

Extension de *Leishmania major* au nord de l'Algérie

Spread of *Leishmania major* to the north of Algeria

A. Boudrissa · K. Cherif · I. Kherrachi · S. Benbetka · L. Bouiba · S.C. Boubidi · R. Benikhlef · L. Arrar · B. Hamrioui · Z. Harrat

Reçu le 24 mai 2011 ; accepté le 23 août 2011
© Société de pathologie exotique et Springer-Verlag France 2011

Résumé Depuis longtemps, la leishmaniose cutanée (LC) du nord à *Leishmania infantum* et la LC du sud à *Leishmania major* ont été nettement séparées par la chaîne montagneuse de l'Atlas tellien qui constitue une barrière naturelle. Récemment, un nouveau foyer de LC cutanée est apparu dans la localité d'El M'hir, située sur le versant nord de cette chaîne. Dans ce foyer, 152 malades ont été recensés entre 2004 et 2010. Douze souches obtenues chez des patients n'ayant jamais quitté la région et cinq souches du rongeur *Psammomys obesus* s'identifient toutes à *L. major* MON-25. Les auteurs notent la prolifération de ce rongeur habituellement inféodé aux chotts des régions steppiques et sahariennes dans le sous-bassin d'El M'hir. Les prospections entomologiques ont montré la prédominance de deux espèces de Phlébotomes : *Phlebotomus papatasi* et *P. perniciosus*. Le premier est reconnu comme vecteur de *L. major* dans le Sahara algérien. Cette étude met en évidence l'extension de *L. major* des zones arides vers les zones semi-arides de la vallée de la Soummam. L'impact des changements climatiques et particulièrement du phénomène de la désertification de la région steppique au nord Sahara pourrait jouer un rôle

dans la propagation de cette maladie. **Pour citer cette revue : Bull. Soc. Pathol. Exot. 105 (2012).**

Mots clés Leishmaniose cutanée zoonotique · *Leishmania major* · *Psammomys obesus* · Extension · El M'hir · Algérie · Maghreb · Afrique du Nord

Abstract Since a long time, *Leishmania major* and *L. infantum* foci in Algeria were geographically separated by the mountains of the Tell Atlas which represent a natural barrier. Recently, a new focus of cutaneous leishmaniasis (CL) has emerged in the village of El M'hir, located on the north side of the chain of the Tell Atlas, in the basin of the Soummam. During the period 2004–2010, 152 CL cases have been registered and 12 isolates were obtained from patients who declared never having been outside the village the last years. The identification of the parasites showed that all strains belonged to *L. major* MON-25. Investigations on the reservoir hosts showed the presence of the sand rat (*Psammomys obesus*), for the first time, in this locality. Five strains isolated from this rodent belonged to *L. major* MON-25. The sand rat, which is usually observed around the chotts in the Saharan and steppe areas, acts as the main reservoir of *L. major* in Algeria. Its presence in the new focus of El M'hir is reported for the first time. Entomological surveys carried out in 2009 showed the predominance of two sandfly species: *Phlebotomus papatasi* and *P. perniciosus*. The first one is known as a vector of *L. major* in the Algerian Sahara. This study highlights the spread of *L. major* from the arid zones towards the semi arid areas, particularly in the Soummam valley. Climate changes and desertification observed in the steppe area northern Sahara could play a role in the extension of the disease. **To cite this journal: Bull. Soc. Pathol. Exot. 105 (2012).**

A. Boudrissa (✉) · I. Kherrachi · S. Benbetka · L. Bouiba · S.C. Boubidi · R. Benikhlef · Z. Harrat
Institut Pasteur d'Algérie, route du Petit-Staouéli,
Dely-Ibrahim, Alger, Algérie
e-mail : boudrissakarim@yahoo.fr

K. Cherif
Département des sciences de la nature et de la vie,
université de M'sila, Algérie

L. Arrar
Département des sciences de la nature et de la vie,
université de Sétif, Algérie

B. Hamrioui
Service de parasitologie–mycologie, CHU Mustapha,
Alger, Algérie

Keywords Zoonotic cutaneous leishmaniasis · *Leishmania major* · *Psammomys obesus* · Extension · El M'hir · Algeria · Maghreb · Northern Africa

Introduction

La leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) constitue un problème de santé publique majeur en Algérie. Elle est causée par trois parasites différents, *Leishmania major* MON-25, inféodé aux régions steppiques et sahariennes, *Leishmania infantum* MON-24 dans la région du Tell [3,5,15,16] et *L. killicki*, limité pour le moment à Ghardaia dans le Sud algérien [17]. Longtemps confinée au Sahara, la LCZ à *L. major* connaît une extension géographique en dehors des foyers naturels de la maladie. Cependant, on a constaté au cours de ces dernières années que la barrière géographique formée par l'Atlas tellien, qui séparait la forme cutanée du nord à *L. infantum* et la LCZ du sud à *L. major*, a été franchie avec une avancée rapide de cette dernière vers le nord du pays. Cette propagation méridienne coïncide avec la survenue d'importantes épidémies affectant des milliers de cas dans le pays, comme celle enregistrée en 2005 où 30 127 cas ont été déclarés [1]. La LCZ à *L. major* a franchi pour la première fois, en 2004, la barrière de l'Atlas tellien, précisément dans le sous-bassin d'El M'hir (bassin hydrogéographique de la Soummam). Ce bassin exoréique est limité au sud par la ligne de partage des eaux des montagnes qui le lie à celui endoréique du bassin du Hodna au sud. Le déplacement du front de maladie vers le nord serait favorisé par le phénomène de la désertification des zones steppiques constaté depuis plus d'une vingtaine d'années [8]. Plusieurs auteurs ont insisté sur l'impact des modifications environnementales et des changements climatiques sur l'évolution de la maladie ou son émergence dans certains foyers [2,9,11,29]. Ce travail a pour objectif de lever le voile sur

le fonctionnement de ce nouveau foyer par l'identification des parasites isolés des patients et de rongeurs réservoirs de la maladie et d'établir l'inventaire de la faune phlébotomienne de la zone d'étude.

Zone d'étude

La zone d'étude est représentée par la commune d'El M'hir (36°7' N, 4°22' E, Alt 502 m) (Fig. 1). Elle est située à 180 km au sud d'Alger et fait partie du Tell méridional. C'est une dépression naturelle (sous-bassin d'El M'hir) entourée de toutes parts par des massifs montagneux. Le climat est de type continental, avec des étés chauds et secs et des hivers froids et peu pluvieux. Le cumul des précipitations annuelles varie entre 400 et 800 mm. La végétation, typiquement méditerranéenne, est composée de forêts de pins et de chênes verts. Le long du réseau hydrogéographique, on observe des touffes de plantes salées composées essentiellement d'Atriplex. La population d'El M'hir comptait, en 2008, 25 670 habitants, dispersés dans des hameaux épars. La principale activité repose sur les cultures maraîchères et l'élevage.

Matériels et méthodes

Les données épidémiologiques nous ont été fournies par le service de médecine préventive de la direction de la santé de la wilaya de Bordj Bou Arreridj.

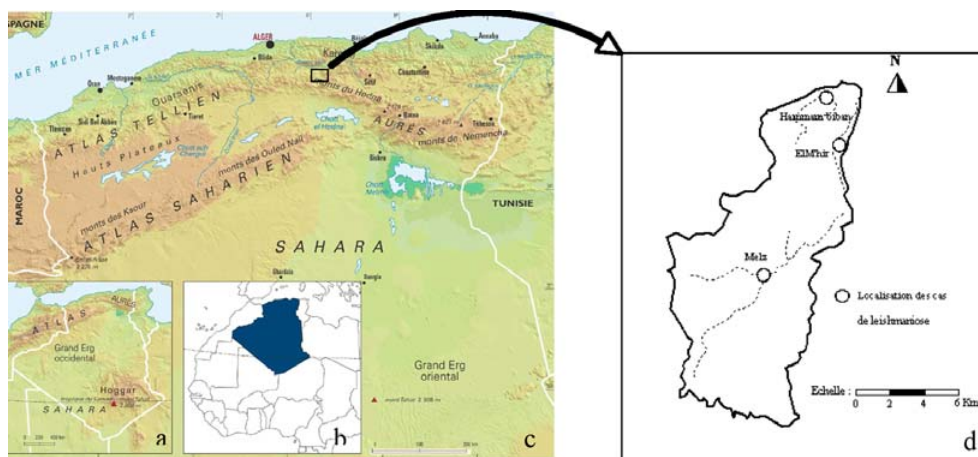


Fig. 1 Localisation géographique de la zone d'étude d'El M'hir. a : carte topographique de l'Algérie ; b : le Nord de l'Afrique ; c : localisation de la zone d'étude dans le Nord de l'Algérie ; d : limites administratives de la zone d'étude d'El M'hir avec localisation des cas de leishmaniose cutanée zoonotique.

Source : <http://www.universalis.fr/> / Geographical localization of the study area of El M'hir. a: topographic map of Algeria ; b: the North of Africa ; c: localization of the study area in the North of Algeria ; d: administrative limits of the study area of El M'hir and cases localization of zoonotic cutaneous leishmaniasis

Seize malades originaires d'El M'hir, n'ayant pas quitté leur village, ont été prélevés durant l'année 2009 dans le but d'isoler et d'identifier les parasites. La recherche des leishmanies a été faite par l'examen direct, la culture et par PCR. L'identification des souches a été faite soit par électrophorèse des isoenzymes selon la technique préconisée par Rioux et al. [26], soit par PCR-RFLP selon la technique de Schönian et al. [31]. Pour la caractérisation isoenzymatique, trois souches de référence ont été utilisées comme marqueur : MHOM/FR/78/LEM 75 *L. infantum* MON-1 ; MHOM/MA/81/LEM 265 *L. major* MON-25 et MHOM/TN/80/LEM 163, *L. killicki* MON-8. L'enquête sur les rongeurs, réalisée en septembre–octobre 2009, consistait à faire des prospections régulières pour localiser et dénombrer les terriers de rongeurs actifs autour des habitations. L'inondation des terriers a été pratiquée pour la capture de *Psammomys obesus* et les pièges de type Sherman pour les autres rongeurs. L'infestation parasitaire a été recherchée systématiquement par PCR sur les biopsies de l'oreille et de la rate. L'examen direct et la culture des prélèvements de l'oreille ont été réservés aux rongeurs présentant des lésions suspectes.

Les enquêtes entomologiques ont été réalisées du mois d'avril au mois d'octobre 2009, une fois tous les 15 jours. L'échantillonnage des Phlébotomes a été effectué à l'aide de pièges adhésifs selon la technique de Rioux et al. [25]. L'identification a été faite selon la clé de détermination des Phlébotomes d'Algérie [12].

Résultats

Patients

Cent cinquante-deux patients atteints de LC ont été diagnostiqués durant la période 2004–2010 avec une prévalence de la maladie de 608 cas/100 000 habitants. Avant 2004, aucun cas n'a été signalé dans cette localité. L'évolution de la maladie a été marquée par un pic observé en 2006, où 70 cas furent enregistrés. Cette flambée a été suivie par une décroissance significative du nombre de cas, où seulement trois malades furent déclarés en 2007. Cependant, la courbe de la maladie montrait une recrudescence en 2010 (Fig. 2), 68 % des patients avaient moins de 16 ans. La majorité d'entre eux présentait des lésions ulcérocroûteuses, le plus souvent multiples. Sur les 16 malades prélevés, 12 souches ont pu être isolées sur milieu NNN. Le typage isoenzymatique a permis de les rattacher au zymodème MON-25 du complexe *L. major* (Tableau 1).

Rongeurs

Quatre-vingt-trois spécimens ont été capturés, regroupant 78 *P. obesus* et cinq *Meriones*. Le taux de positivité par PCR chez la première espèce était de 65 % (51/78). Aucun spécimen de la deuxième espèce n'a été retrouvé infesté. Sur les huit *P. obesus* présentant des lésions de l'oreille, cinq

Tableau 1 Souches isolées chez les patients et rongeurs dans le nouveau foyer de leishmaniose cutanée d'El M'hir et leur identification isoenzymatique / *Strains isolated from patients and rodents in the new zoonotic cutaneous leishmaniasis focus of El M'hir and their isoenzymatic identification.*

Code de la souche	Origine	Ex. direct	Culture	PCR	Identification isoenzymatique
MHOM/DZ/2009/LIPA 96	Homme	+	+	+	<i>L. major</i> MON-25
MHOM/DZ/2009/LIPA 97	Homme	+	+	+	<i>L. major</i> MON-25
MHOM/DZ/2009/LIPA 98	Homme	+	+	+	<i>L. major</i> MON-25
MHOM/DZ/2009/LIPA 99	Homme	+	+	+	<i>L. major</i> MON-25
MHOM/DZ/2009/LIPA 100	Homme	+	+	+	<i>L. major</i> MON-25
MHOM/DZ/2009/LIPA 101	Homme	+	+	+	<i>L. major</i> MON-25
MHOM/DZ/2009/LIPA 102	Homme	+	+	+	<i>L. major</i> MON-25
MHOM/DZ/2009/LIPA 103	Homme	+	+	+	<i>L. major</i> MON-25
MHOM/DZ/2009/LIPA 104	Homme	+	+	+	<i>L. major</i> MON-25
MHOM/DZ/2009/LIPA 134	Homme	+	+	+	<i>L. major</i> MON-25
MHOM/DZ/2009/LIPA 135	Homme	+	+	+	<i>L. major</i> MON-25
MHOM/DZ/2009/LIPA 136	Homme	+	+	+	<i>L. major</i> MON-25
MPSA/DZ/2009/LIPA 128	<i>P. obesus</i>	+	+	+	<i>L. major</i> MON-25
MPSA/DZ/2009/LIPA 129	<i>P. obesus</i>	+	+	+	<i>L. major</i> MON-25
MPSA/DZ/2009/LIPA 130	<i>P. obesus</i>	+	+	+	<i>L. major</i> MON-25
MPSA/DZ/2009/LIPA 131	<i>P. obesus</i>	+	+	+	<i>L. major</i> MON-25
MPSA/DZ/2009/LIPA 133	<i>P. obesus</i>	+	+	+	<i>L. major</i> MON-25

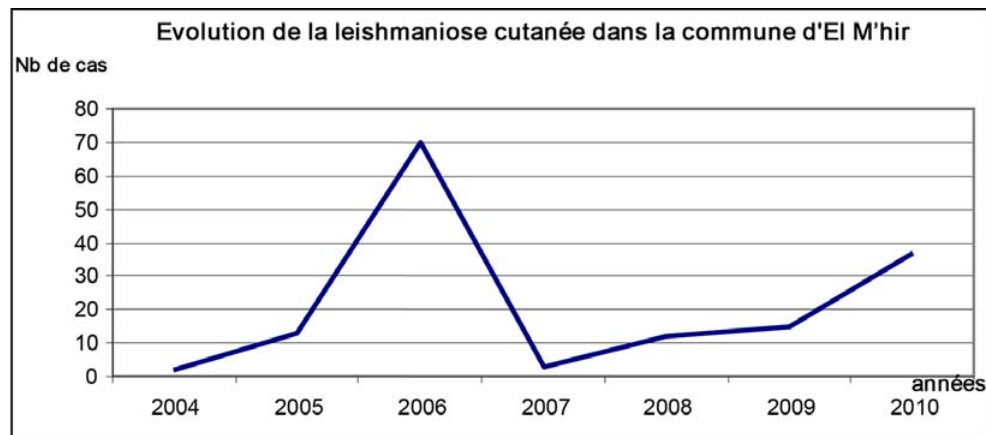


Fig. 2 Évolution de la leishmaniose cutanée dans le foyer d'El M'hir durant la période 2004–2010 / Number of human cutaneous leishmaniasis cases recorded in the focus of El M'hir during the period (2004–2010)

souches ont pu être isolées, elles s'identifient toutes à *L. major* MON-25 (Tableau 1).

Phlébotomes

Cinq mille trois cent quarante-six Phlébotomes répartis en sept espèces différentes ont été capturés (Tableau 2). La répartition des espèces montre la prédominance de *Phlebotomus perniciosus* (77,96 %), suivi par *P. papatasi* (15 %) du total des captures. Par contre, *P. papatasi* est l'espèce domi-

nante (42/60, soit 70 %) dans les terriers des rongeurs (Tableau 3).

Discussion

La condition préalable à l'émergence d'un foyer épidémique dans les maladies à transmission vectorielle repose sur la présence, dans le temps et dans l'espace, d'un nombre suffisant d'agents pathogènes, d'hôtes réservoirs et de vecteurs [27]. L'étude des facteurs environnementaux qui favorisent une telle coïncidence a pour but de mieux comprendre le fonctionnement de la transmission de la maladie dans ces foyers et de mieux asseoir une stratégie de contrôle des épidémies. L'étude du nouveau foyer d'El M'hir rentre dans ce contexte.

La LCZ à *L. major* dans le sous-bassin d'El M'hir est d'apparition récente. L'allure de la courbe d'évolution du nombre de cas est similaire à celle décrite dans les foyers émergents, comme celui de M'sila en 1982 [3] ou à Sidi Bouzid en Tunisie [30]. L'isolement de *L. major* chez des patients de cette localité est signalé pour la première fois. Les médecins de la prévention et les habitants d'El M'hir déclaraient qu'ils n'avaient pas observé la maladie auparavant en dehors des cas importés des foyers d'endémie de M'sila ou de Biskra.

Les résultats de nos enquêtes sur le réservoir ont permis de signaler la prolifération de *P. obesus* dans la localité d'El M'hir. Ce rongeur vit en petites colonies sur les piémonts argilomarneux des collines qui délimitent ce sous-bassin. Observée pour la première fois en dehors de son biotope naturel (pourtour des chotts et sebkha) [10], cette espèce semble posséder une aire de répartition assez large, englobant les strates écologiques du Sahara, de la steppe et du tell. Cela dénote une remarquable adaptation écologique chez ce rongeur. Petter rapporte que cette espèce est exclusivement confinée aux réseaux hydrographiques sahariens [23], alors

Tableau 2 Phlébotomes capturés dans la commune d'El M'hir durant l'année 2009 / Sandflies collected from El M'hir commune during 2009.

Espèces	Mâle	Femelle	Total (%)
<i>P. perniciosus</i>	2 427	1 741	4 168 (79 %)
<i>P. papatasi</i>	643	203	846 (15,8 %)
<i>P. longicuspis</i>	15	16	31 (0,5 %)
<i>P. sergenti</i>	11	06	17 (0,3 %)
<i>P. perfiliewi</i>	03	05	8 (0,1 %)
<i>S. minuta</i>	113	120	233 (4,3 %)
<i>S. fallax</i>	09	34	43 (0,8 %)
Total	3 221	2 125	5346

Tableau 3 Phlébotomes capturés dans les terriers du rongeur *P. obesus* / Sandflies collected from the burrows of *P. obesus*.

Espèces	Mâle	Femelle	Total
<i>P. papatasi</i>	32	10	42
<i>P. sergenti</i>	01	00	01
<i>P. chabaudi</i>	01	00	01
<i>S. minuta</i>	13	03	16
Total	47	13	60

que Fichet-Calvet note que *P. obesus* peut survivre en dehors de son territoire, notamment en période de stress hydrique, en colonisant des surfaces riches en plantes de la famille des Chénopodiacées, loin des Chotts [13,18].

Cette présence dans le sous-bassin d'El M'hir est liée à des facteurs édaphiques particuliers, notamment la présence de salinité d'origine géologique (marnes gypsosales). Ce rongeur est le réservoir principal de *L. major* en Afrique du Nord et dans la péninsule Arabique [2,4,24]. Le taux d'infestation de ce rongeur de 65 % (51/78), révélé par la PCR, est relativement élevé. Cela indique l'activité de transmission intense au sein de ce nouveau foyer. Des enquêtes menées en Tunisie en 1987 et 1997 avaient révélé un taux d'infestation beaucoup plus bas, entre 13 et 15,6 %. Cependant, il faut prendre en compte les techniques utilisées par ces auteurs pour le dépistage de l'infection chez le rongeur à savoir l'examen direct et/ou la culture et l'inoculation à l'animal de laboratoire [7,14]. Par ailleurs, l'étude réalisée par Fichet-Calvet et al. a montré que 35 % (18/52) des spécimens infestés n'avaient pas de lésions [14]. Dans notre série, ce taux est beaucoup plus élevé, 55 % (43/78). Ce résultat démontre l'intérêt de l'outil moléculaire pour l'étude de la prévalence de l'infestation chez ce réservoir [32]. L'isolement de cinq souches de *L. major* sur les huit *P. obesus* prélevés confirme le rôle primordial du rat des sables dans la transmission et la pérennité de la maladie dans les foyers d'infection. L'espèce *M. shawi*, réservoir confirmé de *L. major* [6], est commune dans le Tell où la céréaliculture est largement pratiquée. Dans les foyers de leishmaniose des Hauts Plateaux steppiques, cette espèce vit en sympathie avec *P. obesus*, nous avons noté que sa prolifération précède souvent les flambées épidémiques de leishmanioses (Harrat Z., communication personnelle).

L'investigation entomologique dans le foyer d'El M'hir a permis de collecter, par ordre d'importance, deux espèces de Phlébotomes : *P. perniciosus* et *P. papatasi*. La première est le vecteur de la leishmaniose viscérale à *L. infantum* [20]. Sa répartition géographique est essentiellement tellienne [12]. Sa présence marquée dans le foyer d'El M'hir est tout à fait naturelle, d'autant plus que 27 cas de LV ont été déclarés dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj entre 2004 et 2009 [1]. La seconde espèce, *P. papatasi*, est le vecteur prouvé de la LCZ à *L. major* MON-25 [19]. À l'issue de leurs travaux sur les Phlébotomes d'Algérie, Dedet et al. arrivèrent à la conclusion que *P. papatasi* se déploie préférentiellement dans les zones steppiques et au nord Sahara, mais se rencontre également dans le Tell et les Hauts Plateaux [12]. Dans ces aires géographiques, il est très abondant dans les stations à basse altitude (300–400 m) correspondant aux foyers actifs de la LCZ. Nos enquêtes ont permis de signaler cette espèce à différentes altitudes du sous-bassin de la Soummam avec un maximum de densité à 600 m. Cette élévation correspond aux secteurs où la majorité des cas de LC ont été diagnos-

tiqués. En plus de ces deux espèces dominantes, les enquêtes entomologiques ont révélé également la présence de *P. longicuspis*, espèce ubiquiste, mais abondante à l'étage saharien, que Parrot et Donatien ont suspectée de jouer un rôle dans la transmission de la leishmaniose viscérale [22].

Tous ces éléments indiquent que de profonds changements écologiques et environnementaux ont marqué la région d'El M'hir durant les 20 dernières années. Plusieurs facteurs biotiques et abiotiques peuvent être responsables de l'extension spatiale de la maladie. La nature géologique du terrain d'El M'hir et la présence de galeries recouvertes de plantes succulentes de chénopodiacées ont été propices au développement des colonies de *P. obesus*. Le phénomène de désertification, constaté depuis une vingtaine d'années dans les zones steppiques au nord Sahara [8], aurait contraint les populations de rats de sables à se déplacer vers des zones plus humides. Un autre facteur, probablement à l'origine de cette épidémie, est lié à l'augmentation de la densité vectorielle. L'abondance des vecteurs a une influence majeure sur la prévalence de l'infection chez l'hôte réservoir, ce fait, constituant l'un des principaux déterminants de la capacité vectorielle d'une zoonose [28,21]. Il faut noter également que la promotion et l'encouragement de l'élevage ovin et bovin produisent, en plus du cheptel, suffisamment de matière organique et de litière pour la multiplication des larves de Phlébotomes. Les étables et écuries sont les stations où les captures des Phlébotomes étaient les plus abondantes. Les modifications anthropiques favoriseraient la reproduction des hôtes réservoirs et Phlébotomes vecteurs aux pourtours des habitations augmentant ainsi le risque d'infection [32].

Conclusion

Deux mécanismes peuvent être à l'origine d'une flambée épidémique dans une zone d'endémie de leishmaniose : l'afflux de populations humaines vulnérables et les changements écologiques et environnementaux entraînant une pululation de la population des réservoirs. Le sous-bassin de la Soummam, où prolifère habituellement *L. infantum*, a été longtemps épargné de la progression de *L. major* grâce à la chaîne de montagnes de l'Atlas tellien qui le sépare du bassin du Hodna, zone de prédilection de *L. major*. Ces dernières années, cette barrière a été franchie et la localité d'El M'hir située sur le versant nord de l'Atlas tellien a été la première commune touchée par une épidémie à *L. major*. À notre connaissance, la présence de *P. obesus* dans ce nouveau foyer est signalée pour la première fois. La fréquence de l'atteinte des enfants en bas âge et le taux élevé de l'infestation par *L. major* constaté chez ce réservoir sont en faveur d'une transmission active et récente. Le déplacement du front de la maladie vers le nord serait favorisé par l'avancée du

désert et les changements climatiques qui ont prévalu depuis plus de 20 ans dans la zone steppique nord saharienne.

Remerciements : Nos vifs remerciements vont au Dr Laraïb A. du service de la prévention, direction de la santé de la wilaya de Bordj Bou Arreridj, au Dr Merhoun L. et M. Fora A. du SEMEP d'El M'hir et à Mlle Dahmani O.E. de l'annexe de l'institut Pasteur de M'sila pour leur précieuse collaboration.

Nous remercions également le Pr J.-P. Dedet d'avoir accepté de corriger le manuscrit et pour les remarques et conseils pertinents. Cette étude a été financée par l'Agence nationale pour le développement de la recherche en santé ANDRS « Projet jeune chercheur » code n° 01/07/00/07/160.

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

Références

- Anonymes (2004–2009) Institut national de la santé publique (INSP). REM (relevé épidémiologique mensuel). URL : <http://www.ands.dz/insp/rem.html>
- Ashford RW (2000) The leishmaniasis as emerging and reemerging zoonoses. *Int J Parasitol* 30(12–13):1269–81
- Belazzoug S (1982) Une épidémie de leishmaniose cutanée dans la région de M'sila (Algérie). *Bull Soc Pathol Exot Filiales* 75(5):497–504
- Belazzoug S (1983) Isolation of *Leishmania major* Yakimoff & Schokhor, 1914 from *Psammomys obesus* Gretschmar, 1828 (Rodentia: Gerbillidae) in Algeria. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 77(6):876
- Belazzoug S, Lanotte G, Maazoun R, et al (1985) Un nouveau variant enzymatique de *Leishmania infantum* Nicolle, 1908, agent de la leishmaniose cutanée du Nord de l'Algérie. *Ann Parasitol Hum Comp* 60(1):1–3
- Belazzoug S (1986) Découverte d'un *Meriones shawi* (Rongeur, Gerbillidé) naturellement infesté par *Leishmania* dans le nouveau foyer de leishmaniose cutanée de Ksar Chellala (Algérie). *Bull Soc Pathol Exot Filiales* 79(5):630–3
- Ben-Ismaïl R, Ben Rachid MS, Gradoni L, et al (1987) La leishmaniose cutanée zoonotique en Tunisie. Étude du réservoir dans le foyer de Douara. *Ann Soc Belge Med Trop* 67:335–43
- Benslimane M, Hamimed A, El Zerey W, et al (2008) Analyse et suivi du phénomène de la désertification en Algérie du nord. *Vertigo* — La revue électronique en sciences de l'environnement 8(3) [<http://vertigo.revues.org/6782>]
- Cross ER, Hyams KC (1996) The potential effect of global warming on the geographic and seasonal distribution of *Phlebotomus papatasi* in southwest Asia. *Environ Health Perspect* 104(7):724–7
- Daly M, Daly S (1974) Spatial distribution of a leaf eating *Saharan gerbil* (*Psammomys obesus*) in relation to its food. *Mammalia* 38(4):591–603
- Desjeux P (2001) The increase in risk factors for leishmaniasis worldwide. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 95(3):239–43
- Dedet JP, Addadi K, Belazzoug S, et al (1984) Les Phlébotomes (Diptera, Psychodidae) d'Algérie. *Cahiers Orstom. Série Entomologie Médicale et Parasitologie* 22(2):99–127
- Fichet-Calvet E, Jomâa I, Zaafour B, et al (2000) Spatio-temporal distribution of a rodent reservoir host of cutaneous leishmaniasis. *J Appl Ecol* 37:603–15
- 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
- Harrat Z, Hamrioui B, Belkaïd M, Tabet-Derraz O (1995) Point actuel sur l'épidémiologie des leishmanioses en Algérie. *Bull Soc Pathol Exot* 88(4):180–4
- Harrat Z, Pralong F, Belazzoug S, et al (1996) *Leishmania infantum* and *L. major* in Algeria. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 90(6):625–9
- Harrat Z, Boubidi SC, Pralong F, et al (2009) Description of a dermatropic *Leishmania* close to *L. killicki* (Rioux, Lanotte & Pralong 1986) in Algeria. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 103(7):716–20 [Epub 2009 May 22]
- Harrat Z, Boudrissa A (2009) Écologie des rongeurs réservoirs de la leishmaniose cutanée zoonotique en Algérie. *Rev Med Pharma* 48:41–5
- Izri MA, Belazzoug S, Pralong F, Rioux JA (1992) Isolement de *L. major* chez *Phlebotomus papatasi* à Biskra (Algérie), fin d'une époque éco-épidémiologique. *Ann Parasitol Hum Comp* 67(1):31–2
- Izri MA, Belazzoug S, Boudjebla Y, et al (1990) *Leishmania infantum* MON-1 isolé de *Phlebotomus perniciosus* en Kabylie (Algérie). *Ann Parasitol Hum Comp* 65(3):151–2
- Izri A, Depaquit J, Parola P (2006) Phlébotomes et transmission d'agents pathogènes autour du bassin méditerranéen. *Med Trop* 66(5):429–35
- Parrot L, Donatien A, Plantureux (1941) Sur l'infection naturelle des Phlébotomes par la leishmaniose générale de l'homme et du chien en Algérie. *Arch Inst Pasteur Algérie* 19:209–17
- Petter F (1961) Répartition géographique et écologique des rongeurs désertiques. *Mammalia* 25, 222 p
- Rioux JA, Dereure J, Khiami A, et al (1990) Écoépidémiologie des leishmanioses en Syrie. I-Infestation de *Psammomys obesus* Cretschmar (Rodentia-Gerbillidae) par *Leishmania major* Yakimoff et Schokhor (Kinetoplastida-Trypanosomatidae). *Ann Parasitol Hum Comp* 65(5–6):203–7
- Rioux JA, Golvan YJ, Croset H, et al (1967) Écologie des leishmanioses dans le sud de la France. Les Phlébotomes, échantillonnage, éthologie. *Ann Parasitol Hum Comp* 42(6):561–603
- Rioux JA, Lanotte G, Serres E, et al (1990) Taxonomy of *Leishmania*. Use of isoenzymes. Suggestion for a new classification. *Ann Parasitol Hum Comp* 65(3):111–25
- Rioux JA, Dereure J, Perrieres J (1990) Approche écologique du « risque épidémiologique ». L'exemple des leishmanioses. *Bull Ecol* 21:1–9
- Rioux JA, Rispaïl P, Lanotte G, Lepart J (1984) Relations Phlébotomes-bioclimats en écologie des leishmanioses. Corollaires épidémiologiques. L'exemple du Maroc. *Bull Soc Bot Fr* 131:549–57
- Rispaïl P, Dereure J, Jarry D (2002) Risk zones of human Leishmaniasis in the Western Mediterranean basin: correlations between vector sand flies, bioclimatology and phytosociology. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 97(4):477–83
- Salah BA, Kamarianakis Y, Chlif S, et al (2007) Zoonotic cutaneous leishmaniasis in central Tunisia: spatio temporal dynamics. *Inter J Epidemiol* 36(5):991–1000 [Epub 2007 Jun 25]
- Schönian G, Nasereddin A, Dinse N, et al (2003) PCR diagnosis and characterization of *Leishmania* in local and imported clinical samples. *Diagn Microbiol Infect Dis* 47(1):349–58
- 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. *Int J Parasitol* 32(2):133–43