la nuit. Les pièges adhésifs consistent en papiers (20 cm x 20 cm) trempés dans l'huile de ricin. Les phlébotomes ont été collectés des pièges adhésifs le lendemain avec un pinceau à poil fin, comptés et identifiés au niveau de l'espèce en utilisant les clés d'identification [12]. Après une première estimation, les sites ont été assignés aléatoirement pour recevoir l'appât traité avec de l'imidaclopride ou l'appât non traité. Dans chaque site et à l'entrée de chaque terrier, une dose unique de 150 g d'appât traité (0,05 %) ou d'appât non traité a été placée juste après l'évaluation initiale du nombre de phlébotomes. Il est important de noter que l'appât est placé de telle sorte qu'il est peu accessible à d'autres animaux et surtout aux moutons. Tous les appâts ont été écoulés 24 heures après l'application dans les deux sites. Une fois par semaine, le nombre de phlébotomes est évalué dans les sites traités et témoins pendant une période de quatre semaines à l'aide de pièges adhésifs placés à l'entrée des terriers. En raison des conditions météorologiques défavorables, le suivi du nombre des phlébotomes n'a pas été effectué au cours de la cinquième et de la sixième semaine. La réduction du nombre de *P. papatasi* dans la zone traitée a été calculée en utilisant la formule modifiée d'Abbott [25] :

$$\% \text{ témoins} = 100 - \left[ \left( \frac{T_{\text{après}}}{T_{\text{avant}}} \right) / \left( \frac{U_{\text{après}}}{U_{\text{avant}}} \right) \right] \times 100$$

Où: T = le nombre de *P. papatasi* dans la zone traitée;  
U = nombre de *P. papatasi* dans la zone non traitée.

Le test *T* de Student [11] a été utilisé pour tester la différence entre le nombre de *P. papatasi* avant et après le traitement dans le site témoin ainsi que dans le site traité.

## Résultats

### Évaluation au laboratoire

Le taux de mortalité de *P. papatasi* nourris sur *M. shawi* traités à l'imidaclopride a atteint 100 % dans les 24 heures après le repas de sang et ce même taux de mortalité a été observé pendant 4 semaines. Lors de la cinquième et de la sixième semaine après le traitement, aucune mortalité n'a été observée. Aucune émergence d'adultes n'a été observée dans le pot traité. En comparaison, 90 % de *P. papatasi* nourris avec des excréments de *M. shawi* témoins ont atteint le stade adulte.

### Évaluation sur le terrain

Il est important de souligner que 100 % des phlébotomes prélevés dans des pièges adhésifs pendant l'essai sur le terrain ont été identifiées comme étant *P. papatasi*. Globalement, le nombre de *P. papatasi* a été réduit dans le site traité et cette réduction varie de 76 % à 90 % pendant les quatre semaines post-traitement. Le nombre de *P. papatasi* dans le site témoin ne diffère pas significativement avant et après le traitement ( $p = 0,187$ ). Dans le site traité, le nombre de *P. papatasi* avant le traitement est significativement différent par rapport au nombre observé après le traitement ( $p = 0,004$ ).

## Discussion

L'appât traité avec l'imidaclopride consommé par *M. shawi* a un effet systémique sur la survie de *P. papatasi* après leur repas de sang et a également affecté la survie des larves après leur consommation des déjections de rongeurs. Ces résultats concordent avec ceux d'une étude précédente utilisant un appât traité avec de l'imidaclopride pour traiter *P. obesus* contre les stades adultes et larvaires de *P. papatasi* [31]. D'autres études ont également évalué l'effet d'appâts traités avec de l'ivermectine [17,23], du pyriproxifène, du méthoprène [24], du diflubenzuron et du novaluron [21,22] administrés à des hamsters dorés (*Mesocricetus auratus*) sur la survie des stades larvaires de *P. papatasi* se nourrissant sur les déjections des rongeurs traités. Cependant, toutes ces études ont été entreprises au laboratoire. Dans cette étude, nous avons démontré pour la première fois l'efficacité d'un appât traité avec de l'imidaclopride administré à des *M. shawi* pour le contrôle de *P. papatasi* aussi bien au laboratoire que sur le terrain.

Nos résultats ont montré le haut degré de couplage écologique entre *P. papatasi* et *M. shawi*, et, par conséquent, le fort potentiel d'un insecticide systémique pour le contrôle de cette espèce de phlébotomes [31]. L'appât traité avec

l'imidaclopride créé pour cette étude était acceptable pour *M. shawi* et a induit une réduction de 76 % à 90 % de la population de *P. papatasi*. Pour enregistrer un insecticide auprès de l'Agence américaine pour la protection de l'environnement (AAPE), un produit doit démontrer un taux de 90 % ou plus d'efficacité au laboratoire et un taux de 75 % ou plus d'efficacité sur le terrain. Cependant, cette efficacité ne dure que quatre semaines et des études supplémentaires seront donc nécessaires pour déterminer si une ou plusieurs applications d'appâts fourniront un témoin avec un coût-efficacité et une durabilité acceptables pour contrôler les populations de *P. papatasi*. En outre, les appâts traités avec d'autres insecticides systémiques peuvent encore être améliorés par l'identification d'insecticides ayant une plus grande efficacité et une rémanence plus longue et par la conception même des appâts.

## Conclusion

En conclusion, cette étude démontre que les appâts traités avec un insecticide systémique pour traiter les hôtes réservoir de *L. major*, tel que *M. shawi*, sont efficaces pour réduire les populations de *P. papatasi* dans les foyers endémiques de LCZ. Une application à large échelle d'appâts traités avec l'imidaclopride ciblant *M. shawi* est nécessaire pour évaluer l'impact de cette forme de lutte sur l'incidence de la LCZ.

**Remerciements :** Nos remerciements vont au Dr Arezki Izri pour la lecture critique de ce manuscrit. Cette étude a été financée en partie par l'Institut Pasteur de Tunis et l'US Deployed War Fighters Program Projet N° W911-3M-08-1-005.

**Conflit d'intérêt :** les auteurs déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêt.

## Références

1. Ben Ismail R (1993) Recueil des données épidémiologiques quantitatives de base dans un foyer pilote de leishmaniose cutanée zoonotique. Arch Inst Pasteur de Tunis 70:91–110
2. Ben Ismail R, Ben Rachid MS, Gardoni L, et al (1987) La leishmaniose cutanée zoonotique en Tunisie; étude du réservoir dans le foyer de Douara. Ann Soc Belge Méd Trop 67(4):335–43
3. Ben Ismail R, Gramiccia M, Gardoni L, et al (1987) Isolation of *Leishmania major* from *Phlebotomus papatasi* in Tunisia. Trans R Soc Trop Med Hyg 81(5):749.
4. Ben Salah A, Kamarianaki Y, Chlif S, et al (2007) Zoonotic cutaneous leishmaniasis in central Tunisia: spatio temporal dynamics. Int J Epidemiol 36(5):991–1000. Epub 2007 Jun 25
5. Benzerroug EH, Benhabylles N, Izri MA, Belhacene EK (1992) Les pulvérisations intra- et péri-domiciliaires de DDT dans la lutte

- contre la leishmaniose cutanée zoonotique en Algérie. *Ann Soc Belge Méd Trop* 72(1):5–12
6. Borchert JN, Davis RM, Poché RM (2009) Field efficacy of rodent bait containing the systemic insecticide imidacloprid against the fleas of California ground squirrels. *J Vect Ecol* 34(1):92–8
  7. Chelbi I, Derbali M, Al-Ahmadi Z, Zaafour B, et al (2007) Phenology of *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae) relative to the seasonal prevalence of zoonotic cutaneous leishmaniasis in central Tunisia. *J Med Entomol* 44(2):385–8
  8. Chelbi I, Kaabi B, Béjaoui M, et al (2009) Spatial correlation between *Phlebotomus papatasi* Scopoli (Diptera: Psychodidae) and incidence of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Tunisia. *J Med Entomol* 46(2):400–2
  9. Chelbi I, Kaabi B, Derbali M, et al (2008) Zooprophyllaxis: impact of breeding rabbits around houses on reducing the indoor abundance of *Phlebotomus papatasi*. *Vector-Borne Zoo Dis* 8(6):741–7
  10. Chelbi I, Zhioua E (2007) Biology of *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae) in the laboratory. *J Med Entomol* 44(4):597–600
  11. Conover WJ (1971) Practical non parametric statistics. Eds: John Wiley and sons, New York, pp. 97–104
  12. Croset H, Rioux JA, Master M, Bayar N (1978) Les phlébotomes de la Tunisie (Diptera: Phlebotominae). Mise au point systématique, chorologique et éthologique. *Ann Parasitol Hum Comp* 53:711–49
  13. Derbali M, Chelbi I, Ben Hadj Ahmed S, Zhioua E (2012) *Leishmania major* Yakimoff et Schokhor, 1914 (Kinetoplastida : Trypanosomatidae) chez *Meriones Shawi* Duvernoy, 1842 (Rodentia : Gerbillidae) : persistance de l'infection du mérion et de son infectivité pour le phlébotome vecteur *Phlebotomus (Phlebotomus) papatasi* Scopoli, 1786 (Diptera : Psychodidae). *Bull Soc Pathol Exot* 105(5):399–402
  14. Elnaïem DA, Aboud MA, El Mubarek SG (1999) Impact of pyrethroid-impregnated curtains on *Phlebotomus papatasi* sandflies indoors at Khartoum, Sudan. *Med Vet Entomol* 13(2):191–7
  15. Fichet-Calvet E, Jomâa I, Ben Ismail R, Ashford RW (2003) *Leishmania major* infection in the fat sand rat *Psammomys obesus* in Tunisia: interaction of host and parasite populations. *Ann Trop Med Parasitol* 97(6):593–603
  16. Ghawar W, Toumi A, Snoussi MA, et al (2011) *Leishmania major* infection among *Psammomys obesus* and *Meriones shawi*: reservoirs of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Sidi Bouzid (central Tunisia). *Vector Borne Zoonotic Dis* 11(12):1561–8. Epub 2011 Sep 15.
  17. Hanafi HA, Szumlas DE, Fryauff DJ, et al (2011) Effects of ivermectin on blood-feeding *Phlebotomus papatasi*, and the promastigote stage of *Leishmania major*. *Vector Borne Zoonotic Dis* 11(1):43–52. Epub 2010 Jun 2.
  18. Jalouk L, Al Ahmed M, Gradoni L, Maroli M (2007) Insecticide-treated bednets to prevent anthroponotic cutaneous leishmaniasis in Aleppo Governorate, Syria: results from two trials. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 101(4):360–7. Epub 2006 Nov 13
  19. Killick-Kendrick R (1987) Breeding places of *Phlebotomus ariasi* in the Cevennes focus of leishmaniasis in the south of France. *Parassitologia* 29(2-3):181–91
  20. Killick-Kendrick R (1999) The biology and control of phlebotomine sand flies. *Clin Dermatol* 17(3):279–89
  21. Mascari TM, Mitchell MA, Rowton ED, Foil LD (2007) Laboratory evaluation of diflubenzuron as a feed-through for control of immature sand flies (Diptera: Psychodidae). *J Med Entomol* 44(2):171–4
  22. Mascari TM, Mitchell MA, Rowton ED, Foil LD (2007) Evaluation of novaluron as a feed-through insecticide for control of immature sand flies (Diptera: Psychodidae). *J Med Entomol* 44(4): 714–7
  23. Mascari TM, Mitchell MA, Rowton ED, Foil LD (2008) Ivermectin as a rodent feed-through insecticide for control of immature sand flies (Diptera: Psychodidae). *J Am Mosq Control Assoc* 24(2):323–6
  24. Mascari TM, Mitchell MA, Rowton ED, Foil LD (2011) Evaluation of juvenile hormone analogues as rodent feed-through insecticides for control of immature phlebotomine sandflies. *Med Vet Entomol* 25(2):227–31
  25. Mount GA (1981) *Amblyomma americanum*: area control of overwintered nymphs and adults in Oklahoma with acaricides. *J Econ Entomol* 74:24–6
  26. Morsy TA, Aboul Ela RG, el Gozamy BM, et al (1993) Residual effect of four insecticides applied for indoor control of *Phlebotomus papatasi* (Scopoli). *J Egypt Soc Parasitol* 23(2):485–92
  27. Rioux JA, Ashford RW, Khiami A (1992) Ecoepidemiology of leishmaniasis in Syria. 3. *Leishmania major* infection in *Psammomys obesus* provides clues to life history of the rodent and possible control measures. *Ann Parasitol Hum Comp* 67(6):163–5
  28. Rioux JA, Petter F, Zahaf A, et al (1986) Isolement de *Leishmania major* Yakimoff et Schokhor, 1914 [Kinetoplastida, Trypanosomatidae] chez *Meriones shawi shawi* (Duvernoy, 1842) [Rodentia-Gerbillidae] en Tunisie. *Ann Parasitol Hum Comp* 61(2):139–45
  29. Rowton E, Wasserberg G, Poché R (2011) Imidacloprid: a potential systemic insecticide for control of sand fly larvae. *Proceeding of the 7th International Symposium on Phlebotomine Sand flies, Kusadaci, Turkey.*
  30. Wasserberg G, Abramsky Z, Anders G, et al (2002) The ecology of cutaneous leishmaniasis in Nizzana, Israel: infection patterns in the reservoir host, and epidemiological implications. *Inter J Parasitol* 32(2):133–43
  31. Wasserberg G, Poché R, Miller D, et al (2011) Imidacloprid as a potential agent for the systematic control of sand flies. *J Vector Ecol* 36(Suppl 1):S148–56
  32. Yaghoobi-Ershadi MR, Akhavan AA, Zahraei-Ramazani AR, et al (2000) Field trial for the control of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Badrood, Iran. *Ann Saudi Med* 20(5-6):386–9
  33. Yaghoobi-Ershadi MR, Moosa-Kazemi SH, Zahraei-Ramazani AR, et al (2006) Evaluation of deltamethrin-impregnated bed nets and curtains for control of zoonotic cutaneous leishmaniasis in a hyperendemic area of Iran. *Bull Soc Pathol Exot* 99(1):43–8 [<http://www.pathexo.fr/documents/articles-bull/T99-1-2818-6p.pdf>]
  34. Yaghoobi-Ershadi MR, Zahraei-Ramazani AR, Akhavan AA, et al (2005) Rodent control operations against zoonotic cutaneous leishmaniasis in rural Iran. *Ann Saudi Med* 25(4):309–12