

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



UNIVERSITE
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

Filière : Sciences Agronomiques

Option : Environnement

Laboratoire de Technologie Alimentaire et Nutrition

THÈSE

**PRESENTEE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DOCTORAT
EN SCIENCES**

Par

Mme TABET AOUL Ep BENMAHDI Faiza

Thème

**Etude du réservoir de la leishmaniose cutanée
dans deux écosystèmes différents (Ain-Skhouna
Wilaya de Saida et Draa El-Mizan Wilaya de
Tizi Ouzou)**

Soutenue publiquement le :

devant le jury :

Président	SELSELET-ATTOU Ghalem	Pr	Université de Mostaganem
Directeur de thèse	BOUDEROUA Kaddour	Pr	Université de Mostaganem
Examineur	BITTAM Idir	MCA	ESSAIA d'Alger
Examineur	TERRAS Mohamed	MCA	Université de Saida
Examineur	BEKKADA Ahmed Med Ali	Pr	Centre Universitaire de Tissemsilet
Examineur	AIT SAADA Djamel	MCA	Université de Mostaganem

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A mes très chers parents en témoignage de l'amour, du respect et de ma profonde et éternelle gratitude que je leurs porte en ma reconnaissance par leurs soutiens au long de mes études.

A mon mari mes enfants (Rayan, Manel, Mohamed EL-Amine et Siham Fatima EL-Zohra).

A mes chères sœurs et mes frères.

A toute ma grande famille.

A tous ceux que j'aime

Remerciements

Je remercie le « **bon dieu** » et je lui rends grâce de m'avoir donné foi et volonté.

A Monsieur le Professeur, SELELET ATTOU Ghalem

Professeur de la Faculté des sciences de la vie de Mostaganem, qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse,
Hommages respectueux.

A Monsieur le Professeur BOUDEROUA kaddour

Professeur et Directeur de l'Ecole Supérieure d'Agronomie
qui nous a accompagnée dans la réalisation et la rédaction de ce travail,
Sincères remerciements.

A Monsieur BITTAM Idir,

Maitre de conférence à l'Ecole supérieur agronomique IA
qui nous a fait l'honneur de prendre part a notre jury de thèse et de juger ce travail,
Toute notre gratitude.

A Monsieur TERRAS Mohamed,

Maitre de conférence à la Faculté des sciences de la vie de Saida
qui nous fait l'honneur de prendre part a notre jury de thèse, et de juger ce travail
Sincères remerciements.

A Monsieur le Professeur BEKKADA Ahmed Mohamed Ali,

Professeur du Centre Universitaire de Tissemsilet
qui nous a fait l'honneur de prendre part a notre jury de thèse et de juger ce travail,
Toute notre gratitude.

A Monsieur AIT SAADA Djamel,

Maitre de conférence à la Faculté des sciences de la vie de Mostaganem,
qui nous a fait l'honneur de prendre part a notre jury de thèse et de juger ce travail,
Toute notre gratitude.

Sommaire

Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction.....	1

Partie bibliographique

Chapitre I : Notions générales sur la leishmaniose

I.1. Historique.....	5
I.2. Description et distribution.....	5
I.3. Le parasite.....	6
I.4. Le vecteur.....	9
I.4.1. Importance médicale.....	11
I.4.2. Réservoir.....	13
I.5. Le cycle de propagation.....	13
I.6. Formes cliniques.....	14
I.6.1. La leishmaniose cutanée.....	14
I.6.2. La leishmaniose viscérale.....	16
I.7. Diagnostic de la leishmaniose.....	16
I.8. Traitement actuels contre la leishmaniose.....	18

Chapitre II : Le Réservoir de la leishmaniose cutanée

II.1. Généralités.....	19
II.2. Réservoirs zoonotiques.....	20
II.2.1. Les rongeurs.....	21
II.2.1.1. Les rongeurs des champs.....	22
II.2.1.2. Les rongeurs sauvages.....	23
II.2.1.3. Ecobiologie des rongeurs réservoirs de la leishmaniose cutanée en Algérie.....	23
II.2.1.4. Dégâts Agro-économiques et sanitaire des rongeurs.....	24
II.2.1.5. La lutte contre les rongeurs.....	26
II.2.1.5.1. La lutte préventive.....	26
II.2.1.5.2. La lutte curative.....	27
II.2.1.5.3. La lutte biologique.....	29
II.2.1.5.3.1. Les prédateurs.....	29
II.2.1.5.3.1.1. La belette (<i>Mustela</i>).....	30
II.2.2. Le chien.....	34
II.2.2.1. Epidémiologie.....	35
II.2.2.2. Biologie et clinique de la leishmaniose canine.....	36

II.2.2.2.1. Les signes cutanés	36
II.2.2.2.2. Les signes généraux	37
II.2.2.2.3. Les signes oculaires	37
II.2.2.2.4. Les troubles locomoteurs	38
II.2.2.3. Diagnostic de la leishmaniose canine	38
II.2.2.3.1. Diagnostic clinique et différentiel	38
II.2.2.3.2. Diagnostic biologique	38
II.2.2.4. Parasitoses du chien	40
II.2.2.4.1. Parasitoses externes	40
II.2.2.4.1.1. Gale	40
II.2.2.4.2. Parasitoses sanguines	42
II.2.2.4.2.1. Hépatozoonose canine	42
II.2.2.4.2.2. Ehrlichiose	43
II.2.2.4.2.3. Babésiose canine	43
II.3. Aspects cliniques des leishmanioses humaines à <i>leishmania infantum</i> .	44
II.3.1. Formes cutanées	44
II.3.2. Forme viscérale	45

Chapitre III : La leishmaniose cutanée en Algérie et son rapport avec le changement climatique !

III.1. Généralités	46
III.2. Leishmaniose Cutanée Zoonotique de Ain Skhouna et Draa El Mizan	49
III.2.1. Ain Skhouna	49
III.2.2. Draa El Mizan	51
III.3. Impact de l'environnement sur la LCZ	52
III.3.1. Impact de l'environnement sur les rongeurs	52
III.3.2. Impact de l'environnement sur les phlébotomes	52
III.4. Facteurs de la distribution de la leishmaniose cutanée	54
III.4.1. Changement climatique	54
III.4.2. Mouvements de population	54
III.4.3. Facteurs socioéconomiques	54
III.4.4. Facteurs de risque environnementaux	55

Partie expérimentale

Chapitre IV : Matériel et méthodes

IV.1. La démarche utilisée	56
IV.2. Choix et description des zones d'étude	57
IV.2.1. Commune de Ain Skhouna (Wilaya de Saida)	57
IV.2.1.1. Cadre administratif	57
IV.2.1.2. Cadre climatique	60
IV.2.1.3. Cadre géologique	60

IV.2.1.4. Cadre géomorphologique	61
IV.2.1.5. Cadre hydrogéologique	61
IV.2.1.6. Cadre de végétation	62
IV.2.2. Commune de Draa El Mizan (Wilaya de Tizi Ouzou)	63
IV.2.2.1. Cadre administratif	63
IV.2.2.2. Cadre climatique	64
IV.2.2.3. Cadre géologique	65
IV.2.2.4. Cadre géomorphologique	65
IV.2.2.5. Cadre hydrogéologique	65
IV.2.2.6. Cadre de végétation	65
IV.3. Etude du réservoir	66
IV.3.1. Etude des rongeurs	66
IV.3.1.1. Etude biodémographique des rongeurs	66
IV.3.1.1.1. Méthodes d'échantillonnage indirectes	66
IV.3.1.1.2. Méthodes d'échantillonnage directes	69
IV.3.1.2. Traitement des échantillons	72
IV.3.1.2.1. Méthode d'identification et critères biométrique des espèces de rongeurs capturés	72
IV.3.1.2.2. Matériel utilisé au laboratoire	72
IV.3.1.3.3. Analyse morphométriques (biométrie)	72
IV.3.1.3.4. Etude histomorphologique	74
IV.3.2. Etude du chien	75
IV.3.2.1. Examen clinique	75
IV.3.2.2. Méthodes de prélèvements	75
IV.3.2.3. Transport des prélèvements	76
IV.3.2.4. Traitement des prélèvements (IFI)	77
IV.4. Lutte biologique	80
IV.4.1. Introduction des belettes à Ain Skhouna	80

Chapitre V : Résultats et discussion

V.1. Les relevés GPS des sites	82
V.2. Cadre climatique	83
V.2.1. Ain Skhouna	83
V.2.2. Draa El Mizan	85
V.3. Etude du réservoir	86
V.3.1. Etude des Rongeurs	86
V.3.1.1. Echantillonnage indirect (Comptage des terriers)	86
V.3.1.2. Echantillonnage direct	88
V.3.2. Identifications morphométriques	89
V.3.3. Sex-ratio des différentes espèces de rongeurs capturés	91
V.3.4. Les catégories d'âges des différentes espèces de rongeurs capturés	91
V.3.5. Examen externe et parasitologique	93
V.4. Etude des chiens	95

V.4.1. Examen clinique	95
V.4.1.1. A Ain Skhouna	95
V.4.1.2. A Drâa El Mizan	96
V.4.2. Nombre et sex-ratio des chiens étudiés	97
V.4.2.1. Répartition des chiens selon la race	97
V.4.2.1.1. Ain Skhouna	97
V.4.2.1.2. Draa El Mizan	98
V.4.2.2. Répartition selon la classe d'âge	98
V.4.2.2.1. Ain Skhouna	98
V.4.2.2.2. Draa El Mizan	98
V.4.3. Séro-diagnostic	99
V.4.3.1. A Ain Shkouna	99
V.4.3.2. A Draa El Mizan	99
V.5. La lutte biologique	101
V.5.1. Identification morphométrique de la belette capturée (Sebseb)	101
V.5.2. Introduction expérimentale de la belette	102
V.5.3. Surveillance après introduction expérimentale des belettes	103
V.6. Discussion	104
V.6.1. Impact des facteurs climatiques sur les rongeurs	104
V.6.1.1. Ain Skhouna	104
V.6.2. Impact environnemental	105
V.6.3. Comptage des terriers	106
V.6.4. Identification morphométrique des rongeurs	106
V.6.4.1. A Ain Skhouna	106
V.6.4.2. A Draa El Mizan	108
V.6.5. Richesse d'espèces piégées	108
V.6.6. Classes d'âges d'espèces capturées	109
V.6.7. Le sex-ratio	110
V.6.8. Examen externe et parasitologique	110
V.7. Etude des Chiens	112
V.7.1. Examen clinique	112
V.7.2. Sexe	112
V.7.3. Race	113
V.7.4. Âge	113
V.7.5. Sérodiagnostic	114
V.8. Lutte biologique	115
V.8.1. Exposé des motifs	115
V.8.2. Introduction expérimentale de la belette, moyen de lutte biologique	117
Conclusion	118
Références bibliographiques	121
Annexes	132
Travaux scientifique	146

ملخص:

تفشي الليشمانياوز الجلدية في الجزائر بطريقة وباء متوطن، يمثل مشكل حقيقي بالنسبة للصحة العمومية. دراستنا تخص القوارض و الكلاب كمخازن لليشمانياوز الجلدية. في هذا الإطار نظامين إيكولوجيين متعاكسين و الذين هما المنطقة الرطبة بعين سخونة (ولاية سعيدة) ذات التضاريس المتداخلة مع وسط السهوب المرتبطة بشط الشرقية بمناخ شبه رطب، و منطقة دراع الميزان الواقعة بولاية تيزي وزو، في الجهة الساحلية المتميزة بالتضاريس الجبلية الوعرة، ذات مناخ شبه رطب. قد أختيرت هاتين المنطقتين كميدان تجريبي.

هذا الإختيار متعلق بالرابعة الموجودة بين وحدات النظام البيئي التي بدورها تؤثر على نمو الناقل بدراع الميزان و مجموعة القوارض بعين السخونة. كلتي هاتين المنطقتين تمثل بؤر للنوع النشط من الليشمانياوز الجلدية بالجزائر. مدة 36 شهر من الدراسات (جويلية 2010-2013) و من أجل تغطية المنطقتين، 9 مواقع تم إختيارها بعين السخونة لإجراء لتحليل مؤل الأحياء، عد الجحور النشطة و إستيعاد العينات المتوحشة الحية عن طريق ملء الجحور بالمياه، زيادة على ذلك وضع أقفاص في الجهات المحددة بدراع الميزان.

هذه الأعمال دعمت بقياسات بيوميتريية مع تحديد القوارض و كذا مقترساتها. ثلاث أنواع من القوارض تم إستيادها بمايقارب 111 فرد. نوعان منها بعين السخونة كنوع سائد *P. obesus* (76.57%) بالنسبة للنوع *M.shawi* (13.51%) بكثافة أقل. النوع الثالث *R. rattus* أمسك بدراع الميزان، بإعتباره من القوارض المنزلية و يمثل نسبة 9.90%. أثناء فترة دراستنا، التواجد المرتفع للقوارض الفتية من النوع *P. obesus* و الذي يمثل نسبة 74% من مجموع القوارض التي تم إنقائها بعين السخونة، أثبتت أن هذا النوع متأقلم بصفة جيدة و يتوفر على مصادر غذائية من النباتات الورقية و الكافية من أجل نشاط بيولوجي جيد.

هذه الكثافة النباتية بدورها مرتبطة بشروط التغير المناخي. التجارب المكروكوبية التي أجريت على 9 افراد من *P. obesus* المشكوك فيها أعطت علاقة وطيدة بين تواجد داخل خلوي للأماستيقوت داخل بالعات النخاع العقدية و الكثافة العالية لأفراد القوارض الفتية. عينات الكلاب قد أجريت في أماكن عمرامية بكلى المنطقتين، بفضل تقنية IFT بمعهد باستور الجزائر سمحت بتحديد 39 من العينات ذات المصل الموجب. هذه النسبة تقترب من تلك التي تحصل عليها خلال دراسة وباء متوطن في نفس المنطقة.

في دراستنا الإبيديميولوجية الطبية و كذا الطفيلية تؤكد أن قوارض عين السخونة و كلاب دراع الميزان، تلعب دور المخزن في حلقة إنتقال الليشمانياوز الجلدية في المنطقتين. كل حل ضد "ل ج" يمر بإستعدادت آليات التنظيم الطبيعي لمجتمعات القوارض. و لهذا الغرض إستعمال نوع سرش من الثدييات و الملتقط في الموقع رقم 7 بعين السخونة و الذي تم تحديده إبن عرس المنتمي للنوع *Mustela nivalis*، و إستعماله كوسيلة المحاربة البيولوجية، أعطي و بدون أي شك مساهمة مفيدة في علاج هذا المرض. إدماجنا في عين سخونة للمقترسات المصتادة من نفس النوع و إستعمال غريزتها الشريرة في منطقة متوتنة بالليشمانياوز لغرض تجريبي محض.

قد تمت هذه المراقبة التجريبية بنجاح.

الكلمات الرئيسية: الليشمانياوز الجلدية، المخزن، عين السخونة، دراع الميزان، المحاربة البيولوجية.

RESUME

Une recrudescence de la leishmaniose cutanée a été observée en Algérie qui constitue un problème réel de santé publique. Elle sévit sur un mode endémo-épidémique. Notre travail s'intéresse aux rongeurs et chiens, réservoirs de la leishmaniose cutanée. Dans ce contexte, deux écosystèmes naturels contrastés qui sont la zone humide de Ain Skhouana, wilaya de Saïda, à relief emboîté au milieu de la steppe, relié au Chott el Chergui avec un climat semi-aride et la zone de Draa el Mizan située dans la wilaya de Tizi Ouzou en région côtière montrant un relief montagneux fortement accidenté avec un climat sub-humide ont été choisies comme terrain d'approfondissement et d'expérimentation. Ce choix, se justifie par la connexion entre les composants de l'écosystème influençant sur le développement du vecteur à Draa el Mizan et la pullulation des rongeurs à Ain Skhouana. Ces deux zones représentent deux foyers de LC les plus actifs en Algérie. D'une durée de 36 mois (juillet 2010 –2013) et pour couvrir les deux zones, neuf sites ont été sélectionnés à Ain Skhouana pour mener l'analyse du biotope, le comptage des terriers actifs et la capture des spécimens sauvages vivants par inondations des terriers ainsi que la pose de cages dans des endroits ciblés à Draa el Mizan.

Ces travaux ont été suivis par la réalisation de mesures biométriques et d'identification des rongeurs et leurs prédateurs. Trois espèces de rongeurs, au nombre de 111 ont été capturés. Deux d'entre elles à Ain Skhouana, avec *P. obesus* comme espèce dominante (76.57%) par rapport à *M. shawi* avec un taux de (13.51%) est à densité moindre. La troisième espèce *R. rattus* piégée à Draa el Mizan, considérée comme un rongeur domestique représente environ 9.90%. Lors de notre période d'étude, la présence élevée de jeunes rongeurs d'espèce *P. obesus* représentant un taux de 74% du nombre totale de rongeurs capturés à Ain Skhouana permet d'affirmer que cette espèce s'est bien adaptée et dispose de ressources alimentaires de chénopodiacées suffisantes pour une bonne activité biologique. Cette abondance végétale est également liée aux conditions de changements climatiques. Les essais microscopiques effectués sur 04 *P. obesus* suspects démontrent une étroite relation entre la présence intracellulaire d'amastigotes au sein des macrophages médullaires ganglionnaires et la densité élevée des populations des petits rongeurs. Les prélèvements canins effectués à partir des différentes exploitations et habitations en provenance des deux zones ont permis grâce à l'IFI réalisée à l'IP d'Alger de constater que 39% étaient séropositifs. Ce taux est préoccupant et se rapproche des études épidémiologiques réalisées dans la même région. Notre étude épidémiologique, clinique et parasitologique confirme donc que le rongeur d'Ain Skhouana et le chien de Draa el Mizan jouent bien le rôle de réservoir dans le cycle de transmission de la leishmaniose cutanée dans ces deux zones. Toute solution durable contre la LC passe par la restauration des mécanismes de régulation naturelle des populations de rongeurs. A cet effet, l'introduction d'un large mammifère plus agressif capturé au niveau du site n°7 de Ain Skhouana, identifié comme étant une belette appartenant à l'espèce *Mustela nivalis* puis utilisé comme moyen de lutte intégrée biologique apportera sans aucun doute une contribution bénéfique pour la prise en charge de cette maladie. Notre introduction à Ain Skhouana de prédateurs capturés de la même espèce et l'utilisation de leur instinct vorace dans une zone endémique de leishmaniose à titre expérimental est originale. Ce contrôle expérimental a été réalisé avec succès.

MOTS CLES : Leishmaniose cutanée, réservoirs, Ain Skhouana, Draa el Mizan, lutte biologique.

ABSTRACT

A recrudescence of cutaneous leishmaniasis has been observed in Algeria which constitutes a real public health problem. It is endemic and epidemic. Our work focuses on rodents and dogs, reservoirs of cutaneous leishmaniasis. In this context, two contrasting natural ecosystems which are the wetland of Ain Skhouna (Saïda wilaya) fitted into the middle of the steppe and connected to Chott El Chergui with a semi-arid climate and the other area, Draa El Mizan of the wilaya of Tizi Ouzou is located in the coastal region showing a highly uneven mountainous terrain with a sub-humid climate were chosen as a ground for extending and experimentation. This choice is justified by the connection between the ecosystem components influencing the vector development in Draa El Mizan and the rodent proliferation in Ain Skhouna. These two areas represent two of the most active LC outbreaks in Algeria. With a duration of 36 months, from July 2010 to August 2013) and in order to cover the two zones, nine sites were selected in Ain Skhouna to conduct the biotope analysis, the counting of active burrows and the capture of live wild specimens by flooding of burrows and the laying of cages in targeted places in Drâa El Mizan. This work was followed by biometric measurements and identification of rodents and their predators. Three rodent species in the number of 111 were captured. Two of them in Ain Skhouna, with *P. obesus* as a dominant specie (76.57%) compared to *M. shawi* with a rate of (13.51%) and at lower density. The third *R. rattus* species trapped at Drâa El Mizan, considered to be a domestic rodent represents about 9.90%. During our study period, the high presence of young *P. obesus* rodents representing 74% of the total number of rodents captured in Ain Skhouna makes it possible to say that this specie has been well adapted and has sufficient alimentary resources such as chenopodiacea which will be used for good biological activity. This plant abundance is also linked to climate change conditions. Microscopic tests on four suspicious *P. obesus* demonstrate a close relationship between the intracellular presence of amastigotes in medullary lymph nodes and the high density of small rodent populations. The canine samples taken from the different farms and housings from both zones and with the help of the IFI carried out at the IP of Algiers allowed us to note that 39% were seropositive. This rate gives cause for concern and is close to the last epidemiological studies carried out in the same region. Our epidemiological, clinical and parasitological study thus confirms that the rodent of Ain Skhouna and the dog of Drâa El Mizan play well the role of reservoir in the cycle of transmission of cutaneous leishmaniasis in these two zones. Any durable solution against LC requires the restoration of natural regulation mechanisms of rodent populations. For this purpose, the introduction of a larger, more aggressive mammal captured at Ain Skhouna in the site n°7, identified as a weasel belonging to the species *Mustela nivalis* and then used as a means of an integrated biological control will undoubtedly make a beneficial contribution to the control of this disease. Our introduction to Ain Skhouna of captured predators of the same species and the use of their voracious instinct in an experimentally endemic area of cutaneous leishmaniasis is original.

This experimental control has been successfully completed.

KEY WORDS: Cutaneous leishmaniasis, reservoirs, Ain Skhouna, Draa el Mizan, biological control.

Liste des abréviations

% : pourcentage	LCZ : Leishmaniose cutanée zoonotique
°C : Degré Celsius	LV : Leishmaniose viscérale
Ac : anticorps	M : <i>Meriones</i>
ADN : Deoxyribonucleic acid	m : mètre
APC : Assemblée populaire communale	mg : milligramme
AS : Ain Skhouna	MGG : May-Grümwald Giemsa
cm : centimètre	min : minute
DAT : Direct antiglobulin test	ml : millilitre
DEM : Draa El Mizan	mm : millimètre
E : Est	N : Nord
ELISA : Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay	NNN : Novy- MacNeal-Nicolle
g : gramme	OMS : Organisation Mondiale de la Santé
GPS : Global Positioning System	P : <i>Phlebovirus</i>
H : <i>Hepatozooncanis</i>	P : précipitations
ha : hectare	P. obesus : <i>Psammomys obesus</i>
hbts : habitants	PCR : polymerase chain reaction
IFA : Immunofluorescent antibody	Pg : Poids en gramme
IFI : Immunofluorescence indirecte	Pp : Pattes postérieures
IPA : Institut Pasteur Algérie	Q : Longueur de la queue
k DNA : DNA extracellulaire	R. rattus : <i>Rattus rattus</i>
kg : kilogramme	SAR : sodium adsorbable ratio
km : kilomètre	SIDA : Syndrome d'immunodéficience acquise
L : Leishmaniose	T : températures
LC : Leishmaniose canine	T+C+Q : Longueur de Tout le corps
LCD : Leishmaniose cutanée diffuse.	U.R.S.S : Union des républiques socialistes soviétiques
LCL : leishmaniose cutanée localisée	USA : United States of America
LCM : leishmaniose cutanéomuqueuse	V : <i>Viannia</i>
LCN : Leishmaniose cutanée sporadique du nord	WHO : World Health Organization
LCS : Leishmaniose cutanée sporadique	µl : microlitre
	µm : micromètre

Liste des tableaux

Tableau 1.	Types de syndromes, distribution et principales espèces de <i>Leishmania</i>	7
Tableau 2.	Les méthodes de diagnostic de la leishmaniose.....	17
Tableau 3.	Nombre d'espèces végétales par famille de Ain Skhouna.....	62
Tableau 4.	Températures de la station climatique de DEM (1973-2000)	64
Tableau 5.	Données pluviométriques moyennes de la station climatique de DEM	64
Tableau 6.	Coordonnées GPS des sites de piégeages.....	82
Tableau 7.	Données pluviométriques moyennes annuelles et mensuelles de la station climatique de DEM (1990-2009)	85
Tableau 8.	Température mensuelles moyennes, maximales et minimales de la station de DEM.....	85
Tableau 9.	Nombre de terriers par m ² (Ain Skhouna).....	86
Tableau 10.	Résultats d'identification morphométrique des spécimens étudiés au cours des campagnes à AS.....	90
Tableau 11.	Identification morphométrique des spécimens capturés à DEM.....	92
Tableau 12.	Principaux signes cliniques observés chez des chiens suspects de DEM.....	97
Tableau 13.	Effectif des chiens étudiés selon le sexe dans les deux sites d'étude	97
Tableau 14.	Répartition des chiens selon la race dans les deux sites d'études.....	98
Tableau 15.	Répartition des chiens des deux sites par tranche d'âge.....	99
Tableau 16.	Nombre de chiens prélevés et taux de positifs pour les deux sites.....	100
Tableau 17.	Mesures morphométriques de la belette.....	101
Tableau 18.	Surveillance et évolution des rongeurs après introduction des belettes.....	103

Liste des figures

Figure 1.	Distribution géographique de la leishmaniose cutanée.....	6
Figure 2.	<i>Leishmania amazonensis</i>	8
Figure 3.	Phlébotomes du genre <i>Lutzomyia</i> et du genre <i>Phlebotomus</i>	9
Figure 4.	Cycle de propagation des leishmanies.....	13
Figure 5.	Lésions de leishmaniose cutanée produites par <i>L. major</i> et par <i>L. tropica</i>	14
Figure 6.	Cas de leishmaniose cutanéomuqueuse et <i>mexicana</i>	15
Figure 7.	Rat noir (<i>Rattus rattus</i>)	22
Figure 8.	Distribution de la dynamique des populations et niche écologique dans le bassin méditerranéen.....	30
Figure 9.	Belette.....	31
Figure 10.	Amastigotes au niveau d'un macrophage par coloration de Giemsa.....	35
Figure 11.	Croûte et nécrose à l'extrémité du pavillon auriculaire d'un chien.....	36
Figure 12.	Aspect général d'un Dogue Allemand leishmanien.....	37
Figure 13.	Uvéite chez le Briard.....	37
Figure 14.	<i>Sarcoptes scabiei var.canis</i>	41
Figure 15.	Chien atteint de gale sarcoptique.....	41
Figure 16.	<i>Demodex canis</i>	41
Figure 17.	Chien atteint de gale demodecique.....	41
Figure 18.	Cycle d' <i>Hepatozooncanis</i>	42
Figure 19.	Hématies infectées par <i>Babésiacanis</i>	44
Figure 20.	Leishmania cutanée à <i>L. infantum</i> en Algérie	45
Figure 21.	Répartition géographique de la leishmaniose en Algérie.....	46
Figure 22.	Répartition des cas déclarés par wilaya	47
Figure 23.	Incidence de la leishmaniose cutanée en Algérie et dans la wilaya de Saïda (p.100.000 hab) 1990-2009	49
Figure 24.	Tendance de la LC à Ain Skhouna 1990-2009.....	50
Figure 25.	Répartitions mensuelles de la LC à Ain Skhouna (1990-2009)	50
Figure 26.	Tendance de la LC à Draa el Mizan (1990-2009).....	51
Figure 27.	Répartition mensuelle des cas de LC à DEM (1990-2009)	51
Figure 28.	Situation géographique de Ain Skhouna	58
Figure 29.	Limites géographiques de la commune d'Ain-skhouna	59
Figure 30.	La région de Ain-Skhouna vu du ciel	59
Figure 31.	Transect d'étude de Ain Skhouna (Wilaya de Saida).....	63
Figure 32.	Image intégrale QUICKBIRD de la région de Draâ El Mizan.....	63
Figure 33.	Pullulation des rongeurs dans la zone de Ain Skhouna.....	66
Figure 34.	Comptage des terriers à Ain Skouna.....	67
Figure 35.	Vue d'ensemble de la zone de Ain Skhouna.....	68
Figure 36.	Vue d'ensemble de la zone de Draa El Mizan.....	69
Figure 37.	Pièges de type Sherman à DEM.....	70

Figure 38.	Méthodes de Piégeage des rongeurs à Ain Skhouna.....	71
Figure 39.	Morphométrie corporelle d'un rongeur.....	72
Figure 40.	Prélèvement de sang chez le chien dans les deux sites.....	76
Figure 41.	Contact antigène-anticorps.....	78
Figure 42.	Technique d'immunofluorescence indirecte.....	79
Figure 43.	Belette piégée.....	80
Figure 44.	Evolution des températures moyennes mensuelles sur les deux périodes 1990-1999 et 2000-2009 à Ain Skhouna.....	83
Figure 45.	Diagramme ombrothermique de Saida (période 1990-1999).....	84
Figure 46.	Diagramme ombrothermique de Saida (période 2000-2009).....	84
Figure 47.	Diagramme de Bagnouls & Gaussen pour DEM.....	86
Figure 48.	Site de DEM.....	87
Figure 49.	Les rongeurs capturés par site à Ain Skhouna.....	88
Figure 50.	Sites de piégeages à DEM.....	89
Figure 51.	Rongeurs capturés à DEM par les pièges Scharman.....	89
Figure 52.	Sex-ratio des espèces de rongeurs capturés à Ain Skhouna.....	91
Figure 53.	Catégories d'âges des différentes espèces de rongeurs capturés dans la zone Dzira (Ain Skhouna).....	92
Figure 54.	Les mesures corporelles des rongeurs de DEM.....	93
Figure 55.	Dissection et prélèvement d'organes des rongeurs capturés.....	93
Figure 56.	Macrophages de <i>P. obesus</i> montrant des amastigotes intracytoplasmiques.....	94
Figure 57.	Chiens avec propriétaires à AS.....	95
Figure 58.	Diagnostic des chiens de la zone de DEM.....	96
Figure 59.	Prélèvement sanguin des chiens à Drâa El Mizan.....	100
Figure 60.	Réaction du complexe Anticorps -Antigène (X40) (IFI).....	101
Figure 61.	Belette (Sebseb) piégée à Ain-Skhouna.....	102
Figure 62.	Belette capturée à Ain Skhouna.....	103



Introduction

Introduction

Les leishmanioses sont des protozoonoses touchant un grand nombre d'animaux vertébrés dont l'homme, le rongeur et le chien. Ces parasitoses sont très anciennes causées par des protozoaires flagellés appartenant au genre *Leishmania* et ayant un tropisme électif pour le système phagocytaire mononuclée tels que les macrophages, les histiocytes et les monocytes. Elles sont transmises par des insectes diptères psychodidés qui appartiennent au genre *Phlebotomus* dans l'Ancien Monde et *Lutzomyia* dans le Nouveau Monde (Dedet, 2009). Selon l'OMS (2014), des observations montrent que les leishmanioses se sont étendues au-delà de leurs écotopes naturelles en raison des modifications environnementales et que le nombre de cas de leishmanioses est en augmentation à un rythme alarmant à travers le globe.

En Algérie, les leishmanioses sont de deux types : la leishmaniose viscérale, due à *L. infantum*, qui a pour réservoir principal le chien et les leishmanioses cutanées qui sont dues à trois espèces de leishmanies : *L. infantum*, responsable de la leishmaniose cutanée du Nord, ayant pour réservoir également le chien (Benikhlef *et al.*, 2004), *L. major*, dont les réservoirs sont des rongeurs sauvages appartenant aux espèces *Psammomys obesus* et *Meriones shawi* (Belazzoug, 1983) et enfin, *L. tropica* et *L. killicki* agents de la leishmaniose cutanée anthroponotique (Harrat *et al.*, 2009). Le terme de leishmanioses cutanées regroupe l'ensemble des formes cliniques de leishmanioses dans lesquelles le parasite se multiplie et reste localisé au revêtement cutané (Caumes, 1998). Desjeux en 2001, a rapporté que le complexe pathogène leishmanien constitué par le parasite, le vecteur et le réservoir évolue dans un espace contraint par un ensemble de paramètres biogéographiques et climatiques. L'utilisation des terres peuvent se répercuter sur le fonctionnement des foyers du parasite, du réservoir et du vecteur, leur dynamique et leur extension territoriale. Ces modifications du milieu naturel peuvent être d'origine anthropique ou climatique et dans la plupart des cas, ces modifications sont étroitement liées. Ce même auteur en 1999 résume les facteurs de risque neuf points :

- L'installation de populations dans des zones d'endémie à cause de problème démographique ou manque de terres agricoles,
- Les mouvements de populations pour des raisons professionnelles ou autres,
- Le développement de nouveaux projets agricoles ou industriels, amenant des populations non immunisées dans des zones d'endémie, mais aussi le tourisme ou les activités militaires,
- L'urbanisation accélérée et/ou non planifiée,

- La détérioration du tissu économique et social dans les banlieues des villes où des populations à faibles revenus s'amassent due à un exode rural massif facilitant ainsi l'apparition d'épidémies,
- Les modifications de l'environnement sous les formes de construction de barrages, systèmes d'irrigation et puits,
- La réduction ou l'achèvement des campagnes de pulvérisation d'insecticides pour la lutte contre le paludisme. Après le succès des plans de lutte, plusieurs pays ont fait face à de graves résurgences en raison de l'interruption de leur programme.

Dans notre pays, la situation épidémiologique des maladies à déclaration obligatoire est dominée par une recrudescence de la leishmaniose cutanée. La recrudescence observée ces dernières années propulse cette anthro-zoonose à la première place des maladies à déclaration obligatoire et des maladies parasitaires en particulier. L'extension géographique s'opère en tâches d'huiles donnant lieu à de nouveaux foyers.

Selon le ministère de la santé, plus de 40 wilayas sont touchées aujourd'hui. A l'origine de cette situation explosive, la pollution et la détérioration des écosystèmes naturels a largement contribué au développement de la maladie. En effet, en 1983, l'Algérie a connu une épidémie de leishmaniose cutanée à M'sila pendant laquelle 8000 cas ont été enregistrés. En 1985, une autre épidémie de 700 cas a été signalée dans la région limitrophe de Ksar Chellala. Par la suite, la leishmaniose cutanée a connu une nette progression à partir des années 90. Son incidence a été multipliée par 9 de 1990 à 2005, passant de 8 à 78 cas pour 100 000 habitants. La maladie a connu quatre pics épidémiques : 1991, 1997, 2003 avec respectivement 16-34-27 cas /100.000 habitants et en 2005 le plus important jamais atteint à l'échelle nationale avec 78 cas/100.000 hbts (INSP, 1989-2007).

A partir de 2002, la leishmaniose cutanée domine le tableau épidémiologique des zoonoses et des maladies parasitaires (INSP, 1989-2007). Cette situation est d'autant plus alarmante car l'extension de la maladie peut également aggraver la situation épidémiologique de la tuberculose et du VIH / SIDA du fait de la présence des co-infections. (Slimi, 2006).

Durant l'année 2005, la leishmaniose cutanée a représentée 49,57% des maladies à déclaration obligatoire, et 74,19 % des zoonoses, et sa répartition géographique des cas montre une extension vers les wilayas du nord (INSP, 1989-2007).

L'équipe de l'institut Pasteur (Belkaid, 2003 ; Harrat, 2003), a enregistré le premier cycle zoonotique sauvage où le réservoir principal de la LC est constitué par le rat des sables peuplant le Chott El Chergui, un lac salé localisé dans la wilaya de Saida, le Chott El Hodna de

la région de M'sila, les régions steppiques ainsi que les villages avoisinants. Comme il existe un autre cycle péri-domestique représenté par le rat des champs où le *Merione shawi* est souvent observé dans les régions steppiques et qui constitue également le principal réservoir de *L. major*. Comme pour la répartition des espèces animales (réservoirs de la maladie) qui suit les changements des terres, dans la région méditerranéenne et sous l'effet du climat, la flore végétale passe du nord au sud d'une végétation principalement riche en plantes hydrophiles à une végétation constituée de plantes xérophiles (Daget, 1977 ; Le Houerou, 1977) notamment dans les régions steppiques du sud où l'on rencontre en abondance les phlébotomes qui s'y adaptent facilement. La présence de nappes phréatiques ou de points d'eau favorise la prolifération de ces plantes et donc celle des rongeurs et des phlébotomes (Izri *et al.*, 2006).

En médecine vétérinaire, la leishmaniose canine occupe une place particulière parce qu'elle est présente dans de nombreux pays du pourtour méditerranéen et reste une maladie grave et de pronostic toujours réservé. Elle est aussi préoccupante sur le plan santé publique. En effet, l'incidence des cas de leishmaniose viscérale humaine progresse régulièrement et de nombreuses études épidémiologiques démontrent une étroite relation entre cette incidence et la prévalence observée chez le chien.

Notre étude s'intéresse aux rongeurs et chiens, réservoirs de la leishmaniose cutanée, dans deux foyers les plus actifs en Algérie et qui présentent des écosystèmes naturels contrastés, Ain Skhouna de la wilaya de Saida et Draa El Mizan de la wilaya de Tizi Ouzou. Les objectifs de notre travail seront dans une première partie de présenter un bref rappel bibliographique sur les leishmanioses en insistant sur la leishmaniose cutanée et ses réservoirs. Dans la deuxième partie, nous exposerons la partie pratique sous forme de matériel et méthodes et qui comporteront :

- La présentation des deux zones d'études et étude spatio-temporelle de ces réservoirs dans leur milieu naturel.
- Les techniques de piégeages et de captures de rongeurs qui concerneront toutes les entités éco-géographiques à travers les deux zones. Nous étudierons leurs populations et déterminerons leurs identifications, densités et répartitions.
- L'étude sérologique effectuée sur un échantillon représentatif de chiens, permettra de connaître la séroprévalence de la leishmaniose canine et sa répartition dans les zones d'études.
- La recherche histopathologique d'amastigotes sur des coupes de ganglions lymphatiques et de frottis de rates réalisés sur des rongeurs capturés suspects de leishmaniose cutanée. La

partie pratique sera suivie par la présentation des résultats des études réalisées sur les rongeurs et les chiens et qui pourront être discuté et comparer aux études épidémiologiques précédentes réalisées dans les mêmes régions.

- Nous proposerons une lutte biologique originale contre la leishmaniose cutanée dans une petite zone contrôlée renfermant plusieurs terriers actifs. Cette lutte fera l'objet de notre troisième partie et sera basée sur l'introduction expérimentale de belettes capturées dans la zone d'Ain Skhoua, identifiées à l'espèce *Mustela nivalis* et considérés comme étant des prédateurs très voraces de rongeurs.



Partie

bibliographique

Chapitre I

Notions générales sur la leishmaniose

Chapitre I : Notions générales sur la leishmaniose

I.1. Historique

Les leishmanioses font partie des premières parasitoses à avoir été décrites, du moins dans leur forme cutanée, découvertes dans le palais de Ninive, montrant une ulcération indolore de la face rapportée par une transcription d'un écrit akkadien qui remonte au second ou au troisième millénaire avant Jésus Christ (Navarro, 2010).

La première description clinique moderne est celle de Mc Naught en 1882, par la suite en 1885 Cunningham cité par Jarry (1999) découvrit le parasite dans un prélèvement du bouton d'orient.

En 1910, les frères Sergent notifient le premier cas de la leishmaniose canine (LC) à Alger deux ans plus tard. Ils rapportent la présence de l'infection chez un chien et un chat qui vivaient avec un enfant atteint de la leishmaniose viscérale (LV) (Aït-Oudhia, 2012).

I.2. Description et distribution

La leishmaniose est une maladie provoquée par le parasite *Leishmania* de la famille des *Trypanosomatidae*. Les organismes de ce type sont responsables de plusieurs maladies, qui présentent des signes cliniques sous formes d'ulcères cutanés ou des lésions viscérales accompagnées par d'autres symptômes (Dedet, 2009).

La leishmaniose est endémique, sévit dans 88 pays dans le monde, y compris dans le sud de l'Europe, l'Afrique du nord, le Moyen-Orient, l'Amérique centrale, le sud américain et l'Inde. Elle n'est pas endémique dans le sud-est de l'Asie et l'Australie (fig. 1). La leishmaniose a été reconnue, en 2007, par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) comme la maladie tropicale la plus négligée. Il existe dans le monde 350 millions de personnes considérées à risque, plus de 12 millions de personnes infectées et ce chiffre augmente d'environ 2 millions chaque année soit 1-1.5 million d'individus atteints de LC et 0.5 de LV. La grande majorité des cas (près de 90%) sont localisés en Afghanistan, au Pakistan, Syrie, Arabie Saoudite, Algérie, Iran, au Brésil, et au Pérou pour la LC, en Inde, au Bangladesh, au Népal, au Soudan et au Brésil pour la LV (fig. 1) (Desjeux, 2004). La mortalité globale est due à la LV et elle est estimée à 59.000 dont 35.000 pour les hommes et 24.000 pour les femmes (fig. 1).

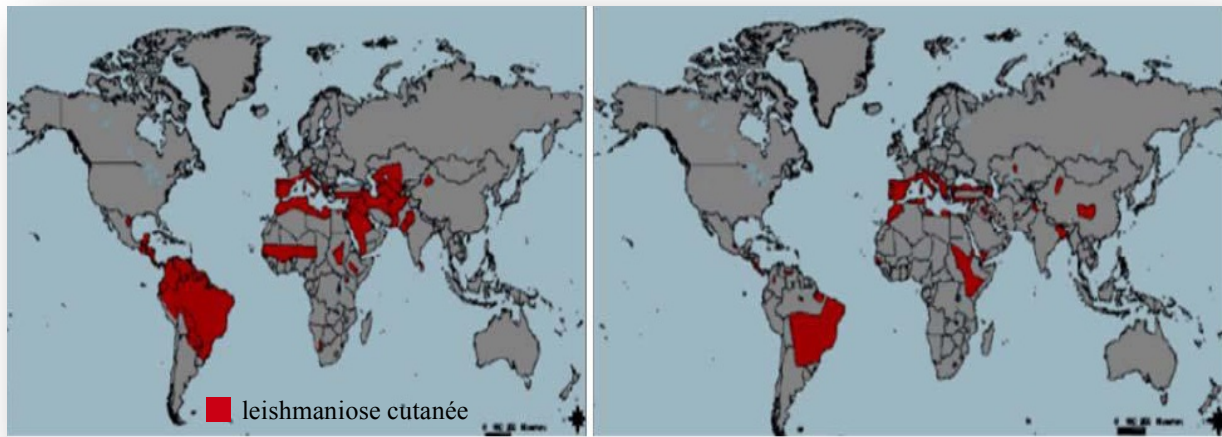


Figure 1. Distribution géographique de la leishmaniose cutanée (à gauche) et viscérale (à droite) dans l'ancien et le nouveau monde (Benarab *et al.*, 2015).

La leishmaniose est une endémie parasitaire qui à l'heure actuelle n'est pas contrôlée. Le mode d'infection zoonotique fait que la transmission est difficile à interrompre, bien que quelques tentatives de réduire les populations de vecteurs et de réservoirs (mammifères) ont eu un certain succès. Actuellement, il n'existe pas de vaccin contre la leishmaniose et les médicaments disponibles pour le traitement sont toxiques, chers et fréquemment inefficaces due aux développements de résistances médicamenteuses (OMS, 2014).

I.3. Le parasite

Les parasites de *Leishmania* ont été indépendamment décrits par Willian Leishman et Charles Donovan en 1903 à partir de biopsies viscérales et cutanées de patients de l'Inde, mais elles ont été précédemment observées par Borovsky en 1889 et Cuningham en 1885. Wright en 1903, a proposé de nommer le parasite par le genre *Leishmania* (pathogènes pour l'homme). Les membres de ce genre ont été différenciés sur la base des études génétiques, biochimiques et immunologiques et groupés en deux principaux sous-genres, *Leishmania* et *Viannia*, lesquels sont subdivisés en différents complexes. Les différentes espèces varient aussi en termes de distribution régionale ainsi que par leur prédilection pour les différents organes humains (peau, viscères comme le foie) (tableau 1).

Tableau 1. Types de syndromes, distribution et principales espèces de *Leishmania* (Cabanillas, 2011).

Syndrome	Distribution	Groupes d'espèces	Espèces
Leishmaniose cutanée	Ancien monde (l'Europe, l'Asie et l'Afrique (Afro-Eurasie),		<i>L. major</i> <i>L. tropica</i> <i>L. aethiopica</i> <i>L. donovani</i>
	Nouveau monde Les amériques et l'océanie	<i>L. (Leishmania) =L. mexicana</i> Complexe	<i>L. mexicana</i> <i>L. amazonensis</i> <i>L. venezuelensis</i>
Leishmaniose cutanée/ cutanéomuqueuse	Nouveau monde	<i>L. (Viannia) =L. braziliensis</i> Complexe	<i>L. braziliensis</i> <i>L. colombiensis</i> <i>L. guyanensis</i> <i>L. panamensis</i> <i>L. peruviana</i>
Leishmaniose viscérale	Ancien monde	<i>L. donovani</i> Complexe	<i>L. donovani</i> <i>L. infantum</i>
	Nouveau monde	<i>L. donovani</i> Complexe	<i>L. chagasi</i>

Leishmania est un parasite dimorphique. A l'intérieur de l'hôte vertébré, il vit dans le macrophage, sous la forme d'amastigote. Ce parasite a une forme ovale ou arrondie, mesure entre 2-3 µm et ne présente pas de mobilité. Le noyau est central et près du kinétoplaste qui est une structure mitochondriale qui contient l'ADN extracellulaire (k DNA). Les amastigotes sont adaptés à la température corporelle et au milieu acide des phagolysosomes des macrophages où ils résident. La multiplication se produit par division binaire (scissiparité). Après leur libération, ils infectent d'autres macrophages (fig. 2) (Bailey *et al.*, 2007).

Dans le tube digestif du phlébotome, le parasite se présente sous la forme promastigote. Les promastigotes sont élargis d'une longueur moyenne de 20 µm. Ils sont également munis d'un noyau central et d'un kinétoplaste. Ils possèdent aussi un flagelle de longueur équivalente à celle du corps et qui leur favorise la mobilité. De l'intestin, il migre jusqu'au pharynx, la durée

de cette phase varie de 14 à 18 jours. Cette forme peut être régurgité par l'insecte au moment de son repas sanguin. Les promastigotes peuvent se multiplier dans des milieux artificiels de culture à la température de 22-26 °C.

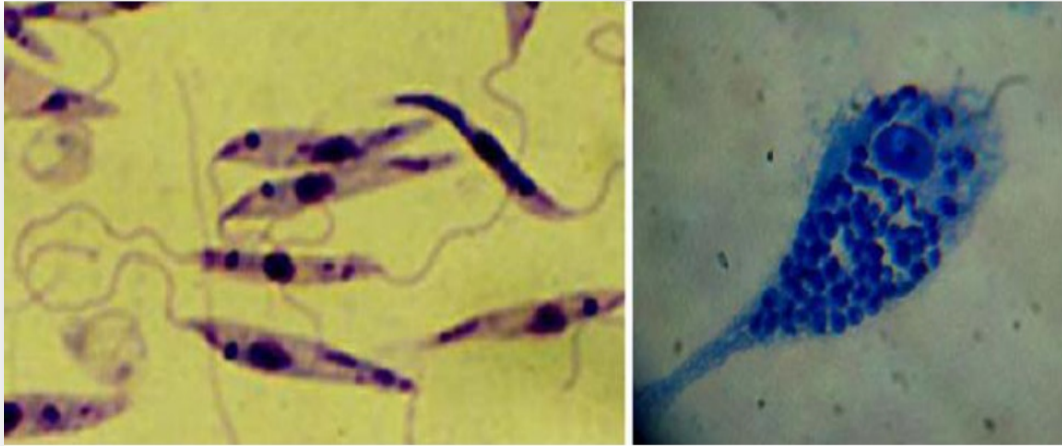


Figure 2. *Leishmania amazonensis* : forme promastigote à gauche et amastigote à l'intérieur du macrophage (Boussaa, 2008).

Les leishmanies sont des protozoaires appartenant au genre *Leishmania* (El Miri, 2013); la place de ce genre dans la classification des leishmanies décrite par De Levine *et al.*(1980) est la suivante :

- Règne : *Protista* (Haeckel, 1866),
- Sous-Règne : Protozoa (Goldfuss, 1817 ; Siebold, 1848),
- Embranchement : Sarcomastigophora (Honigberg et Balamuth, 1963),
- Sous- Embranchement : Mastigophora (Diesing, 1866),
- Classe : Zoomastigophorea (Calkins, 1909),
- Ordre : Kinetoplastida (Vickerman, 1976 ; Honigberg, 1963),
- Sous-Ordre : Trypanosomatina (Kent, 1880),
- Famille : Trypanosomatidae (Grobber, 1905 ; Doflein, 1901),
- Genre : *Leishmania* (Ross, 1903).

I.4. Le vecteur

Les vecteurs de *Leishmania* sont des insectes qui appartiennent à la sous-famille des *Phlebotominae*, de petite taille (2 à 3 mm), seule la femelle est hématophage. Il a été montré que près de 70 espèces de phlébotomes sur les 600 existantes dans cette famille sont vecteurs de leishmanies. Les espèces du genre *Lutzomyia* dans le nouveau monde (Amérique du sud et centrale) et du genre *Phlebotomus* dans l'ancien monde sont également des vecteurs de *Leishmania* (fig. 3).

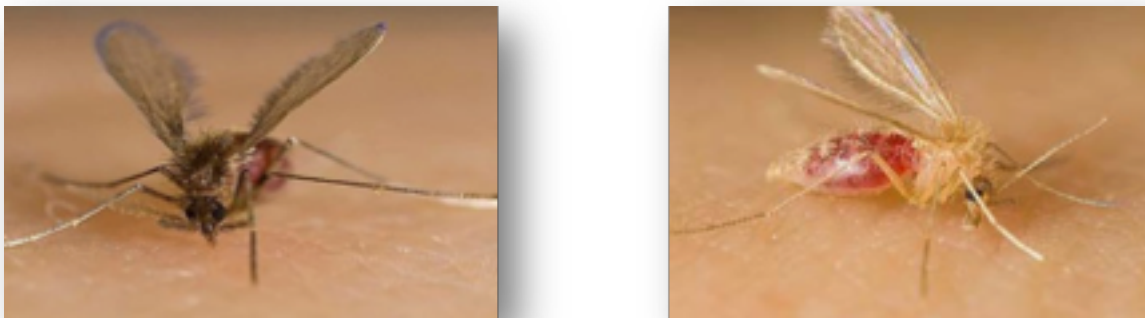


Figure 3. Phlébotomes du genre *Lutzomyia* (à gauche) et du genre *Phlebotomus* (à droite) (Wilson et Ray, 2010).

Morphologiquement, les deux genres sont très similaires l'un par rapport à l'autre. Ils présentent une métamorphose complète, incluant la phase œuf, quatre stades larvaires, puis une phase puppe et enfin la forme adulte. Le dépôt d'œufs est fait dans des lieux sablonneux riches en matériel organique pour que les larves puissent se nourrir avec une humidité relative élevée. A chaque ponte, la femelle dépose de 50 à 100 œufs (Solano-Gallego, 2011).

Toutes les espèces de *Leishmania* sont transmises par la femelle du phlébotome. Le phlébotome femelle a besoin de sang afin d'obtenir les protéines nécessaires au développement de ses œufs. Dans leur recherche de sang, les femelles couvrent un rayon d'un à plusieurs centaines de mètres autour de son habitat. Elles piquent particulièrement la nuit et au crépuscule. Il existe des exceptions telle que *Lutzomyia wellcomei*, qui pique principalement pendant la journée. Les vecteurs de *Leishmania* ne sont actifs que lorsque la température extérieure est supérieure à 19°C ; par laquelle ils confèrent à la maladie un caractère saisonnier, ceci explique pourquoi les leishmanies sont transmises principalement dans les régions tropicales (Fourati *et al.*, 2011).

Durant la journée, les phlébotomes se cachent dans des endroits retirés, sombres et relativement humides. Le biotope des phlébotomes est variable selon l'espèce, mais toujours influencé par la température, l'humidité et les besoins trophiques ; terriers, murs, ordures etc

(Maroli *et al.*, 2012). Certaines espèces sont péri-domestiques. Les espèces appartenant au genre *Phlebotomus* (Ancien Monde) préfèrent les terriers et les habitations en chaume, tandis que les espèces du genre *Lutzomyia* (Nouveau Monde) habitent des écosystèmes forestiers, notamment la forêt humide où ils se reproduisent entre les contreforts des troncs d'arbres, au milieu des feuilles en décomposition. Les phlébotomes sont de mauvais voiliers. Ils se déplacent par vols courts, avec des arrêts fréquents. Leur rayonnement maximum se situe aux alentours de 1km (Banuls, 2010).

Les femelles se nourrissent sur des mammifères, des oiseaux, des reptiles ou des batraciens. Certaines espèces sont très spécialisées dans l'exploitation d'un ou de plusieurs hôtes. Chez l'homme, ce sont les parties découvertes du corps qui sont exposées aux piqûres. Chez les animaux, ce sont les zones les moins velues tel que le museau et oreilles. Il faut 30 secondes à 5 minutes pour que l'estomac se trouve entièrement rempli (Maroli *et al.*, 2012). Le repas sanguin est indispensable à la maturation des œufs. La maturation des œufs s'effectue en même temps que la digestion du sang et le nombre maximum est de 100 à 110 œufs. La ponte intervient 5 à 10 jours après le repas sanguin et les œufs poncés en 5-6 heures (Izri *et al.*, 2006).

Il existe deux stades morphologiques du parasite, les promastigotes chez le phlébotome, et les amastigotes chez le mammifère. Dans le tube digestif du phlébotome, les parasites se différencient en promastigotes après 12 à 18 heures. Ces promastigotes se multiplient et migrent vers les glandes salivaires et la trompe en attendant d'être injecter à un nouvel hôte réceptif lors d'un nouveau repas sanguin. Lorsque la femelle du phlébotome infecté pique un hôte mammifère pour se nourrir de son sang, elle contamine ce dernier et transmet le parasite sous forme promastigote (parasites extracellulaires mobiles vivant dans le tube digestif du phlébotome). Chez l'hôte mammifère, les promastigotes se transforment en amastigotes au niveau des phagolysosomes des macrophages, où elles vont se multiplier par division binaire jusqu'à la lyse du phagolysosome, ainsi les parasites libérés vont contaminer d'autres macrophages qui se développent au fur et à mesure de la digestion (Mouloua, 2014).

Pendant la période de juin à septembre, les larves des phlébotomes peuvent donner jusqu'à deux à trois générations d'adultes. Leur habitat est diversifié ; terriers, murs, ordures etc... et certaines espèces sont péri-domestiques, donc accessibles aux insecticides et en particulier *P. papatasi*. Dans la nature, les lieux de la ponte sont des gîtes de repos ; terriers, cavernes, litières au pied des arbres, fissures dans les murs et dans le sol. Le terrier du rongeur constitue une véritable niche écologique où prolifèrent les phlébotomes. La durée de vie des adultes est fonction de la température (plus celle-ci est basse, plus la durée de vie est longue) et de l'humidité (plus l'hygrométrie est élevée, plus la durée de vie est élevée). En moyenne les

femelles vivent de deux semaines à deux mois et les mâles ont une durée de vie plus brève. L'âge de la femelle correspond au nombre de cycles gonotrophiques, qui est réglé par les repas sanguins. Les espèces appartenant au genre *Phlebotomus* affectionnent les taudis, tandis que les espèces du genre *Lutzomyia* habitent les écosystèmes forestiers, notamment la forêt humide où ils se reproduisent entre les contreforts des troncs d'arbres et au milieu des feuilles en décomposition (Dolmatova et Demina, 1971).

Il existe près de 800 espèces de phlébotomes dans le monde, dont environ 400 dans le nouveau monde, mais seules une quarantaine d'espèces transmettent des *Leishmania*, *Bartonella* ou des arbovirus dans l'Ancien ou le Nouveau Monde (Lahouiti *et al.*, 2013).

I.4.1. Importance médicale

Les phlébotomes présentent un intérêt médical, ils transmettent en plus des leishmanioses, la bartonellose et plusieurs arboviroses. Plus de 20 arbovirus peuvent être transmis par les phlébotomes, qui jouent en même temps le rôle de réservoir et de vecteur. Les arboviroses évoluent dans les mêmes régions géographiques et sous les mêmes conditions climatiques que les leishmanioses. Les virus transmis se répartissent en trois genres appartenant à des familles différentes :

- *Phlebovirus* (famille des Bunyaviridae, présents dans l'ancien Monde et le nouveau Monde),
- *Orbivirus* (famille des Reoviridae, présents dans le nouveau Monde),
- *Vesiculovirus* (famille des Rhabdoviridae, présents dans l'ancien Monde et le nouveau Monde) (Radouane, 2010).

Dans la région méditerranéenne, seuls les *Phlebovirus* sont impliqués en médecine. Ils définissent ce qui est communément appelé le groupe des « fièvres à phlébotomes », « fièvres à papatasi » ou encore « fièvres de trois jours ». Ils appartiennent aux séro complexes *Sicules* et *Naples*, ce dernier incluant le virus *Toscana*. Quelques vecteurs sont identifiés tels que *P. perniciosus* pour *Toscana*, *P. perfiliewi* pour *Naples* ou *P. papatasi* pour *Sicules* (Izri *et al.*, 2006).

Si la plupart des maladies à transmissions vectorielles se rencontrent essentiellement en zones intertropicales, les effets indiqués ci-dessus vont bien dans le sens d'une émergence ou d'une réémergence de ces maladies dans les zones méditerranéennes et tempérées.

Rioux *et al.* (2004) ont pu établir une relation entre la répartition des vecteurs majeurs et les strates bioclimatiques à l'issue de leur travail effectué sur les foyers de leishmanioses au Maroc. *P. ariasi* vecteur de *L. infantum*, se localise aux étages humides et sub-humide ; le couple *P. papatasi*, *P. alexandri*, vecteur de *L. major* est abondant à l'étage saharien et aride.

Ainsi, pour ce qui est du vecteur, si nous considérons seulement le cas d'une augmentation significative et durable de température, l'impact pourrait se manifester de plusieurs façons :

- Facilitant l'installation d'un vecteur introduit, une variation de la température peut contribuer à en modifier la répartition géographique ou la densité. Mais, bien entendu, des effets indirects se manifesteraient aussi à la suite des modifications des écosystèmes ou de micro-climats locaux (cas des glossines liées à des types de végétation par exemple).

- Une augmentation de la température de plus de 22°C pourrait entraîner une diminution de la longévité du vecteur, du moins dans une certaine fourchette de température 19-20°C et en l'absence d'une nette augmentation parallèle de l'humidité, ceci diminuerait sa capacité vectorielle. Ils ne commencent à s'agiter qu'à la tombée du jour, en l'absence de vent (vitesse limite : 1m/sec.) et si le degré hygrométrique est élevé. (Wasserberg *et al.*, 2003a ; Killick-Kendrick, 1999).

- Un changement parallèle de la répartition des précipitations entraînerait une modification de la dynamique des populations du vecteur, d'où une répercussion sur la saisonnalité de la transmission ; une augmentation de la fréquence des repas sanguins et de la production d'œufs.

- Un raccourcissement du cycle de développement du vecteur, voire augmentation du nombre annuel de générations, ce qui peut avoir des répercussions sur la structure génétique des populations (avec peut-être des effets, par exemple l'émergence de résistance aux insecticides).

- Un raccourcissement de la durée d'incubation extrinsèque, ce qui favoriserait la transmission.

- Une modification, peut-être des modalités d'une éventuelle transmission verticale au niveau des vertébrés réservoirs, des phénomènes comparables pourraient aussi se manifester. Ils pourraient, par exemple concerner leur réceptivité et/ou leur sensibilité à un pathogène,...etc (Aounet Bouratbine, 2014).

I.4.2. Réservoir

La notion de réservoir désigne une espèce qui assure le maintien d'une population d'agent pathogène dans des conditions naturelles.

Les réservoirs naturels des *Leishmania* sont des mammifères domestiques ou sauvages, chez lesquels le parasite colonise les cellules du système des phagocytes mononucléés. Les mammifères réservoirs des *Leishmania* appartiennent à divers ordres ; carnivores, rongeurs, marsupiaux, édentés, primates ou périssodactyles. Dans certains cas, l'homme est l'unique réservoir du parasite (Dantas-Torres, 2007).

I.5. Le cycle de propagation

Le cycle de propagation (fig. 4) des leishmanies entre l'hôte et le vecteur est décrit dans la figure 4. Les promastigotes de *Leishmania* sont introduits dans les capillaires sanguins par la piqûre du vecteur (1). A l'intérieur, ils pénètrent le macrophage par phagocytose.

Les parasites sont enfermés dans une vacuole (3) et soumis à une série d'attaques de la part du système de défense du macrophage pour l'éliminer, ceci inclut la libération d'oxyde nitrique et des hydrolases lysosomales. Le parasite se protège de ces attaques et sous la forme d'amastigotes (4 et 5), se reproduit à l'intérieur du macrophage jusqu'à la mort de celui-ci, (7) ce qui libère les parasites (8) qui vont pouvoir infecter d'autres macrophages. Le cycle est complété lorsqu'un vecteur prend du sang de l'hôte infecté, les macrophages libèrent les amastigotes à l'intérieur du vecteur (10) où ils se transforment en promastigotes (11). Le flagelle qui apparaît sur cette forme leur permet de se fixer sur les *microvilli* de l'endothélium digestif (12) pour se multiplier, migrer vers le tractus digestif (13) et être libérés dans le proboscide (14) pour être transmis lors d'une prochaine piqûre (9) (Muriel, 2016).

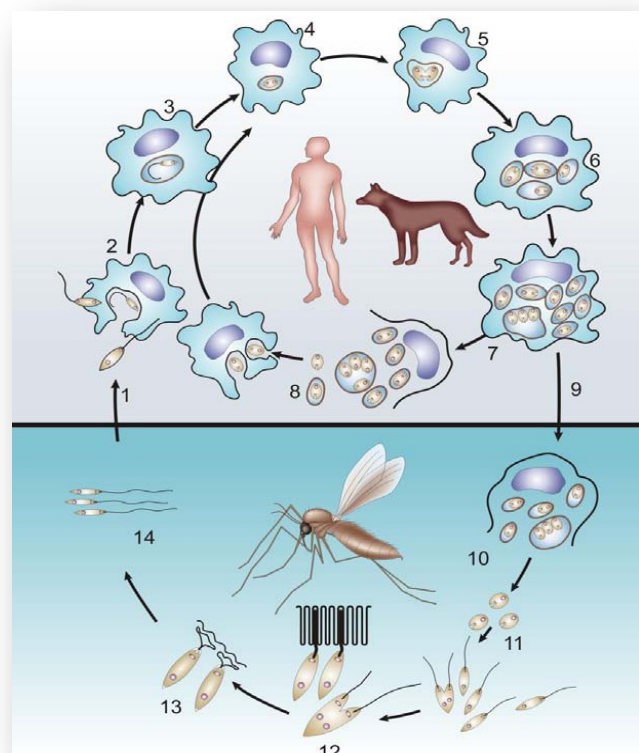


Figure 4. Cycle de propagation des leishmanies (Muriel, 2016).

I.6. Formes cliniques

La leishmaniose se manifeste sous deux formes basiques cliniquement reconnues ; la leishmaniose cutanée (LC) et la leishmaniose viscérale (LV).

I.6.1. La leishmaniose cutanée

La LC est présente au moins dans 82 pays avec un indice d'infection de 1.5 millions de cas par an. La LC peut se présenter sous la forme d'une leishmaniose cutanée localisée (LCL) qui peut guérir spontanément. Elle est également décrite comme la forme leishmaniose cutanée diffuse (LCD), plus difficile à traiter et la leishmaniose cutanéomuqueuse (LCM) qui est la forme la plus grave des leishmanioses cutanées car pouvant provoquer la défiguration et mutilation du visage (Desjeux, 2004).

La LC est provoquée par les espèces *L. mexicana*, *L. peruviana*, *L. guyanensis* ou *L. panamensis* en Amérique, et *L. major* ou *L. tropica* dans les autres pays. Indépendamment des espèces de vecteurs, la LC n'est pas un danger pour la vie de l'hôte (Cabanillas, 2011).

Les lésions de LC se développent quelques semaines après la piqûre et elles sont habituellement retrouvées sur les parties exposées du corps telles que le visage, les bras, et les jambes. Ces lésions peuvent commencer comme de petites papules rouges (5 à 10 mm au début). Selon les espèces de *Leishmania*, elles peuvent progresser vers des nodules érythémateux, des plaques durcies, des plaques écailleuses ou des ulcères avec les bords relevés (fig. 5).



Figure 5. Lésions de leishmaniose cutanée produites par *L. major* (à gauche) et par *L. tropica* (à droite) *mexicana* (à droite) (Morin, 2011).

La LCD est rare, même en Amérique du sud et en Afrique de l'est où *Leishmania* est endémique. Elle est généralement causée par *L. mexicana* en Amérique et *L. aethiopica* dans le bassin méditerranéen, le Moyen-Orient et l'Afrique. Les patients présentent une allergie spécifique aux antigènes de *Leishmania*, bien que la prolifération de lymphocytes et la réponse à d'autres microbes intracellulaires reste intacte.

La LCD peut cliniquement ressembler à la lèpre lépromateuse. Elle se présente initialement comme une papule rouge dans la zone d'inoculation, après, elle se disperse comme des macules érythémateuses ou violacés non-ulcérés, et des plaques fortement infiltrées par des amastigotes. La face, les extrémités supérieures, les extrémités inférieures et les fesses sont généralement les zones les plus affectées.

La LCM ou « espundia » est endémique dans plusieurs parties plus de 60 % en Inde d'Amérique Latine. En contraste avec la LC, elle représente un danger pour la vie de l'hôte. Les agents responsables de cette maladie sont des espèces du sous-genre *Viannia* (*L. (V) braziliensis*, *L. (V) amazonensis*, *L. (V) panamensis*). La plupart des cas de LCM se manifestent chez des patients qui ont développé précédemment un épisode de LC. Les lésions de ce type se situent normalement dans la partie arrière du septum nasal où elles forment des lésions nodulaires qui évoluent vers des ulcères arrondis de bords élevés qui donnent lieu à des sécrétions nocturnes sanguinolentes. Ensuite, il peut se produire une perforation du septum, une ulcération palatale ou un œdème gingival. Eventuellement, il y a destruction de la muqueuse oro-naso-pharyngée, des structures cartilagineuses faciales et des voies aériennes supérieures, ayant pour résultat la défiguration, l'infection secondaire, et l'obstruction des voies respiratoires (fig. 6) (Muriel, 2016).



Figure 6. Cas de leishmaniose cutanéomuqueuse (à gauche) et *mexicana* (à droite) (Cabanillas, 2011).

I.6.2. La leishmaniose viscérale

La LV, connue aussi sous le nom de « kala-azar », est une maladie qui peut être mortelle si elle n'est pas traitée. Elle est provoquée par deux espèces du complexe *L. donovani* et *L. infantum* dans l'ancien monde et *L. chagasi* en Amérique. Dépendant de l'aire géographique, *L. infantum* infecte plutôt les enfants et les individus immunodéprimés, alors que *L. donovani* infecte des groupes de tous les âges. La LV est présente dans 70 pays et présente une incidence estimée à 500.000 cas avec plus de 50.000 morts chaque année (Alvar, 2001).

La plupart des cas ($\geq 90\%$) sont présents dans six pays ; le Bangladesh, l'Inde, le Népal, le Soudan, l'Éthiopie et le Brésil. Plus récemment (à partir de 1985), ont été rapportés des cas de coïnfection LV-SIDA dans 35 pays, cette coïnfection représente 2 à 15% des cas de LV. La période d'incubation de la LV est de 2 à 6 mois. Après cette période, le patient présente des symptômes et des signes d'infection systémique persistante (fièvre, fatigue, faiblesse, perte d'appétit et perte de poids) et de l'invasion parasitaire du sang et du système réticuloendothélial (inflammation des ganglions lymphatiques, de la rate et du foie) (Reithinger *et al.*, 2007).

La fièvre est en général récurrente avec deux états transitoires par jour ; la fièvre persistante est moins commune. Un symptôme présenté par des patients en Inde est l'hyperpigmentation, ce qui est à l'origine du nom « kala-azar » (fièvre noire en indhi). Avec la progression de la maladie, on voit apparaître des ulcérations intestinales, associées à des hémorragies et d'autres complications à cause de l'anémie ou une septicémie qui peuvent provoquer la mort. La LV est fulminante chez les patients atteints du SIDA, l'efficacité du traitement est alors très basse quelque soit le type de médicament utilisé (Bailey, 2007).

I.7. Diagnostic de la leishmaniose

Le vaste spectre clinique de la leishmaniose a souvent amené les chercheurs à trouver plusieurs façons de l'identifier et de la différencier des symptômes provoqués par d'autres maladies communes dans les zones endémiques de la leishmaniose (comme la lèpre, les cancers de peau, la tuberculose et les mycoses cutanées). Les méthodes utilisées (tableau 2) pour le diagnostic de la leishmaniose sont divisées en méthodes d'isolement et en méthodes immunologiques (Cabanillas, 2011).

Tableau 2. Les méthodes de diagnostic de la leishmaniose (Morin, 2011).

Méthodes de diagnostic		Leishmaniose cutanée	Leishmaniose viscérale
Isolement	Direct(microscopique)	-Coloration Giemsa, immunoperoxydase, anticorps Monoclonaux -Culture des tissus	
	Indirect(détection du génome)	PCR	
Immunologiques		-Test de Monte negro	-Techniques d'agglutination -Immunofluorescences indirecte -ELISA -Western-blot -Test immunochromatographique

La détection au microscope est la méthode habituellement utilisée pour le diagnostic des deux types de leishmaniose. La sensibilité de cette technique est faible dans le cas de la LV (55-97%) tandis que pour la LC, elle est d'une utilité limitée aux cas de lésions chroniques. Une autre option est la culture de tissus dans un milieu spécial [Schneider *Drosophila* ou Novy-MacNeal-Nicolle (NNN)] suivie d'une inoculation d'animaux comme les hamsters.

L'ADN de *Leishmania* peut être aussi détecté par réaction en chaîne par polymérase (PCR). Cette méthode est normalement utilisée pour choisir la thérapie appropriée, le mode d'administration, le dosage et la durée de traitement.

Plusieurs tests qui détectent certains anticorps anti leishmaniens spécifiques de la LV ont été développés, mais tous ont deux limitations importantes. D'abord, même quand les niveaux d'anticorps dans le sérum diminuent après un traitement réussi, ils restent détectables pendant plusieurs années après la guérison. En second lieu, une proportion significative d'individus en bonne santé (sans histoire précédente de LV) vivant dans des secteurs endémiques sont positifs (présence d'anticorps) du aux infections asymptomatiques.

Des tests sérologiques basés sur la fluorescence indirecte des anticorps (IFA), le dosage par immuno adsorption par enzyme liée (ELISA) et transfert de protéines (Western blot), ont montré leur intérêt dans la plupart des diagnostics mais ils sont difficiles à mettre en place sur le terrain parce qu'ils exigent un laboratoire bien équipé et un personnel spécialisé. Cependant, deux tests sérologiques, suffisamment validés, ont été spécifiquement développés pour leur utilisation sur le terrain ; le test d'agglutination directe (DAT) et le test immuno chromatographique basé sur l'anticorps rK39. Ces deux tests enregistrent une sensibilité et une spécificité entre 93 et 100%. La faible production d'anticorps dans la LC rend sa détection très

difficile. Une méthode alternative pour sa détection est le test de Montenegro. Ce test mesure la réaction d'hypersensibilité retardée à un antigène préparé à partir d'une culture de différentes espèces de *Leishmania* (Piscopo *et al.*, 2007).

I.8. Traitements actuels contre la leishmaniose

La leishmaniose se manifeste de différentes manières ce qui conditionne le traitement à suivre (posologie, voie d'administration) et l'efficacité de celui-ci. Parmi les composés les plus utilisés pour combattre toutes les formes de leishmaniose, se trouvent ; les antimonies pentavalents, l'amphotéricine B, la pentamidine et la miltéfosine. La bonne efficacité de plusieurs de ces traitements a été montrée mais la haute toxicité associée en limite l'usage, raison pour laquelle la recherche des nouvelles substances continue. Un facteur important dans le choix du traitement est le coût et l'accès à ces médicaments car la leishmaniose touche la population la plus pauvre du monde et les traitements ne se trouvent pas facilement. Les traitements actuellement disponibles pour la leishmaniose sont l'Antimonies pentavalents (Cabanillas, 2011), utilisés depuis plus de 50 ans, et considérés comme des médicaments de première ligne, restent aujourd'hui les plus utilisés. Il existe deux présentations commerciales de SbV auxquelles sont attribuées une efficacité similaire :

L'antimoniate de méglumine (Glucantime) avec une teneur de 85 mg SbV/ml et les tibogluconate de sodium (Pentostam®) avec une teneur de 100 mg SbV/ml.

Pour la maîtrise de la leishmaniose humaine, plusieurs méthodes sont envisageables, qui visent d'une part, la réduction du nombre d'infections (donc de l'incidence), d'autre part, l'élimination des animaux malades.

Réduire les populations de phlébotomes, c'est une méthode de prophylaxie assez décevante. Cependant, l'utilisation de moustiquaires, ainsi que d'insecticides à l'intérieur des maisons n'est pas inutile. Le maillage des moustiquaires doit alors être choisi plus fin que celui des moustiquaires classiques.

La vaccination contre les agents pathogènes parasitaires demeure difficile, du fait de la complexité du cycle parasitaire et de la réponse immunitaire de l'hôte, ainsi que des capacités du parasite à échapper pour cette réponse immunitaire. (Tulasne, 2009 ; Crampton et Vanniasinkam, 2007 ; Campos-Neto, 2005). L'OMS s'engage à encourager la recherche sur la lutte contre la leishmaniose, notamment en matière de lutte contre les vecteurs et les réservoirs et l'évaluation des mesures de lutte.

Chapitre II

Le Réservoir de la leishmaniose cutanée

Chapitre II : Le Réservoir de la leishmaniose cutanée

Le risque leishmanien sera probablement plus important avec les modifications de l'environnement, qui créent des nouveaux gîtes des mammifères réservoirs de la maladie, seuls les mammifères ont été à ce jour trouvés porteurs de protozoaires, appartenant au genre *Leishmania* pathogènes ou non pour l'homme. Ils peuvent être réservoirs ou hôtes accidentels pour le parasite et diffèrent selon les régions. En fonction de l'hôte il est admis de distinguer des cycles primaires et secondaires zoonotiques, dans lesquels respectivement des mammifères sauvages et domestiques interviennent en tant que réservoirs, dans ce cas l'affection humaine peut prendre un caractère endémo-épidémiologique. En Algérie, deux zones bioclimatiques distinctes au sud, à l'étage aride, sévit la forme endémo-épidémique dont les principaux réservoirs sont *les rongeurs* et au nord, à l'étage sub-humide, s'observe une forme endémique dont le réservoir est le chien.

II.1. Généralités

Les leishmanioses sont des maladies principalement zoonotiques, les mammifères vertébrés jouent un rôle majeur dans la pérennité de l'infection. Il existe cependant certains foyers où l'homme est le seul réservoir de parasite constituant alors avec le vecteur un cycle anthroponotique ou tertiaire, c'est le cas du Kala-azar du Maroc (Dedet, 1999).

Plusieurs vertébrés peuvent être porteurs de protozoaires appartenant au genre *Leishmania*. Hormis certaines espèces de lézards, tous les hôtes qu'ils soient accidentels ou naturels appartiennent à la classe des mammifères (Costa *et al.*, 2009).

Un réservoir de parasites de *Leishmania* est considéré comme un système écologique, dans lequel la population de parasites peut rester indéfiniment. Ce système est constitué par un petit nombre d'espèces de vecteurs et un petit nombre de vertébrés. Normalement, il existe un seul hôte pour une espèce de *Leishmania* dans un secteur déterminé. Il est possible que d'autres mammifères vivant dans le même biotope puissent être infectés, mais ces hôtes accidentels n'ont pas de rôle dans la survie à long terme de la population de parasites (Menne, 2006).

La notion de réservoir implique de la part de l'agent responsable une pathogénicité modérée vis-à-vis de son hôte préférentiel. Celle-ci résulte d'un état d'équilibre entre l'agent pathogène et les mécanismes de défense de l'organisme qui l'héberge. Un vrai réservoir doit pouvoir permettre la survie du parasite jusqu'à la prochaine saison de transmission et être infestant pour le vecteur (Cherif, 2014).

Les réservoirs naturels de *Leishmania* sont des mammifères domestiques ou sauvages, chez lesquels le parasite colonise les cellules du système des phagocytes mononucléés. Les mammifères réservoirs des leishmanias appartiennent à divers ordres ; carnivores, rongeurs, marsupiaux, édentés, primates ou périssodactyles (Mouloua, 2014). Dans certains cas, l'homme est l'unique réservoir du parasite (Dedet, 2009).

II.2. Réservoirs zoonotiques

Les hôtes réservoirs des leishmanioses zoonotiques sont des animaux sauvages et des animaux domestiques tels que :

a) **Les canidés** : parmi lesquels, le chien joue le rôle de réservoir principal de la leishmaniose viscérale à *L. infantum* dans le bassin méditerranéen, en Amérique du sud et centrale et en extrême Orient. Par contre le rôle du chien dans la transmission de la leishmaniose tégumentaire est assez mal connu. Cependant on le suspecte fortement comme étant le réservoir des parasites dermatropes du complexe *L. infantum* (Benikhlef *et al.*, 2009).

Les canidés sauvages comme le chacal (Bessad *et al.*, 2012) et le renard (Rioux et Golvan, 1969) ont également été retrouvés infestés.

La leishmaniose féline a été rapportée pour la première fois en Algérie par Sergent *et al.* (1926), Djoudi *et al.* (2010) avaient diagnostiqué 26 chats positifs par test chromatographique sur un total de 50 animaux provenant de la fourrière d'Alger. En France Venet en 2007, trouve 8 chats positifs à l'immunofluorescence indirecte sur un total de 26. La leishmaniose féline est décrite avec une séroprévalence faible comme en Espagne (Ayllon, 2008) et en Grèce (Diakou, 2009), ou par contre avec une séroprévalence (39 à 59%) comme en Italie (Pennisi, 1999).

b) **Autres rongeurs** tels que :

- Cricetidés (*Arvicanthis*), c'est des compagnols qui courent ont une morphologie plutôt ronde. Leur tête se distingue peu du corps des animaux très fréquents en France aussi qu'en Europe
- Gliridés (Loirs et lérots), sont une famille de rongeurs regroupe 28 espèces, de tailles moyennes appelés loirs, lérots, lérotins...etc.

c) **Autres mammifères** tels que le Tapir et l'Hérisson.

Seuls les mammifères ont été à ce jour trouvés porteurs de protozoaires appartenant au genre *Leishmania* pathogènes pour l'homme.

Dans l'ancien monde, 37 espèces ont été trouvées infestées par des leishmanias appartenant à 8 complexes leishmaniens. Dans le nouveau Monde, 25 espèces sont porteurs de

leishmanies appartenant à 7 complexes du sous genre *Leishmania* ; quant au sous genre *Viannia*, 7 complexes ont été identifiés chez 26 espèces (Wery, 1995).

II.2.1. Les rongeurs

Les rongeurs ont une distribution géographique naturelle qui couvre le monde entier (Souttou, 2012 ; Aulagnier et Thevenot, 1986). Cet ordre est également le plus diversifié, si on doit tenir compte des caractéristiques morphologiques, des aptitudes physiques ainsi que des différents milieux qu'occupent ces animaux (Ouzaouit, 2000). Certaines de ces espèces sont responsables d'importantes pertes de vies humaines car elles jouent le rôle de réservoirs d'agents causaux de perturbations pathologiques chez l'homme. La transmission des maladies s'effectue de plusieurs façons, soit directement par contact ou par morsure, soit indirectement par l'intermédiaire des piqûres dues à leurs parasites externes ou par leurs excréments qui souillent les aliments (Ouzaouit, 2000). Il a été démontré, à l'échelle mondiale que les rongeurs endommagent jusqu'à 25 % des produits alimentaires cultivés par l'homme chaque année et 40% des stocks de riz et autres céréales. Les rats consomment environ 10% de leurs poids de céréales et autres produits alimentaires chaque jour (Ameur, 2000). Mise à part l'étude réalisée par Adamou-Djerbaoui *et al.* (2010) dans la région de Tiaret située à 300 Km à l'Est d'Alger, peu de données concernant les rongeurs des régions steppiques d'Algérie se retrouvent dans la littérature (Souttou *et al.*, 2012).

Les hôtes, réservoirs habituels de la leishmaniose sont essentiellement les rongeurs (*Rodentia*, *Muridae* et *Gerbillinae*), *Psammomysobesus* (Belazzoug, 1983), *Meriones shawi* (Belazzoug, 1986a), *Rhombomysopimus* (Latyshev et Krujukova, 1941), *M. shawien* Afrique du nord (Rioux *et al.*, 1982), *M. libycus* Arabie saoudite, Iran, Jordanie, Libye, Tunisie et Ouzbekistan (Desjeux, 1991), *M. hurricanae* Inde (Peters *et al.*, 1981). Quant à *M. persicus* il est très fortement suspecté en Iran (Edrissian *et al.*, 1975). *Arvicanthis niloticus*, (*Muridae* et *Murinae*) serait le réservoir de *L. major* au Soudan, en Ethiopie ainsi qu'au Sénégal (Chance *et al.*, 1978) et *Tateranigriscauda* (*Muridae* et *Murinae*) sont également impliqués (Dedet *et al.*, 1982). Concernant la leishmaniose cutanée zoonotique d'Afrique du nord et du Proche Orient, le réservoir primaire est constitué par des rongeurs sauvages, principalement par *P. obesus* (Rioux *et al.*, 1993 ; Rioux *et al.*, 1990b ; Belazzoug, 1983) qui occupe les régions steppiques à sol limono-sableux riche en sels, favorable au développement des chénopodiacées constituant l'alimentation de base de ce rongeur. Sur les sols plus durs, notamment les éboulis rocheux, *Ctenodactylus gundii* est suspecté de jouer ce rôle. En Tunisie, Jaouadi *et al.* (2011) ont détecté chez cette dernière espèce, le parasite *L. killicki* par biologie moléculaire. Dans les terrains

cultivés, autour des habitations et dans les décharges publiques, *M. shawi* et *M. libycus* assurent le rôle de réservoirs secondaire de la maladie (Ashford *et al.*, 1992).

Les rongeurs du désert des espèces *M. shawi*, *R. opimus* et *P. obesus* offrent des habitats idéaux pour les phlébotomes (dans leurs terriers humides et relativement frais).



Figure 7. Rat noir (*Rattus rattus*) (Grojean, 2001).

Vivent autours ou à côté des maisons et se nourrissent à l'intérieur. Ils sont en permanente relation avec l'homme et les animaux domestiques élevés par l'homme, ce qui favorise la transmission des maladies microbiennes et parasitaires tel que ; *R. norvegicus* et *R. frugivorus* (Ameur, 2003).

II.2.1.1. Les rongeurs des champs

Parcourent les champs et les plaines voisines en ravageant les cultures installées.

****Meriones shawi***

Les mériones mâles en activité sexuelle apparaissent à partir de fin novembre et début décembre. Les femelles gestantes sont piégées dès le début du mois de janvier et forment la plus grande partie des femelles en activité reproductrice durant la saison d'hiver et le début du printemps. Elles cèdent leur place à la femelle allaitante au fur et à mesure que la période de reproduction tend vers sa fin Juillet-Aout (Ouzaouit et Messaoudi, 1984).

La femelle peut être gestante dès 11-13 jours, le mâle peut se reproduire à partir de 30 jours, la gestation dure 19-21 jours, la femelle a 3-4 portées de 5 jeunes par an, ils naissent nus et aveugles et le sevrage débute vers 20 jours.

Les pullulations de campagnols sont cycliques, tous les 3-5 ans. La densité de population peut atteindre plus de 1000 individus/hectare. Elles ont lieu après plusieurs années favorables (hivers doux et nourriture abondante). Après un pic, les populations s'effondrent brusquement

(10 individus/hectare) avant de remonter lentement. La longévité du campagnol des champs varie de 1 à 3 ans (Grojean, 2001).

Les conditions climatiques jouent sur la mortalité, notamment quand l'hiver est rude et que les ressources alimentaires sont inaccessibles. La pression des prédateurs et le parasitisme ont aussi une influence, ils interviennent directement sur le taux de mortalité des jeunes et interviennent indirectement en augmentant le stress de l'animal et en diminuant ses capacités immunitaires.

II.2.1.2. Les rongeurs sauvages

Ces derniers sont indépendants de l'homme et présentent des hôtes de toutes sortes de parasites pour les animaux qui pâturent dans leurs écosystèmes (bovins, ovins et camélins) (Ameur, 2003).

****Psammomys obesus***

La reproduction aura lieu d'avril à septembre mais des jeunes peuvent naître en hiver. Les mâles sont aptes à se reproduire à 40 jours et les femelles dès 28 jours, l'urine des mâles accélère la puberté des jeunes femelles. En général, ils se reproduisent l'année de leur naissance.

La gestation dure 20-28 jours, la femelle a 2 à 5 portées de 3 à 6 petits, ils naissent nus et aveugles, seule la femelle s'en occupe et ouvrent les yeux à 9-10 jours. Le sevrage débute à 14 jours. Leur pelage est plus foncé que celui des adultes. Localement, il pullule tous les 3-5 ans, la densité varie donc de 2 à 300 animaux/hectare (Abramov et Baryshnikov, 2000).

Les campagnols ont de nombreux prédateurs, citons les rapaces diurnes (buse, faucon crécerelle ...), les rapaces nocturnes (chouette effraie, hibou moyen duc, chouette hulotte ...), les reptiles, les mustélidés, le renard, le chat sauvage ainsi que les carnivores domestiques.

Il faut préciser que la belette, grâce à sa petite taille, se glisse dans les galeries et atteint les jeunes au nid, parfois la femelle gestante (Rodrigues *et al.*, 2016).

II.2.1.3. Ecobiologie des rongeurs réservoirs de la leishmaniose cutanée en Algérie

Les rongeurs des milieux désertiques algériens ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche depuis le siècle dernier. Les travaux de Lataste (1885) ont contribué à la connaissance de la majorité des rongeurs qui occupent les régions arides et sahariennes. D'autre part le manque d'eau ainsité certains rongeurs de puiser leurs besoins dans les végétaux qui accumulent ce liquide vital absent en permanence, citant le cas des gerbilles adaptées aux pénuries d'eau dans le désert (Peter, 1961).

II.2.1.4. Dégâts Agro-économiques et sanitaire des rongeurs

a. Nuisibilités des rongeurs en agriculture

Les rongeurs cosmopolites ou anthropophiles comme le rat des champs (*Meriones shawi*), le rat noir (*Rattus rattus*), le surmulot (*Rattus norvegicus*) et la souris domestique (*Mus musculus*), forment deux groupes de rongeurs susceptibles de poser de sérieux problèmes aux différentes spéculations agricoles, aux pâturages, aux produits entreposés et à la santé humaine et animale ; signalant aussi, le rat des sables (*Psammomys obesus*) et plusieurs espèces de Gerbilles (Sicard, 1992).

L'ampleur des dégâts est fonction des effectifs des populations de ces rongeurs. Les dégâts les plus importantes sont ceux infligées à la céréaliculture, les cultures maraîchères la culture de l'arachide et en arboriculture en année de pullulation de ces petits mammifères (Piquema et Toussaint, 1991).

Les rongeurs de la famille des Gerbillidés précisément *M. shawi* (granivore), tandis que *P. obesus* est strictement végétarien, son régime alimentaire comporte essentiellement des plantes halophiles, il se nourrit de chénopodiacées et peuple les régions des chotts et sebkha, *P. obesus* a une activité diurne, *M. shawi* quant à lui, a une activité nocturne et une grande aire vitale, il circule loin de son gîte à la recherche de graines, c'est-à-dire qu'il doit avoir la mémoire des lieux parcourus et le sens de l'orientation. La densité de peuplement étant en rapport avec la quantité des ressources disponibles pour nourrir les individus, ils doivent pouvoir vivre isolément les uns loin des autres, d'où leur faible densité de peuplement en période de sécheresse (Petter, 1961).

Ces rongeurs écorcent les jeunes arbres, fréquemment ils rongent l'écorce des parties du tronc en se dressant sur leurs pattes postérieures et l'arbre s'affaiblie et meurt (Bang, 1999).

L'importance des pertes est fonction des effectifs de populations de ces rongeurs et n'hésitent pas à endommager des installations électriques et attaquer des matériaux d'équipement. Ils peuvent être aussi des vecteurs de maladies transmissibles à l'homme et aux animaux domestiques (peste, typhus, leishmanioses...etc) (Petter, 1987).

b. Importances sanitaires (risques des réservoirs)

Les rats véhiculent différentes maladies dangereuses et redoutables pour l'homme. Les moyens de transmission principaux sont les déjections, les puces ou les morsures directes (Blancon, 2000).

Les déjections : Les déjections des rats sont infestées de germes très pathogènes, telles que :

- Le typhus murin, les toxi-infections à salmonelles, la leptospirose ; qui affecte fréquemment les agriculteurs en causant dans certains cas le décès.

Les puces : Les puces parasitent le rat transmettant ainsi la peste (Petter, 1963) telles que :

- La peste bubonique, qui est fréquente et moins grave,
- La peste pulmonaire, très mortelle après 2 à 4 jours d'infection,
- La peste septicémique, qui est aussi mortelle après 2 à 3 jours.

Les morsures directes : Fatales, les morsures de rats peuvent infliger une septicémie bactérienne ou virale telle que la rage (Petter, 1963).

Maladies bactériennes

- La maladie de Lyme : est due à *Borrelia burgdorferi* répandu en Amérique du nord, en Europe et en Australie. Cette maladie est transmise par les tiques de la famille des Ixodidae. Le rongeur réservoir inculpé aux USA appartient à l'espèce *Peromyscus leucopus*.
- La leptospirose : est transmise à l'homme par l'eau contaminée avec l'urine des animaux infectés. Les rats le sont particulièrement et spécialement l'espèce *Rattus norvegicus* considéré comme le réservoir le plus connu.
- La peste : est causée par la bactérie *Yersinia pestis*, la source la plus fréquente de la maladie chez l'homme était les piqûres des puces infectées (surtout *Xenopsylla cheopsis*). La maladie se trouve en Afrique, Asie et en Amérique. Divers réservoirs sont inculpés, tel que *Rattus norvegicus* et *Rattus rattus*, sont les plus communs des hôtes urbains (Boudrissa *et al.*, 2006).
- Les fièvres récurrentes dont les agents pathogènes sont transmis à l'homme par les tiques Argasides. Parmi elles nous citons
 - Rickettsioses : (Typhus murin) maladies cosmopolites transmises par *Rattus norvegicus* et *Rattus rattus*.
 - La fièvre pourprée des montagnes rocheuses : qui est transmise par les rongeurs appartenant aux genres *Microtus*, *Peromyscus*, *Sigmodon* et *Spermophilus*.
- Les Salmonelloses sont généralement transmises par les rats vivants dans les élevages aviaires (OMS, 1993).

Maladies parasitaires

- Les leishmanioses (cutanées et viscérales) sont transmises par les phlébotomes des hôtes tels que les gerbilles (*Psammomys obesus* et *Arvicanthis niloticus*) et diverses espèces de *Mériones*, *Oryzomys*, *Proechimus*, *Akodon* et certains canidés (Rioux *et al.*, 1986).
- La maladie de chagas due au *Trypanosoma cruzii*, est transmise de plusieurs hôtes vertébrés à l'homme par des triatomes (Blancon, 2000).

II.2.1.5. La lutte contre les rongeurs

La lutte contre les rongeurs est adoptée par l'homme depuis l'antiquité. Les moyens classiques employés étaient les pièges et le poison, cependant l'utilisation des poisons est néfaste pour l'homme et les animaux d'élevage, ces moyens sont déconseillés vue leurs atteintes à l'environnement et à la sante de l'homme (Le Louarn *et al.*, 1977).

II.2.1.5.1. La lutte préventive

Elle consiste en une lutte contre les rongeurs anthropophiles pullulant dans les battisses de l'homme et visant à détruire les nids de ces animaux :

Le « Rat-proofing » des anglosaxons, c'est-à-dire la mise des constrictions à l'épreuve des rats. Des mesures d'ordre et de propreté, jointes à l'emploi judicieux de matériaux durs (grillage, métal en plaque, ciment lisse, etc...) tentant ainsi à transformer le milieu hostile pour ces rongeurs. Ces techniques sont très efficaces contre le surmulot, le rat noir et même la souris domestique, néanmoins leurs applications sont difficiles et si compliquées (Gauffre, 2008).

Mesures d'hygiène : Ces mesures sont indispensables pour réduire les abris et les sources de nourritures accessibles aux rats. Elles sont aussi coriaces dans les habitats que dans les champs et cultures (Arroub, 2000). Le contrôle des populations de rongeurs dans le milieu urbain est si difficile du fait de l'infestation permanente par les rongeurs sauvages ou commensaux des zones de cultures agricoles voisines, pour éviter tout cela il faut utiliser les démarches suivantes :

- **Méthodes mécaniques :** Les méthodes mécaniques appliquées touchent les terriers et surtout l'installation de fausses autours des cultures, la mise de bandes métalliques autour des arbres fruitiers et ornementales et l'emplacement de pièges adéquats, hélas l'emploi de ces techniques est limité à cause de leurs faibles rentabilités (Bachar, 2015).
- **Les pratiques culturelles immédiates :** L'effet mécanique de certains outils (charrue et déchaumeuse) inflige une forte mortalité de campagnols par ou lors du brûlage des pailles et chaumes ; en rendant le milieu inhospitalier (par diminution des réserves alimentaires, suppression des abris et refuges).

L'élimination rapide des chaumes et repousses après récolte et l'enlèvement des pailles :

- La conduite et l'entretien des prairies.
- La remise en culture de terres en fraîches (Greaves, 1985).

II.2.1.5.2. La lutte curative

a. La lutte physique

Piégeage : Il y a des rongeurs qui se piègent aisément, d'autres s'attrapent difficilement, que si on tient compte de leurs mœurs particuliers ; tel est le cas du surmulot et du Rat noir en raison des phénomènes de néophobie et de méfiance qu'ils utilisent. Aussi, le piégeage n'est efficace que contre quelques rares espèces telles que le rat musqué, mais qui est très sensible devant l'empoisonnement. Il est très efficace pour détruire le campagnol terrestre par manque de procédé meilleur ! (Le Louarn *et al.*, 1977).

Colmatage : Cette technique est très utile pour connaître les effectifs de rongeurs nuisibles pour les cultures diverses. Elle consiste à compter les terriers sur une surface donnée, à les reboucher légèrement et à dénombrer après 48h les issues rouvertes (issues actives) (Arroub, 2000).

Inondation des terriers : En utilisant de l'eau mais elle est couteuse surtout dans les grandes superficies. Le piégeage par inondation des terriers s'effectue par injection passive d'eau de citerne. Le terrier est inondé à l'aide d'un gros tuyau introduit dans ce dernier pendant que le reste des trous sont maintenus obstrués par de large sac en plastic a l'aide des ouvriers.

b. La lutte Chimique

La destruction par toxiques est la méthode la plus répandue pour les opérations de grande ampleur. Les toxiques violents ne sont plus utilisés ou alors de façon très réglementée. Ils ont été substitués par des produits présentant moins de risques pour l'utilisateur et pour l'environnement.

Les appâts empoisonnés : Cette technique n'est toujours pas adéquate pour les écosystèmes, elle peut induire des séquelles irréversibles aux seins de l'environnement. Le choix du poison, de l'appât, du dosage serin et la méthode de présentation des appâts empoisonnés, sont autant de problèmes que nous sommes loin de savoir résoudre pour toutes les espèces. Les grandes tendances actuelles dans le choix des toxiques telles que le phosphure de zinc présentant une forte toxicité contre les campagnols et mulots. Le chloralose-alpha s'est avéré un toxique mortel également (Cherif, 2014)

Les rodenticides incorporés à des appâts les plus utilisés sont classés parmi les composés à toxicité chronique. Les raticides chroniques sont pour la plupart des anticoagulants. Les matières actives les plus utilisées sont les suivantes : Coumatetralyl, Difénacome, Chlorofacinone, Brodifacome, Bromadiolone. Ces campagnes de luttes collectives sont mises en œuvre avec la mobilisation du plus grand nombre d'usagers, qui peuvent également s'approvisionner en doses de raticide en fonction de leurs besoins (Arroub, 2000).

La lutte chimique est à utiliser correctement pour minimiser les effets sur les espèces non cibles dont les régimes alimentaires sont proches. L'empoisonnement direct est évité si les appâts ne sont accessibles qu'aux animaux cibles. Ils seront placés dans des endroits spécifiquement visités par les rongeurs visés. Ils pourront aussi être protégés par des boîtes à appâts.

Les gaz toxiques : Plusieurs méthodes qui se basent sur l'injection de gaz toxiques aux ouvertures des terriers actifs s'avèrent très efficaces et qui utilisent certains gaz tels que ; l'acide cyanhydrique, l'anhydride sulfureux, le sulfure de carbone. Seulement, l'emploi du phosphore d'hydrogène persiste et reste utilisé dans deux cas bien déterminés ; la destruction du hamster et celle du campagnol terrestre (formes souterraines) (Duplantier et Quere, 2007).

Cependant toutes ces pratiques de lutte restent relatives aux proliférations de ces mammifères ravageurs et réservoirs de zoonoses dans le monde, il faut procéder à des études et recherches de haute technologie afin d'assurer un certain control des populations existantes.

Le piégeage : Le piégeage peut être une alternative à la lutte chimique, il permet de réguler certaines populations locales. C'est une méthode adaptée pour de petites surfaces, même si des agriculteurs ont réussi à endiguer les pullulations de campagnols et à sauver les récoltes dans tous les cas, même après l'intervention d'un piègeur, il y aura des mesures à prendre pour éviter le retour de l'indésirable.

Il y a 6 catégories de pièges autorisés :

1. Les boîtes à fauves et les nasses,
2. Les pièges à mâchoires ayant pour objet de tuer net l'animal,
3. Les collets à arrêtoir,
4. Les pièges à lacets,
5. Les assommoirs pour lesquels seul le ministre peut délivrer une autorisation à la demande du préfet,
6. Les pièges entraînant la mort de l'animal par noyade.

II.2.1.5.3. La lutte biologique

Le concept de la lutte biologique sous sa forme « scientifique » contre les ravageurs est connu pratiquement depuis plus d'un siècle. Pendant cette période, des efforts considérables ont été réalisés pour développer cette méthode de la lutte contre les ravageurs (Hoffmann *et al.*, 1994). Il existe de nombreuses définitions de la lutte biologique mais nous nous en tiendrons à une définition générale telle que celle proposée par Van Driesche et Bellows (1996) ; « La lutte biologique est un processus agissant au niveau des populations et par lequel la densité de population d'une espèce est abaissée par l'effet d'une autre espèce qui agit par prédation, parasitisme, pathogénicité ou compétition ». La lutte biologique est donc l'utilisation d'organismes vivants dans le but de limiter la pullulation et/ou la nocivité des divers ennemis des cultures (rongeurs, insectes, nématodes, maladies des plantes et mauvaises herbes) (Altieri *et al.*, 2005 ; Jourdeuil *et al.*, 2002 ; Eilenberg *et al.*, 2001 ; Vincent et Coderre, 1992). Cela implique que nous avons affaire à des systèmes biologiques complexes qui varient dans le temps et dans l'espace (FIMAB, 2004).

La lutte biologique se base sur la régulation préventive et durable d'importants ravageurs par leurs ennemis naturels. Cette interaction se base alors sur trois éléments : le ravageur, l'auxiliaire et son habitat (Boller *et al.*, 2004).

Cependant la lutte biologique contre les rongeurs nuisibles est très importante pour protéger la santé humaine et éviter des pertes économiques (Arroub, 2000).

II.2.1.5.3.1. Les prédateurs

Les prédateurs tuent et consomment leurs proies, heureusement que la plupart des prédateurs sont protégés par la loi, ce qui laisse ces derniers très utiles contre les rongeurs nuisibles, car ce sont les proies de choix pour ces prédateurs (Vipère à cornes, Fennec, Rapaces, Renard Famélique et Chat des sables) (fig. 8).

Les prédateurs sont généralement plus grands que leurs proies (Boller *et al.*, 2004 ; Van Driesche et Bellows, 1996 ; Vincent et Coderre, 1992).

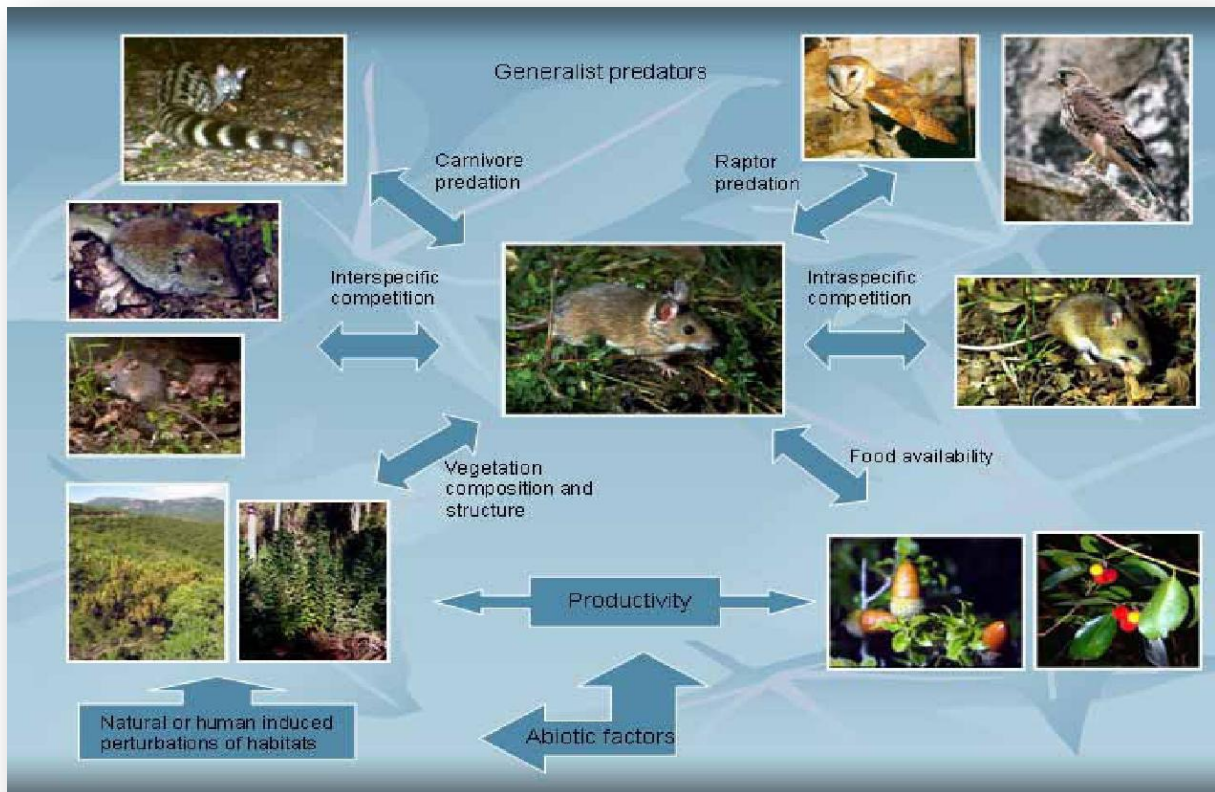


Figure 8. Distribution de la dynamique des populations et niche écologique dans le bassin méditerranéen (Bechar, 2015).

II.2.1.5.3.1.1. La belette (*Mustela*)

A. Généralités

Mustela et Mustélidés viennent du nom latin *mustela* qui signifie belette, *nivalis* est un mot latin signifiant neige (Grejean, 2001).

La belette se trouve dans toutes les régions froides et tempérées de l'hémisphère nord, rencontrée dans presque toute l'Europe jusqu'à l'Oural, au bord de la Méditerranée (en Afrique du nord et en Egypte), en Amérique du Nord (du Canada au centre des USA) ainsi qu'au nord de l'Asie. Grâce aux hommes, elle a colonisé les îles Méditerranéennes vu leur vaste répartition géographique, on remarque qu'elles ont su s'adapter à des milieux très diversifiés ; plaine, montagne, forêt mixte, toundra, taïga, steppe désertique et région méditerranéenne. Elles ont été introduites en Nouvelle-Zélande pour contrôler les populations de lapins arrivés avec l'homme à la fin du 19^{ème} siècle (Lebarbenchon, 2010).

La belette (fig. 9) est le plus petit mammifère carnivore de la planète. Toutefois, il existe des variations de taille suivant les régions et le sexe. Les plus petites sont dans les Alpes et en Amérique du Nord, les plus grandes sont autour de la méditerranée. Le dimorphisme sexuel est très marqué, le mâle est plus grand que la femelle (De Marinis et Masseti, 2003).



Figure 9. Belette (Grejean, 2001).

Le corps de la belette est cylindrique mince et allongé, la tête et le corps mesurent de 16 à 25 cm, la queue de 4 à 6 cm, pour un poids de 40 à 140 g. Les pattes sont courtes, munies de griffes non rétractiles, la tête est grossièrement triangulaire et assez plate, les oreilles sont petites et rondes, les yeux sont noirs et légèrement saillants.

Le pelage d'été de la belette est brun roussâtre sur le dos et blanc sur le ventre, la queue de la belette est cylindrique et de la même couleur que le dos sans pinceau terminal foncé.

Ils sont rares et ils sont difficiles à distinguer, les crottes sont semblables, mesurent de 3 à 6 cm de long et 2-3 mm de diamètre. Elles sont formées de poils, plumes et morceaux d'os. Elles sont cylindriques, plus ou moins torsadées et effilées à une extrémité.

La piste n'est pas facile à suivre et les empreintes des pattes antérieures de la belette mesurent 1,3x1,0 cm et celles des pattes postérieures 1,5x1,3cm. (Lebarbenchon, 2010)

B. Habitat

L'habitat de la belette est très varié, dans tous les milieux partout où il y a des proies et des abris (prairies, champs, bois, plaine ou montagne jusqu'à 3000 m dans les alpes). Elle est moins nombreuse là où les petits rongeurs sont rares.

Elle fréquente les lisières, les haies du bocage et les murets, même survivre dans les plaines céréalières si les proies sont assez nombreuses (McDevitt *et al.*, 2012).

C. Comportement

La belette est un animal plutôt nocturne, son activité n'est pas continue. A une phase d'activité de 10 à 45 min, succède une phase de repos au gîte d'environ 4 heures pendant laquelle elle dort. Elle n'hiberne pas au printemps, l'activité du mâle est plus accentuée et la femelle gestante ou allaitante reste au gîte.

L'activité diurne est plus accentuée l'été que l'hiver, le temps passé hors du gîte est influencé par la température extérieure et l'humidité. Les périodes de chasse sont plus longues

quand les proies sont rares. La belette a plusieurs gîtes dispersés sur son domaine vital, qui varie de 1 à 4 hectares pour une femelle et de 7 à 15 hectares pour un mâle. Sa taille dépend de la saison et de la nourriture disponible à l'intérieur de son domaine (Grejean, 2001).

D. Régime alimentaire

Les besoins alimentaires quotidiens d'une belette adulte représentent un tiers de son poids, cela représente de 1 à 2 campagnols par jour, ils augmentent jusqu'à 60% pour les animaux plus petits. Elle doit manger toutes les 24 heures pour ne pas mourir de faim, ceux de l'hermine représentent 23% du poids du mâle et 14% du poids de la femelle. Le régime alimentaire varie selon les saisons, il est lié aux fluctuations des populations de petits rongeurs. Secondairement, elles se nourrissent d'oiseaux, d'œufs et de jeunes lapins et elles ne mangent pas de végétaux.

Quand elles chassent, elles ont des mouvements erratiques, elles font de brusques crochets, ce comportement serait un moyen de défense face aux prédateurs terrestres ou aux rapaces. Les femelles plus petites se glissent plus volontiers que les mâles dans les terriers des rongeurs de 2cm de diamètre.

Grâce à son mode de chasse souterrain, la belette exerce le contrôle le plus efficace sur la population de petits rongeurs. Elle capture un grand nombre de femelles gestantes qui se sauvent moins vite dans les galeries. Elle tue aussi beaucoup de jeunes en bas-âge qui sont surpris au nid. La mise à mort de sa proie se fait par morsure à la base du crâne (Lebarbenchon, 2010).

Une famille de belettes mange de 31 à 46 kg de viande par an soit 1240 à 1840 petits rongeurs par an. Les prises de nourriture sont fréquentes, environ 10 par jour. Elles ont l'habitude de tuer plus de proies que le nombre nécessaire pour couvrir leurs besoins immédiats. C'est un réflexe de chasse. Elles pourront mettre les campagnols tués dans un terrier et ainsi les protéger des autres prédateurs.

En hiver, l'accumulation de proies dans le terrier aide à la régulation de la température et assure une certaine protection contre le froid (Abramov et Baryshnikov, 2000).

E. Reproduction

La belette a 1 ou 2 portées par an de 4 à 6 jeunes. La croissance, le nombre de portées ainsi que le nombre de jeunes par portée dépendent de la disponibilité en campagnols, une densité de 10 à 15 campagnols par hectare est nécessaire à la reproduction (Grejean, 2001).

Les jeunes belettes nées au printemps peuvent se reproduire dès la première année, les mâles et les femelles sont matures à 3 mois. Chez la belette, l'ovulation est provoquée par l'accouplement qui est énergique et ressemble à une bataille. Les naissances chez la belette se produisent de juin à novembre après une gestation de 34 à 37 jours. A la naissance, les jeunes sont nus et aveugles, leur croissance est rapide, le sevrage commence à 3-4 semaines. Les jeunes restent 9 à 12 semaines avec leur mère, ils apprennent à maîtriser, tuer et dévorer des proies vivantes et le mâle ne s'en occupe pas car la femelle ne le tolère pas sur son territoire pendant cette période, donc les familles se séparent au bout de 10 semaines environ. Les jeunes se dispersent de juin à novembre (Lebarbenchon, 2010).

F. Mortalité

La mortalité des jeunes est élevée, de 75 à 80% la première année, de 80 à 90% la deuxième année

La longévité maximale est de 3-4 ans dans la nature et de 7 à 10 ans en captivité. Les carnivores de taille moyenne (le renard, le chien et le chat) les tuent mais ne les consomment pas toujours. Les rapaces les consomment comme le grand et le moyen duc ainsi que la chouette hulotte et les vipères sont aussi des prédateurs des belettes (Grejean, 2001).

G. Pathologies de la belette

Aucun des parasites qu'elles abritent n'est connu pour être transmissible à l'homme, à l'inverse de ceux des rongeurs qu'elles consomment (Rodrigues *et al.*, 2012).

Elles sont sensibles à différentes maladies virales, notamment la maladie de Carré du chien mais son impact est faible. Ce sont surtout les jeunes qui sont touchés. Les arbovirus sont nombreux ais sans impact sur l'espèce. Comme tous les mammifères, elles sont sensibles au virus de la rage, mais elles n'ont pas de rôle dans l'épidémiologie de la maladie.

H. Impact des mustélidés

Un nombre excessif de mustélidés n'a jamais été rapportée scientifiquement, contrairement aux pullulations de rongeurs régulièrement observées.

En revanche, ils limiteraient les effectifs des populations d'autres espèces « nuisibles » : lapin, pigeon et rat musqué (Lebarbenchon, 2010).

Les cultures microbiennes

Les épizooties spécifiques réalisées et qui décimerait les populations de rongeurs étaient une idée révolutionnaire. Cependant, les études effectuées ont montré certaines difficultés de réalisations mettant en jeux ces techniques (Faurie *et al.*, 2003). La France et l'U.R.S.S. sont à l'heure actuelle les deux seuls pays à autoriser l'utilisation des raticides de cultures microbiennes spécifiques. La souche utilisée en France sous le nom de « virus Pasteur » (anciennement ; virus Danisz) n'est appliquée que dans les bâtiments contre le surmulot et la souris grise (Arroub, 2000).

II.2.2. Le chien

Le chien, reste le principal réservoir de la leishmaniose en Algérie à *L. infantum* (Djerbouh *et al.*, 2005). La leishmaniose canine est de loin plus importante que la leishmaniose viscérale humaine. Une enquête ponctuelle effectuée dans la localité de Draa El Mizane en 1992 (foyer de grande Kabylie) a montré que 25% des chiens prélevés présentaient des anticorps spécifiques. La leishmaniose canine est de plus en plus fréquente à Alger, ce qui explique la survenue de cas de leishmaniose viscérale chez les enfants n'ayant jamais quitté la capitale. Cependant, il est tout indiqué actuellement de faire un dépistage beaucoup plus important pour situer la prévalence de la maladie chez le chien dans notre pays (Harrat *et al.*, 2009).

Chez le chien, c'est la forme amastigote qui est observée dans les vacuoles parasitophores (phagolysosomes) de cellules du système des phagocytes mononuclées (SPM) : histiocytes, macrophages (fig. 10) et les cellules de Kupffer. Les monocytes sont rarement parasités (Mouloua, 2014).

La leishmaniose à *L. infantum* a un cycle complexe, sa réalisation dépend de la présence du vecteur, le phlébotome et de l'hôte principal (l'homme ou le chien). Le parasite induit, chez l'hôte principal, des réponses variées allant de l'infection asymptomatique jusqu'à la leishmaniose viscérale.

Les parasites se retrouvent dans la peau, les nœuds lymphatiques, la moelle osseuse, le foie et la rate. La parasitémie est faible, plus rarement on peut également les retrouver dans le liquide de lavage broncho-alvéolaire ou le liquide céphalorachidien, cette diffusion variable au sein de l'organisme explique la variété des expressions cliniques existantes.

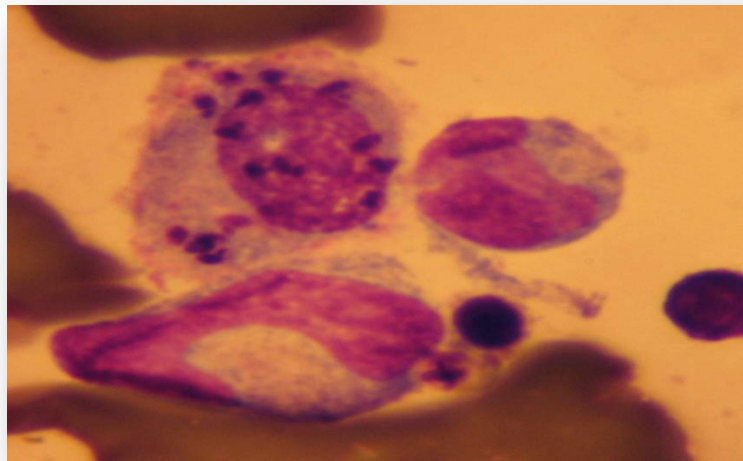


Figure 10. Amastigotes au niveau d'un macrophage par coloration de Giemsa (Boudoiseau, 2008).

II.2.2.1. Épidémiologie

Le chien est infecté par l'intermédiaire du phlébotome, une transmission vénérienne a été mise en évidence expérimentalement ; des amastigotes sont présents dans le sperme des chiens. Cependant, ce mode de transmission est extrêmement minoritaire par rapport à la transmission vectorielle (Silva, 2009).

De nombreuses études ne montrent aucune différence statistiquement significative entre les males et les femelles (Mehdi-Mohebbali *et al.*, 2005 ; Cardoso *et al.*, 2004 ; Franca-Silva *et al.*, 2003). D'autres études mettent en évidence une atteinte plus fréquente des males, cliniques ou séropositifs (Ciaramella *et al.*, 2005 ; Zaffaroni *et al.*, 1999 ; Slappendel, 1998). Bien que, la comparaison avec une population de référence n'est jamais faite.

La leishmaniose canine peut affecter le chien quel que soit son âge (Denerolle, 2003), même si les jeunes entre 3 et 7 ans sont plus particulièrement touchés (Slappendel, 1988) et peuvent représenter 64,7% des cas (Ciaramella, 1997). D'autres études situent le pic de prévalence plus tôt entre 1 et 4 ans (Ranque, 1975). Les chiens de moins d'un an sont en général peu, voire pas du tout représentés (Raquin, 2009).

Aucune prédisposition raciale n'est retrouvée dans la leishmaniose canine. Une étude portant sur 451 cas en Bas-Vivarais montre que 40% des chiens atteints étaient des chiens de chasse, 40% des chiens de compagnie et 20% des chiens de travail (Polard, 1993).

Des sérologies par IFI portant sur 352 chiens a permis de détecter 27 cas, les prévalences ont été calculées par catégorie de chien, les chiens de berger sont la catégorie la plus touchée, avec une prévalence de 20,7% ; viennent ensuite les chiens de chasse (10,6%) ; puis les chiens de garde et de compagnie (entre 1 et 6%) (Male, 2001).

II.2.2.2. Biologie et clinique de la leishmaniose canine

La leishmaniose canine est dite protéiforme, d'incubation longue (plusieurs mois voire plusieurs années). Elle peut être asymptomatique ou s'éloigner du tableau clinique classique, d'où la difficulté du diagnostic clinique (Mouloua, 2014).

II.2.2.2.1. Les signes cutanés

Les signes cutanéomuqueux sont dominés par une alopécie, non prurigineuse en l'absence de surinfection marquée sur les membres, le pourtour des yeux, les oreilles, la queue et pouvant plus rarement s'étendre à l'ensemble du corps. Sont également souvent présents des troubles de la kératogénèse avec un squamosis important à grandes squames brillantes, s'ajoute fréquemment une hyperkératose, surtout au niveau de la face en particulier autour de la truffe et des yeux, ainsi qu'au niveau des oreilles, la peau prenant un aspect plissé et grisâtre, cet état kérato-séborrhéique peut également affecter le corps et les membres (fig. 11).



Figure 11. Croûte et nécrose à l'extrémité du pavillon auriculaire d'un chien.
(Anne-Cécile Morin, 2011)

Les atteintes des griffes, en particulier onychogryphose, sont décrites dans 21% des cas. L'érythème, des complications de pyodermite, des nodules dermiques riches en macrophages et des dépigmentations de la truffe sont assez rarement décrites. Le prurit n'est pas exceptionnel, même en l'absence de complications bactériennes et fongiques.

En revanche, les chancres d'inoculation, plaques et bulles ne sont décrits que dans moins de 5% des cas.

II.2.2.2. Les signes généraux

Les signes généraux les plus fréquemment rapportés sont : l'abattement, l'amaigrissement, l'adénopathie localisée ou généralisée et l'amyotrophie.

Un abattement parfois très prononcé apparaît dans 50% des cas (Bertrand, 2008), l'appétit est diminué, l'amaigrissement progressif (fig. 12) est probablement plus lié à des modifications métaboliques qu'à une perte d'appétit. Il est souvent associé à une forte atrophie musculaire, qui touche en particulier les muscles temporaux. Le chien prend un facies triste, de vieux chien et leurs membres sont également amyotrophies ; en fin d'évolution, les chiens sont parfois si affaiblis qu'ils paraissent paralysés. La cachexie signe un stade avancé de la maladie, et est un facteur pronostique négatif.



Figure 12. Aspect général d'un Dogue Allemand leishmanien (Bourdoiseau, 2008).

II.2.2.2.3. Les signes oculaires

Des signes oculaires sont rapportés dans environ 20% des cas. Les signes les plus constants sont une blépharite, associée ou non à une conjonctivite, suivent les kératites et les uvéites (fig. 13). Des granulomes sur la membrane nictitante, le limbe scléro-cornéen ou les conjonctives palpébrales sont des signes plus rares, mais très caractéristiques (Pugliese *et al.*, 2006 ; Roze, 2005).

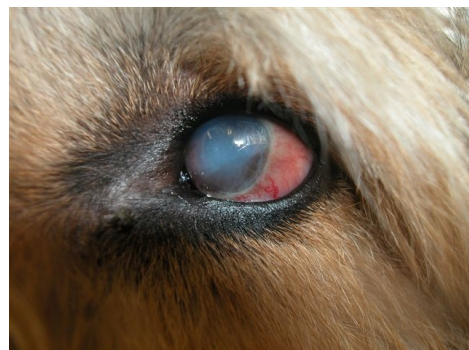


Figure 13. Uvéite chez le Briard (Bourdoiseau, 2008).

II.2.2.2.4. Les troubles locomoteurs

Les troubles locomoteurs-boiterie, l'arthropathie, la parésie et la paralysie, sont peu fréquents, rapportées dans moins de 10% des cas, ils affectent toutes les articulations. Des cas de polymyosites sont également décrits et sembleraient, d'après une étude, très fréquentes et généralisées, mais le plus souvent sub-cliniques. L'amyotrophie ne survient qu'en fin d'évolution (Vamvakidis *et al.*, 2000).

II.2.2.3. Diagnostic de la leishmaniose canine

II.2.2.3.1. Diagnostic clinique et différentiel

La suspicion de la leishmaniose chez le chien repose sur des critères cliniques et épidémiologiques, à ce titre le recueil des commémoratifs revêt un caractère fondamental. La situation épidémiologique de la région où vit l'animal ou éventuellement si l'animal a séjourné dans une zone d'endémie de la leishmaniose doivent être pris en compte, si l'animal présente un ou plusieurs signes évoqués dans la symptomatologie de la leishmaniose canine, il doit être considéré comme potentiellement leishmanien. Il faut noter enfin que le chien peut présenter des formes atypiques ou même absence total de signes cliniques (Bourdoiseau et franc, 2002).

En fonction du tableau clinique, le diagnostic différentiel se fait avec :

- Des dermatoses ; gale sarcoptique, démodécie, pyodermite, teigne, ainsi que les dermatoses d'origine auto-immune. Ces affections peuvent être associées à la leishmaniose, notamment chez les chiens vivants en collectivité comme les chenils ou centres de dressage.
- Des maladies générales comme les cancers, l'ehrlichiose (abattement et épistaxis) et le lupus érythémateux disséminé, dans le tableau clinique est quasiment identique à celui de la leishmaniose générale du chien (Beugnet, 1999).

L'examen clinique permet d'émettre l'hypothèse d'une leishmaniose mais des examens complémentaires sont nécessaires pour établir un diagnostic de certitude

II.2.2.3.2. Diagnostic biologique

Le diagnostic biologique peut faire appel à des techniques directes : recherche cytologique ou histologique de leishmanies, PCR sur prélèvements lésionnels (ou accessoirement sanguins) et des techniques indirectes : immunofluorescence indirecte (IFI), ELISA, test d'agglutination.

L'analyse histopathologique d'organes colorés à l'hématoxyline-éosine est difficile et longue. Cette technique est réalisable avec les nœuds lymphatiques poplités, la rate et des biopsies de la moelle osseuse ou de la peau. L'immuno histochimie peut être utilisée comme un outil supplémentaire de diagnostic, en particulier dans des organes à faible charge parasitaire, lorsque l'on a une forte suspicion clinique et histologique.

Les qualités intrinsèques de ce test sont encore une fois très liées à l'expérience du lecteur. La culture sur milieu NNN permet notamment l'isolement de la souche impliquée en vue d'études épidémiologiques. C'est une technique longue, qui dure entre une et trois semaines (Chouih, 2009 ; Murray, 2005).

La détection par PCR dans les prélèvements lésionnels est la technique la plus sensible, sur des échantillons variés ; sang total, fraction leucocytaire, moelle osseuse, nœuds lymphatiques et frottis conjonctivaux. Chez le chien, la première méthode reste l'adénogramme, de réalisation facile, vient ensuite le myélogramme, qui est beaucoup plus sensible (Manna, 2008 ; Gomez, 2008 ; Francino, 2006).

La sérologie est très utilisée dans le diagnostic de la leishmaniose. Bien que la réponse humorale spécifique, soit en règle générale, très intense avec de hauts titres en immunoglobulines, la sérologie sous-estime la prévalence de l'infection dans les zones d'endémie (Alvar *et al.*, 2004).

La séroconversion est généralement rapide chez le chien (en moyenne trois semaines) et la production d'anticorps est basse dans les phases initiale et finale de la maladie.

Immunofluorescence indirecte (IFI) : L'immunofluorescence indirecte est considérée comme la méthode sérologique de référence par l'office international des epizooties, utilisée dans des études épidémiologiques, ainsi que pour le diagnostic et le suivi des patients (Maia et Campino, 2008).

Technique ELISA (Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay) : Les antigènes sont fixés sur un support en polystyrène. Après incubation avec le sérum à tester, une révélation de la réaction par un antiglobuline couplée avec des enzymes.

Il n'y a pas de corrélation entre l'ELISA et l'IFI, car n'ayant pas les mêmes types d'Ac qui sont mis en évidence (Laumonier, 1993).

II.2.2.4. Parasitoses du chien

II.2.2.4.1. Parasitoses externes

Ces maladies peuvent rendre difficile le diagnostic différentiel clinique de la leishmaniose viscérale du chien.

II.2.2.4.1.1. Gale

C'est une dermatose à caractère infectieux très contagieuse causée par des acariens, qui vivent soit dans la couche cornée de l'épiderme, soit à la surface de la peau (Guagere, 2005 ; Scott *et al.*, 1995). Elle est particulièrement fréquente dans les pays tropicaux (Euzeby, 1970). La contamination des animaux peut se faire pendant toute l'année. Cependant, les gales ont généralement un caractère saisonnier, avec une prédominance pendant les saisons humides en régions tropicales (Chakrabarti et Pradah, 1985).

Il existe deux types de gale chez le chien :

- La gale sarcoptique ;
- La gale démodécique encore appelé « gale rouge ».

Notons également la cheyletiéllose qui est une pseudo-gale.

A. Gale sarcoptique : C'est une dermatose parasitaire contagieuse due à la présence et à la prolifération dans la couche cornée des chiens, d'un acarien appartenant à la famille des sarcoptidés, *Sarcoptes scabiei var. canis* (fig. 14). Elle se caractérise cliniquement par un prurit souvent intense, par une alopecie extensive et par la présence des papulo-vésicules surmontées d'une croûte appelée « bouton de gale » (fig. 15).

Diagnostic expérimental : Au niveau diagnostique, de nombreux raclages cutanés (de 5 à 10) doivent être effectués dans les zones de prédilection des sarcoptes – le bord libre des pavillons auriculaires (Euzeby *et al.*, 2005).



Figure 14. *Sarcoptes scabiei var. canis* (Anne-Cécile, 2011).



Figure 15. Chien atteint de gale sarcoptique (Anne-Cécile, 2011).

B. Gale démodécique : La démodécie canine (fig. 17) est une dermatose parasitaire contagieuse dans certaines conditions, due à la multiplication excessive dans les follicules pileux et les glandes sébacées d'un acarien commensal et spécifique de la peau appartenant à la famille des démodécidés ; *Demodex canis* (fig. 16). Les symptômes cutanés se caractérisent par le grand polymorphisme clinique de cette maladie (forme localisée et forme généralisée) (Mueller, 2004).

Diagnostic expérimental : Comme pour la gale sarcoptique, la méthode standard de diagnostic de la démodécie canine est la réalisation de raclages cutanés multiples. L'examen microscopique du produit de raclage est observé dans de l'huile minérale entre lame et lamelle à un grossissement de 40 puis de 100 (Smith, 1988).



Figure 16. *Demodex canis* (Anne-Cécile, 2011).



Figure 17. Chien atteint de gale demodecique (Anne-Cécile, 2011).

II.2.2.4.2. Parasitoses sanguines

II.2.2.4.2.1. Hépatozoonose canine

L'hépatozoonose canine est une protozoonose du chien, transmise au cours de l'ingestion de certaines variétés de tiques, et affectant certaines cellules sanguines (monocytes et granulocytes neutrophiles), l'*Hepatozooncanis* a été largement décrit sur le continent africain, notamment au Nigeria, en Egypte, en Afrique du sud et au Sénégal (Vercruyse et Parent, 1982). L'infection canine par *H. canis* est fréquemment asymptomatique ou sub-clinique (Baneth et Weigler, 1997). Le tableau clinique est dominé par la fièvre, l'abattement, l'anorexie, l'anémie, la faiblesse musculaire et l'algie souvent modérée.

Diagnostic expérimental : Le diagnostic repose sur la mise en évidence des gamétocytes visibles dans les granulocytes neutrophiles et les monocytes (frottis sanguin). Le délai d'apparition des gamétocytes dans le sang circulant après infection est de 28 à 78 jours pour *H. canis* (fig.18).

Le cycle commence lorsque le chien ingère une tique contaminée.

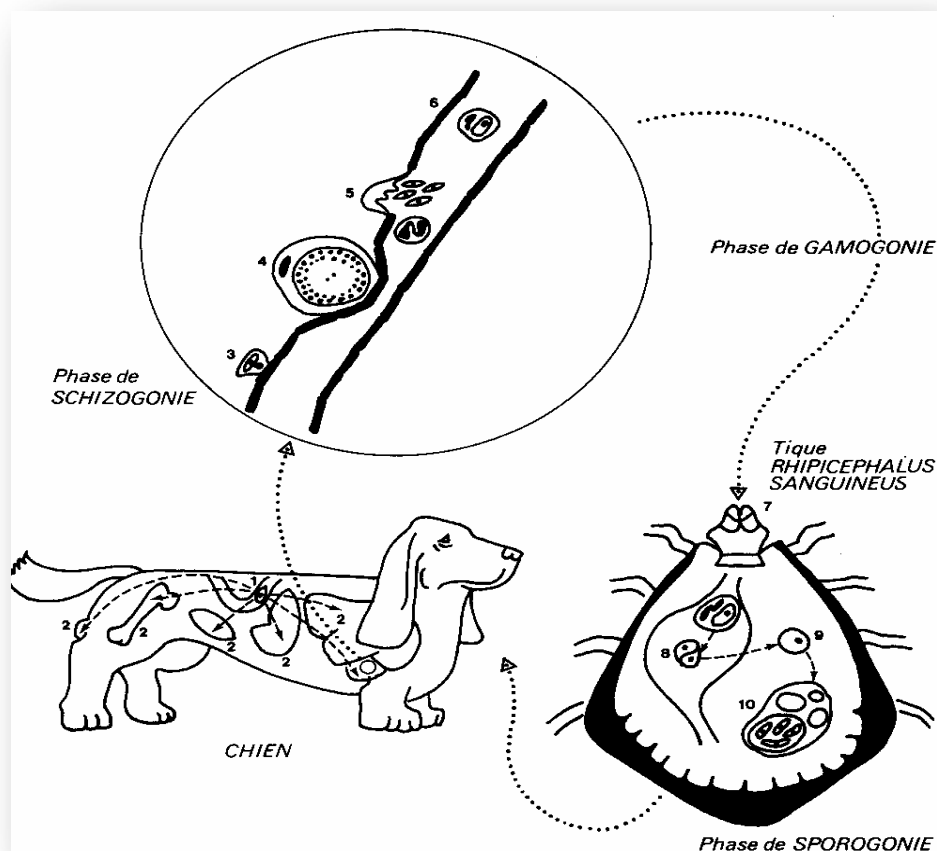


Figure 18. Cycle d'*Hepatozoon canis* (Beaufils, 1988).

II.2.2.4.2.2. Ehrlichiose

L'ehrlichiose monocyttaire canine (EMC) est due à l'infection par *Ehrlichia canis*, qui a un tropisme pour les cellules mononuclées sauf les globules rouges. Elle est transmise par *Rhipicephalus sanguineus*. Cette maladie a une répartition mondiale, la plupart des cas d'infestation survient pendant les mois les plus chauds, ce qui coïncide avec une activité plus intense de la tique vectrice. L'infection expérimentale a permis de mettre en évidence trois phases bien distinctes de la maladie : une phase aiguë, une phase subclinique et une phase chronique.

Diagnostic expérimental : Plusieurs méthodes permettent d'effectuer le diagnostic pour la mise en évidence d'*Ehrlichia canis*, parmi ces méthodes :

- Le frottis sanguin : un examen attentif des frottis sanguins colorés au May-Grünwald Giemsa (**MGG**) permettent de rechercher des inclusions cytoplasmiques.
- La morphologie des cellules infectées : Les inclusions d'*Ehrlichia* se présentent sous plusieurs formes.
- Ponctions et biopsie : Elle peut être réalisée au niveau des nœuds lymphatiques, de la moelle osseuse hématopoïétique, et au niveau articulaire (Martin, 2004).

II.2.2.4.2.3. Babésiose canine

La babésiose canine est une maladie infectieuse et inoculable due à la prolifération et à l'action pathogène des protozoaires intra-érythrocytaires du genre *Babesia*, (fig. 19) transmis naturellement par l'intermédiaire de tiques ixodidés. Elle se caractérise cliniquement par l'association d'un syndrome pyrétique et hémolytique, et est appelé couramment piroplasmose du fait de la forme en poire du parasite responsable. Dans le mécanisme de transmission de cette pathologie, on note l'implication majeur de deux vecteurs (*Dermacentor reticulatus* et *Rhipicephalus sanguineus*) qui diffèrent en fonction de leur aire de distribution géographique. *Dermacentor reticulatus* est beaucoup plus rencontré dans les zones à climat tempéré froid (Europe) tandis que *Rhipicephalus sanguineus* est largement rencontré en milieux chauds et sec (Anne-Cécile, 2011).

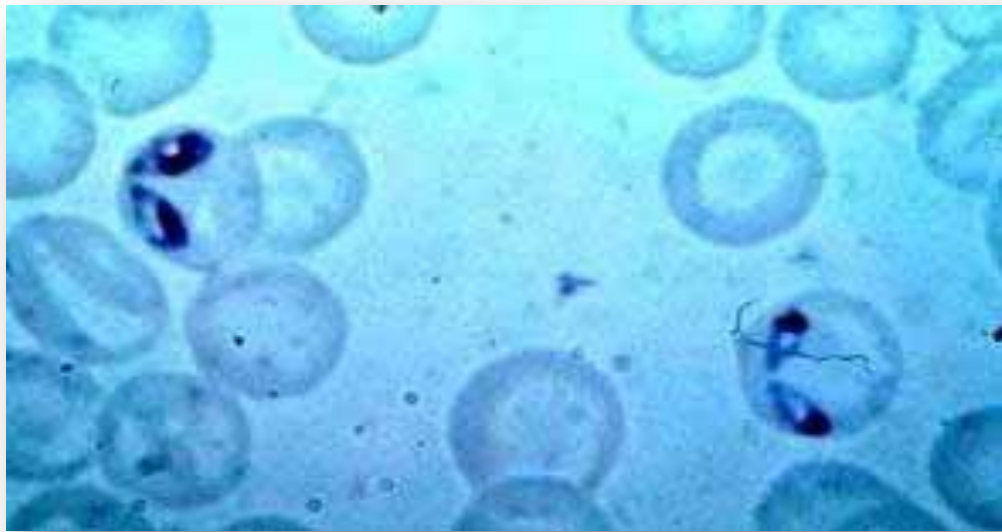


Figure 19. Hématies infectées par *Babésiacanis*.

II.3. Aspects cliniques des leishmanioses humaines à *leishmania infantum*.

Classiquement, les enfants les plus jeunes sont considérés comme les plus sensibles pour la forme viscérale, en particulier lorsqu'ils souffrent de malnutrition (Harrat *et al.*, 1992). Chez l'homme, l'expression clinique de la maladie n'est pas la règle. Parmi les leishmanioses cliniques à *leishmania infantum* on distingue classiquement une forme cutanée et une forme viscérale. L'orientation de la maladie vers l'une ou l'autre des deux formes cliniques dépend principalement du terrain immunitaire, de l'hôte infecté et du variant enzymatique du parasite. (Boubidi *et al.*, 2011)

II.3.1. Formes cutanées

C'est la forme bénigne de l'infection. Elle est caractérisée par des lésions cutanées localisées, sans extension muqueuses ni viscérales. Les lésions sont localisées au site d'inoculation du parasite par le phlébotome ; elles siègent de préférence sur les parties découvertes du corps, la lésion typique est une ulcération crouteuse indolore sur un nodule inflammatoire mal délimité d'environ deux centimètres de diamètre, bordé d'un bourrelet périphérique riche en parasites (Joanne, 1988).

Les variantes enzymatiques de *L. infantum* responsables de la forme cutanée du nord, sont les zymodèmes ; MON-24, MON-80 et MON-1. Les vecteurs prouvés sont *P. perfiliewi* et *P. perniciosus*, le réservoir fortement suspecté est le chien (fig. 20) (Benikhlef *et al.*, 2000).



Figure 20. Leishmania cutanée à *L. infantum* en Algérie (Harrat, 2006).

II.3.2. Forme viscérale

C'est une atteinte systématique de la lignée des phagocytes mononuclées, dont l'évolution spontanée aboutit généralement à la mort en un à deux ans. L'incubation est extrêmement variable, en moyenne entre trois et six mois, mais pouvant aller jusqu'à plusieurs années, elle semble plus courte chez les enfants (Mouloua, 2014).

Dans la forme infantile, s'ensuit après la période d'incubation, une phase d'invasion, caractérisée par une forte fièvre, irrégulière, accompagnée d'une splénomégalie et d'une pâleur cutanéomuqueuse, signe d'anémie. Une guérison obtenue après traitement, ne s'accompagne pas d'une stérilité parasitaire. Le parasite persiste dans certains organes y compris dans la peau saine (Aoun *et al.*, 2002).

Chapitre III

**La leishmaniose cutanée
en Algérie et son rapport
avec le changement
climatique !**

Chapitre III : La leishmaniose cutanée en Algérie et son rapport avec le changement climatique !

III.1. Généralités

L'Algérie, est un pays qui compte parmi les plus exposés au monde, où la leishmaniose sévit à un état endémo-épidémique. Elle est concernée par quatre formes cliniques ; la leishmaniose viscérale (LV), la leishmaniose cutanée sporadique du nord (LCN) et la leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) et tout dernièrement, la forme anthroponotique à *L. killicki*, qui fut récemment signalée à Ghardaïa (fig.21 et 22) (Harrat *et al.*, 2009).

Au point de vue épidémiologique, la forme sporadique sévit au nord, et la forme épidémique caractérise les hauts plateaux et le sud du pays :

- Au nord ; étages bioclimatiques humides et subhumides favorisant la LV et la LCN.
- Au sud ; étages bioclimatiques arides et semi-arides LCZ actuellement, elles s'étendent à toutes les aires (plus de notion de foyers) (Cherif, 2014).

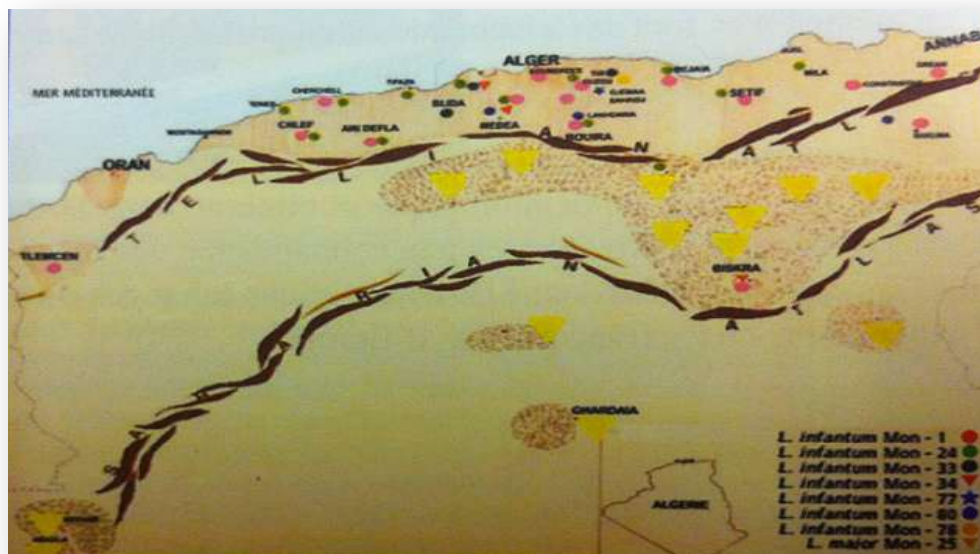


Figure 21. Répartition géographique de la leishmaniose en Algérie (Cherif, 2014).

L'extension géographique s'opère en tâche d'huile donnant lieu à de nouveaux foyers. Selon le Ministère de la Santé en 2009, plus de 40 wilayas sont touchées aujourd'hui. A l'origine de cette situation explosive, la pollution et la détérioration des écosystèmes naturels ont largement contribué au développement de la maladie.

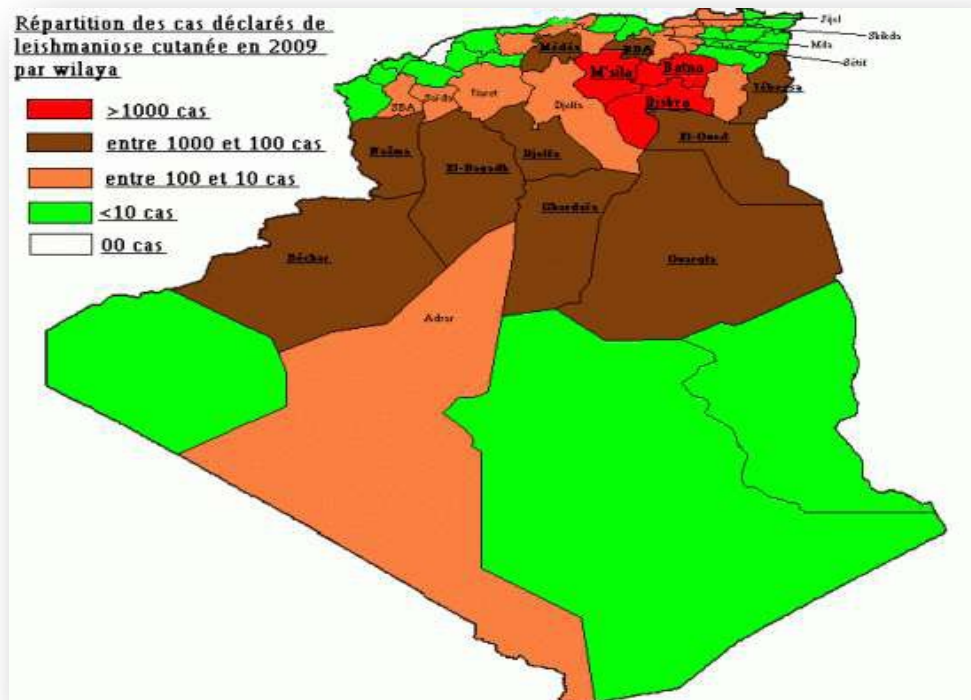


Figure 22. Répartition des cas déclarés par wilaya (Chrerif, 2014).

Sur le plan épidémiologique, il est évident que l'incidence de la LC est tributaire des conditions environnementales et climatiques requises dans lesquelles se développent les phlébotomes. Ainsi, la température a un rôle important dans la survie des parasites adultes comme elle a aussi un effet sur les taux de métamorphose du vecteur à tous les stades de leur vie (Erisoz-Kasap et Alten, 2005). Toujours et d'une perspective épidémiologique, la longévité des phlébotomes adultes joue un rôle extrêmement important dans la capacité du vecteur, les conditions optimales pour les populations de *P. papatasi* pour atteindre les densités maximales de leur population se trouvent aux alentours d'une température de 28°C (Ozge, 2006). Malgré les changements de l'environnement, *P. papatasi* présente une résistance et une forte adaptation, ce qui explique son abondance et son activité continue sur toute l'année (Boussaa, 2008).

a. Leishmaniose Cutanée Sporadique du Nord

La leishmaniose cutanée sporadique du nord (LCN) est connue en Algérie sous le nom de clou de M'sila. Elle a été rapportée par Sergent *et al.* (1923). Les caractéristiques parasitologiques, épidémiologiques et cliniques ont été individualisées par Belazzoug *et al.* (1985b). Ainsi, un nouveau variant enzymatique du complexe *L. infantum* MON-24 a été identifié comme le principal agent responsable de la leishmaniose cutanée du nord.

Cette forme présente la particularité de siéger au niveau du visage sous forme d'une lésion nodulaire souvent unique, très riche en parasites. Son évolution chronique s'étale entre 6 et 12 mois (Belazzoug, 1986b).

La transmission du parasite est assurée par *P. perfiliewi*, trouvé naturellement infesté par le variant enzymatique *L. infantum* MON 24, dans la localité de Ténès, foyer actif de la leishmaniose cutanée du nord (Izri *et al.*, 1993), le chien est le principal réservoir de *L. infantum* (Benikhlef *et al.*, 2004).

b. Leishmaniose Cutanée Zoonotique

Cette forme, connue depuis 1924 sévit à l'état endémo-épidémique au niveau des zones arides et semi-arides de l'Afrique du nord, dans la région de Chott El Hodna, (Parrot *et* Foley, 1925).

Les débuts de l'épidémie déclarée remontent à 1982 avec l'apparition des premiers cas à l'est du Chott El Hodna. Rapidement toute la région fut concernée ; l'incidence de la maladie atteignit 9 pour mille en 1982 (Belazzoug, 1983). L'épidémie ne se limita pas à la région de M'sila puisque les wilayas voisines déclarèrent elles aussi des cas, avec cependant une incidence nettement plus faible.

L'extension de la maladie a touché les wilayas suivantes : Biskra, Tiaret, Bordj Bou Arreridj, Batna, Djelfa, Saida et Sétif. Elle fut signalée la première fois dans la wilaya de Ghardaïa, située au centre et au nord du Sahara algérien, elle constitue l'un des gros foyers émergents de leishmaniose cutanée, 2040 cas y ont été recensés au cours de l'année 2000.

c. Leishmaniose Cutanée Anthroponotique

Une nouvelle forme de leishmaniose cutanée découverte en 2005 à Ghardaïa par Harrat *et al.* (2009). Les différents prélèvements effectués sur les malades ont révélé la présence de *L. Killiki* MON-301. La leishmaniose cutanée provoquée par *L. killickia* a été décrite pour la première fois au Maghreb en 1986 dans le sud tunisien (Bouratbine, 2005). C'est une nouvelle forme clinique urbaine émergente, d'allure épidémique à profil épidémiologique particulier, le réservoir reste inconnu, cependant *Ctenodactylus gundien* est fortement suspecté (Boubidi *et al.*, 2011).

III.2. Leishmaniose Cutanée Zoonotique de Ain Skhouna et Draa El Mizan

III.2.1. Ain Skhouna

Le premier cas de leishmaniose cutanée a été notifié en 1991 dans la wilaya de Saïda, où n'ont été enregistrés que 30 cas jusqu'en 2001. Au total, 1275 cas ont été enregistrés depuis la survenue de la maladie dans la wilaya de Saïda. Le pic épidémique a été atteint en 2003 (267 cas) et la courbe a connu une bonne inflexion à l'année suivante.

L'épisode épidémique de 2002-2003 a été particulièrement intense, plaçant la wilaya de Saïda au-dessus de l'incidence nationale avec un taux de 88,22% pour 100.000 habitants en 2003. Depuis 2004, la wilaya présente les mêmes taux d'incidence qu'à l'échelle nationale et a enregistré un nombre moyen de 70 cas par an depuis 2007 (fig. 23) (Houti *et al.*, 2013).

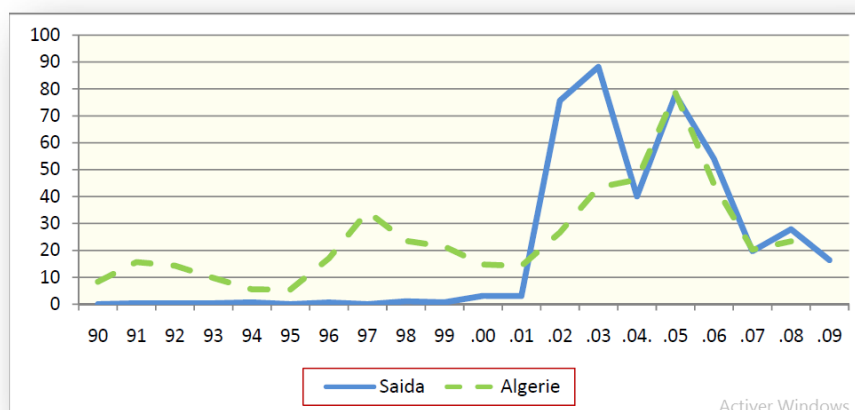


Figure 23. Incidence de la leishmaniose cutanée en Algérie et dans la wilaya de Saïda (p.100.000 hab) 1990-2009 (Houti et Makhoulouf, 2010).

Le site de Ain Skhouna a enregistré 1161 cas de leishmaniose au cours de la période 1990-2009, mais le premier cas de LC n'a été enregistré qu'en 2000, soit une année après l'apparition de la maladie dans la wilaya. Cependant, l'avènement de ce site en qualité de foyer épidémique s'est finalement déclaré en 2002 avec 226 cas.

Deux pics épidémiques ont été enregistrés, 2003 (267 cas) et 2005 (245 cas). Les taux d'incidence enregistrés au cours de 2002-2003 étaient de 2 à 3 fois supérieurs aux taux nationaux. Depuis la déclaration de ce foyer, Ain Skhouna a totalisé à elle seule 93,2% des cas enregistrés dans la wilaya.

L'examen de la moyenne mobile confirme le mode d'expression épidémique de la maladie à Ain Skhouna, ainsi que le pic enregistré en 2005, avec une tendance croissante de la maladie dans ce site (fig. 24) (Houti *et al.*, 2013).

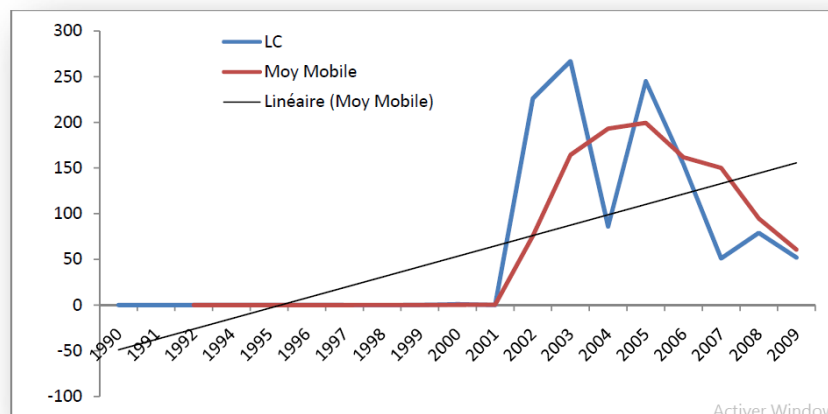


Figure 24. Tendence de la LC à Aïn SKhouna 1990-2009 (Houti et Makhlouf, 2010).

Avec 1021 cas (87,9 %), la commune de Ain Skhouna reste la plus touchée et constitue donc le foyer principal de leishmaniose cutanée dans la wilaya de Saïda. Au total, 662 cas (64,8%) sont localisés au chef lieu de la commune et 321 (31,4%) dans la localité de Zeraguet distante de 20 km.

L'allure saisonnière de la maladie montre que les épidémies s'amorcent au mois de septembre et atteignent leur pic en décembre, 95,8% des cas ont été enregistrés entre octobre et février (fig. 25) (Houti et Makhlouf, 2010).

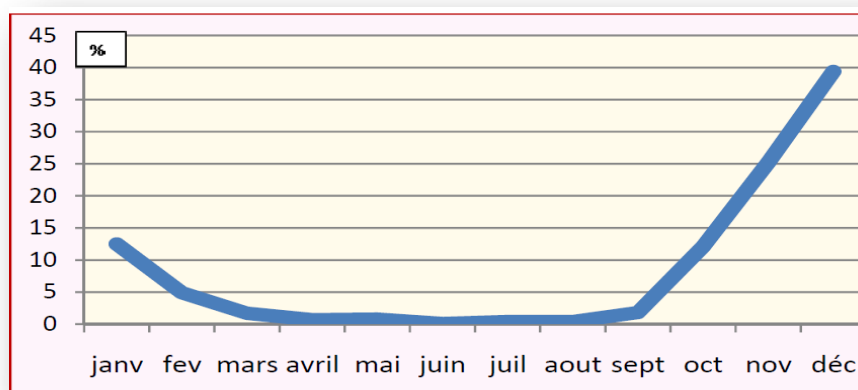


Figure 25. Répartitions mensuelles de la LC à Ain Skhouna (1990-2009) (Houti et Makhlouf, 2010).

Au cours de la période épidémique 2002-2009 l'allure saisonnière de la LC, à montrer un glissement des périodes épidémiques avec des périodes épidémiques et des intervalles inter-épidémiques non réguliers. Les pics épidémiques ont été ; décembre 2002, de novembre 2003 à janvier 2004, d'octobre 2005 à janvier 2006 et d'octobre à décembre 2006 (Houti et Makhlouf, 2010).

III.2.2. Draa El Mizan

Dans la wilaya de Tizi Ouzou, la leishmaniose cutanée sévit selon un mode endémoépidémique. La répartition géographique des cas montre que la commune de Draa El Mizan est la plus touchée avec une fréquence de 28.7% des cas en 2010. Le site de Draa El Mizan est devenu le principal foyer leishmanien concentrant, pour la période considérée, 62,5% des cas de la wilaya avec 85,9% des cas au cours de l'épidémie 1998-1999. La LC qui était plutôt sous forme sporadique (1,5% cas par an) est devenue plus fréquente en 1999 (11.3% cas par an) (fig. 26) (Houti et Makhlouf, 2010).

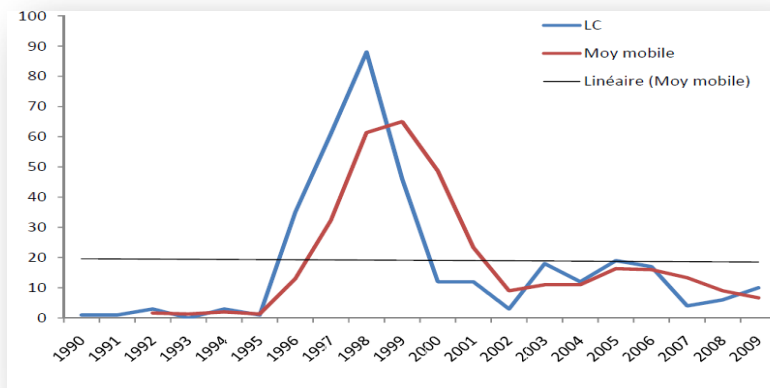


Figure 26. Tendence de la LC à Draa el Mizan (1990-2009) (Houti et Makhlouf, 2010).

La maladie est endémique toute l'année dans DEM avec un pic entre le mois de mars et mai (fig. 27).

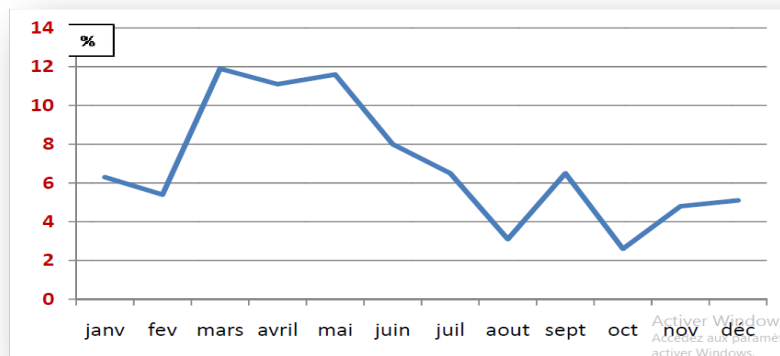


Figure 27. Répartition mensuelle des cas de LC à DEM (1990-2009) (Houti et Makhlouf, 2010).

La répartition géographique des cas, montre que la commune de DEM est la plus touchée avec une fréquence de 28.7 % des cas (Houti et Makhlouf, 2010).

III.3. Impact de l'environnement sur la LCZ

III.3.1. Impact de l'environnement sur les rongeurs

Par ses activités, l'homme intervient directement sur le milieu, il peut modifier l'environnement et bouleverser les conditions naturelles de prolifération des espèces. Si ces activités ont souvent pour objectif le développement de l'agriculture, elles ont parfois augmentées le risque de transmission de la leishmaniose. Ainsi, dans le cadre de la mise en valeur des terres arides en régions steppiques, l'homme laboure des parcelles de terres naturellement occupées par *P. obesus*, ce dernier, recrée plus loin des terriers. Par ailleurs, *M. shawi*, des prédateurs agricoles, recolonise rapidement ces nouvelles terres mises en valeur ; ainsi s'établit des conditions optimales de transmission entre rongeurs eux même et entre rongeurs et l'homme. De plus, l'homme introduit dans le site des animaux domestiques qu'il a construit des abris.

Enfin, par ses ordures ménagères et ses produits de culture, il attire de nouveaux rongeurs qui créent leurs propres terriers. C'est autant de nouvelles niches écologiques qui sont offertes aux phlébotomes dont la prolifération est accentuée. C'est également autant d'hôtes pour les vecteurs et autant de réservoirs potentiels d'agents pathogènes qui sont introduits dans le site. C'est ainsi qu'apparaissent et se développent des épidémies de leishmaniose cutanée dans des régions jusque-là épidémiologiquement silencieuse (Izri *et al.*, 2006).

III.3.2. Impact de l'environnement sur les phlébotomes

Les paramètres dits abiotiques (notamment la température et l'humidité) sont connus comme étant déterminants pour la dynamique des maladies infectieuses, dont un stade de développement se réalise en dehors de l'hôte définitif (dans l'environnement, dans un hôte intermédiaire ou dans un vecteur poikilotherme) (Reiter, 2001). Les facteurs abiotiques affectent les dynamiques des populations d'insectes vecteurs et donc leur abondance. Un accroissement de la température ambiante augmente la prolificité, le taux de survie journalier, le nombre de générations annuelles et réduit les durées larvaires et nymphales, il augmente également l'activité et la fréquence des repas sanguins et facilitant alors la transmission vectorielle.

Les seuils de températures létaux varient selon l'humidité, en relation avec les capacités de thermorégulation et les réserves lipidiques de l'insecte. Enfin, il a été montré que l'augmentation de la température accélérerait la multiplication de certains pathogènes à l'intérieur des arthropodes vecteurs et pouvait même augmenter la capacité vectorielle d'espèces jusque' alors décrites comme inoffensives (Wittman, 2002)

A petite échelle les faciès climatiques peuvent se superposer à la distribution des pathogènes et/ou des vecteurs, tandis qu'à une échelle plus locale d'autres facteurs environnementaux jouent un rôle prédominant (Reiter, 2001). Pour diverses raisons, la distribution géographique de bons nombres de ces maladies peut être rapprochée d'isothermes ou d'isohyètes (Sellers et Mellor, 1993).

L'ensemble des travaux remarquables de Rioux sur les phlébotomes réalisés au Maroc ont permis de faire la répartition des phlébotomes par étage bioclimatique ; des analyses de correspondance « espèce de phlébotomes-station de piégeage » ont montré l'existence de fortes liaisons (effet Gutmann), entre les espèces phlébotomiennes et les zones bioclimatiques. L'influence du réchauffement climatique sur la capacité d'infestation du couple Leishmanies-Phlébotomes n'était donc pas à négliger, en particulier lors de la construction de modèles dynamiques. D'une manière générale, outre les conséquences possibles sur les autres composants du système épidémiologique, l'impact d'un réchauffement au niveau de l'intervention du vecteur peut en théorie, se manifester de plusieurs façons, dont les effets peuvent se potentialiser (Rodhain, 2003).

Tous ces effets peuvent donc se potentialiser ou, au contraire, se contrebalancer au moins partiellement. Sur les maladies, ils pourraient se traduire par des modifications, en plus ou en moins, des répartitions des zones endémiques ou de la dissémination d'épidémies, ou par des variations, toujours en plus ou en moins, des saisons de transmission (avec des répercussions sur les rapidités d'acquisition et les niveaux de l'immunité dans les populations), ou encore par des variations dans les intensités de transmission et donc dans les incidences.

Les conséquences d'une augmentation de température ne seront pas identiques dans tous les cas, la température n'est pas partout le facteur limitant. Vraisemblablement, cet impact serait surtout senti sur les franges (altitudinales et latitudinales) des zones enzootiques, dans ces zones limites instables, où les équilibres écologiques sont toujours précaires (Reiter, 2001).

III.4. Facteurs de la distribution de la leishmaniose cutanée

III.4.1. Changement climatique

Les facteurs clés pour la distribution des leishmanioses sont le climat et les vecteurs (Rodhain, 2000). Le changement climatique aura une influence sur :

- La distribution spatiale des vecteurs en permettant une extension vers le nord de l'aire de distribution des vecteurs. Le réchauffement climatique, en association avec les facteurs favorisant le développement des phlébotomes, facilitera cette extension et le développement de populations épidémiologiquement dangereuses,
- La longueur de la période d'activité des vecteurs au cours de l'année en raccourcissant la période de développement larvaire et la période de diapause hivernale,
- Le cycle des leishmanies chez le vecteur : des observations expérimentales montrent l'augmentation du nombre de phlébotomes infectés avec une augmentation de la température.

En effet, lorsque la température augmente les parasites se déplacent plus facilement vers l'avant du tube digestif de l'insecte, le rendant ainsi infectant.

III.4.2. Mouvements de population

Les épidémies de leishmaniose cutanée sont souvent associées à la migration et à l'introduction de personnes non immunisées dans les zones de transmission existantes. La prédiction de telles épidémies dépend de la disponibilité de l'information écologique et de l'évaluation des zones de développement, avant la mise en œuvre des projets ou des mouvements de population (OMS, 2014).

III.4.3. Facteurs socioéconomiques

La pauvreté augmente le risque de leishmaniose de nombreuses façons, les mauvaises conditions de logement et sanitaires (par exemple, absence de gestion des déchets, égouts à ciel ouvert) peuvent augmenter le nombre de phlébotomes, ainsi que leur accès à l'homme. L'entassement d'un grand nombre de personnes dans un petit espace peut attirer les phlébotomes et la migration économique peut entraîner que des personnes non immunisées entrent dans des zones de transmission.

III.4.4. Facteurs de risque environnementaux

Un nombre élevé de patients atteints de leishmaniose cutanée, ont été signalés quand les banlieues s'étendent sur des terres autrefois inhabitées hébergeant une forte densité de rongeurs. Dans certains foyers de leishmaniose anthroponotique, la migration rurale-urbaine accompagnée de logement suburbain de mauvaise qualité peut augmenter la fréquence de la maladie. Dans certaines situations épidémiologiques, la déforestation et la destruction des habitats naturels peuvent réduire la transmission de la leishmaniose cutanée.

Toutefois, dans certains cas, la déforestation semble avoir contribué à l'augmentation plutôt qu'à la diminution de l'infection humaine. La leishmaniose cutanée est une maladie sensible au climat, qui occupe un « espace climatique » caractéristique et qui est fortement affectée par des changements dans les précipitations, la température atmosphérique et l'humidité (OMS, 2014).



Partie expérimentale

Chapitre IV

Matériel et méthodes

IV. Matériel et méthodes

IV.1. La démarche utilisée

Nous avons opté pour une approche écosystémique qui favorise une démarche participative afin de réaliser une étude approfondie de la complexité de l'étiologie de la leishmaniose cutanée. Pour cela une visite sur terrains a été effectuée, dans le but de rencontrer les acteurs locaux et d'explorer l'écosystème naturel de la leishmaniose cutanée dans les sites d'études et la préparation de la logistique. Elle a aussi permis de connaître au niveau de :

a. Ain Skhoua parmi les foyers les plus actifs en Algérie

- La disponibilité du matériel biologique, la présence de terriers de rongeurs, leurs traces d'empreintes et leurs crottes,
- De connaître les plaintes des habitants suite aux dégâts causés par les rongeurs,
- De choisir et de délimiter les transects d'étude (sites),
- De prendre en considération d'autres critères, notamment les caractéristiques écologiques tels que les facteurs climatiques, végétation, anthropisation etc.....,
- De réaliser durant la période de juin 2010 à août 2013 des études biodémographiques, biométriques et de lutte biologique sur les rongeurs et d'autre part pour opérer des prélèvements sanguins chez les chiens de la zone.

b. Draa El Mizan

Une approche légèrement différente a été effectuée au niveau de la zone d'étude de Draa El Mizan (DEM) avec en plus le financement par la commune de DEM de compagnes d'abattage de chiens errants permettant ainsi de faire un maximum de prélèvements sanguins. Ces prélèvements sanguins ont également concerné les chiens domestiques de toute la zone. Pour ce faire les méthodes suivantes ont été adoptées dans les deux sites :

- Relevés GPS de l'ensemble des sites de prélèvements,
- Connaissance du cadre climatique grâce à l'utilisation des données thermiques et pluviométrique sur les deux périodes 1990-1999 et 2000-2009,
- Un comptage du nombre de terriers actifs,
- Une mise en place des méthodes de capture du réservoir,
- Identification des rongeurs par des mesures biométriques,
- Autopsie des rongeurs et prélèvements des poplités,
- Examen histologique des organes,

- Capture, introduction et suivi des belettes utilisées sur le site comme moyen naturel de lutte biologique contre les réservoirs,
- Des examens cliniques des chiens dans les deux sites,
- Prélèvements sanguins chez les chiens dans les deux zones d'études et des campagnes d'abattage des chiens errants à DEM,
- Inspection mensuel sur le terrain jusqu'à août 2013.

IV.2. Choix et description des zones d'étude

L'étude s'intéresse au réservoir de la leishmaniose cutanée, dans deux foyers présentant des écosystèmes naturels contrastés, Draa El Mizan en zone côtière montagneuse à climat subhumide, et Ain Skhouna, une zone humide emboîtée au milieu de la steppe à climat semi-aride, ces deux zones ont connu des fortes épidémies de la LC. Ain Skhouna est circonscrite au bassin alluvionnaire de Dzira, cette zone bordière des habitats précaires. Le choix de ces zones comme terrain d'approfondissement et d'expérimentation se justifie d'une part par la connexion entre les composants de l'écosystème, le réservoir et le développement du vecteur.

Dans ce contexte d'expansion alarmante, la leishmaniose cutanée pose de nombreux problèmes, qui doivent être pris en charge par des interventions sur le terrain afin de réduire les risques croissants sur la santé publique.

IV.2.1. Commune de Ain Skhouna (Wilaya de Saida)

IV.2.1.1. Cadre administratif

La commune de Ain Skhouna est située sur les hautes plaines steppique de la région ouest, à une superficie de 404,04 km² qui comporte environ 7500 habitants suite au recensement (fig. 28) (commune de Ain-Skhouna, 2008).



Figure 28. Situation géographique de Ain Skhouna

Elle est limitée :

- Au nord par la commune de Roggassa (wilaya d'El Bayadh).
- A l'Est et au nord par la wilaya de Tiaret.
- A l'ouest et au nord par la commune de Mâamora (wilaya de Saida) (fig. 28).

La partie sud de la commune, environ 12.000 ha est occupé par le bassin versant du Chott El Chergui, caractérisé par ces eaux saumâtres et sa biodiversité floristique et faunique très remarquable. Vu du ciel, la commune prend l'allure d'une île (fig. 29 et 30).

La zone d'épandage de Ain Skhouna d'une superficie équivalente à 850.000 ha, fait partie du Chott El Chergui couvrant un peu plus de 2000 km². Celui-ci est bordé par la chaîne tellienne des monts du Tessala au nord et au sud par l'Atlas saharien.

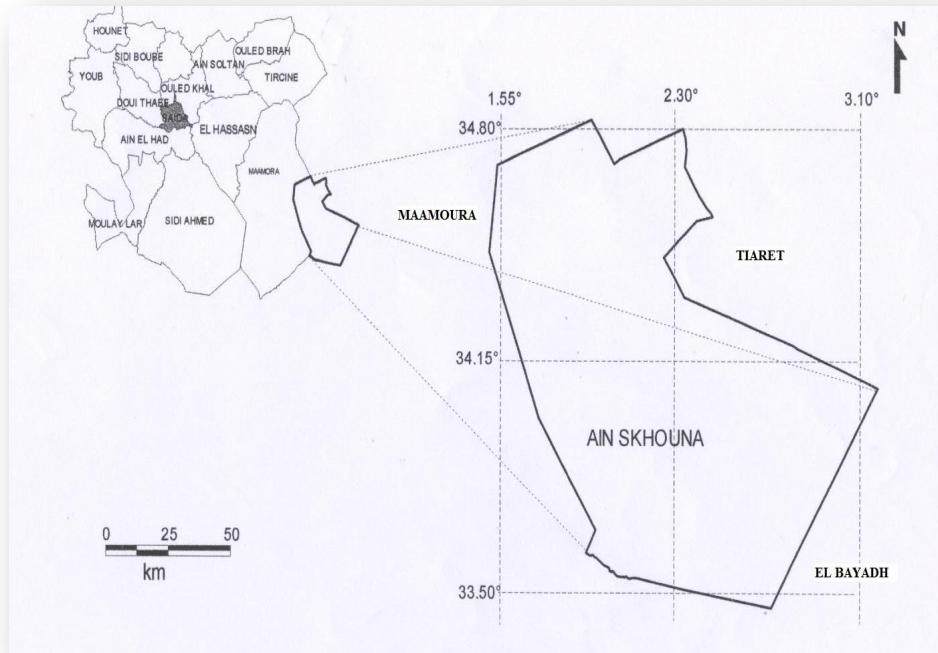


Figure 29. Limites géographiques de la commune d'Ain-skhouna (APC de Ain-SKhouna, 2012).

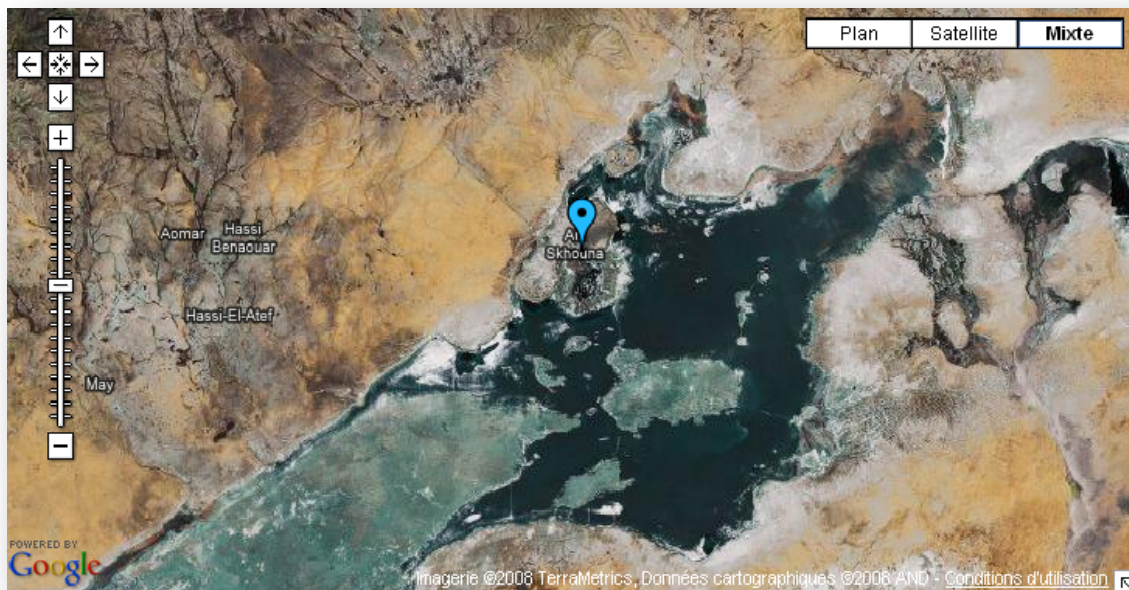


Figure 30. La région de Ain-Skhouna vu du ciel (Google Earth, 2012).

Ses coordonnées géographiques sont :

Latitude : $0^{\circ}4'Y-0^{\circ}55'$,

Longitude : $34^{\circ}25'-34^{\circ}30'$,

Altitude : 1200 m,

Superficie : 855.500 hectares.

IV.2.1.2. Cadre climatique

Sachant que le travail du vecteur repose sur les variations de températures et des précipitations, nous avons pris contact avec les organismes concernés afin de mettre en évidence certains facteurs de changement climatiques.

Les températures : La variabilité mensuelle des températures moyennes, minimales et maximales pour les deux périodes distinctes (1990-1999) et (2000-2009), sont de 12,82°C et 13,55°C respectivement (Bounoua, 2013).

Les précipitations : L'utilisation des données thermiques et pluviométriques sous forme de diagramme ombrothermique permet de donner une vue sur la durée de la saison sèche et son intensité, ainsi cela permet d'établir la relation entre le climat et la végétation.

Les diagrammes ombrothermiques de Gaussen et Bagnouls permettent de comparer l'évolution des valeurs des températures et des précipitations. Dans les courbes des diagrammes ombrothermiques, un mois est considéré comme sec lorsque la courbe des températures (T) est supérieure à celles des précipitations (P et $P = 2T$). Un diagramme ombrothermique sur les deux périodes (1990-1999) et (2000-2009) a été tracé afin de matérialiser l'évolution mensuelle des précipitations et de la température moyenne.

Emberger en 1942, précise que « un climat peut être météorologiquement méditerranéen, posséder la courbe pluviométrique méditerranéenne caractéristique, sans l'être écologiquement ni biologiquement, si la sécheresse estivale n'est pas accentuée ».

IV.2.1.3. Cadre géologique

La géologie de la région est caractérisée par une prédominance des roches suivantes : calcaires et dolomies marno-calcaires, marnes argileuses et gypseuses.

Le sol : Est inculte en majorité et dénudé avec affleurement de la roche calcaire. L'évolution pédogénétique des sols de la dépression de Ain Skhouna est dictée par :

- La présence d'une nappe d'eau alcalisante à fort taux de sodium adsorbable, en moyenne le SAR (sodium adsorbable ratio) est supérieur à 15.
- Le Chott el Chergui est un vaste bassin qui joue un rôle important dans la maîtrise des crues et contribue dans la rétention saisonnière de l'eau. Il permet aussi la recharge des nappes aquifères.
- La dépression appartient à une phase de subsidence salifère qui a affecté le nord et les hautes plaines de l'Algérie occidentale et orientale, sa situation orographique particulière, à noter

que c'est le seul Chott culminant à plus de 1000 mètres d'altitude, lui donne une capacité hydrogéologique incomparable.

L'organisation lithostratigraphique de Ain skhouna peut se présenter ainsi :

- ✓ **Le quaternaire récent** : il est constitué de dépôts limono-sableux récents sur lesquels s'est installée la végétation actuelle. Ce système épouse les formes actuelles des sols et des cours d'eau.
- ✓ **Le tertiaire continental** : Formé à la base par des formations calcaires, des argiles grises gypseuses dans lequel s'est constituée la nappe de l'albien ou du crétacé continental.
- ✓ **Le sénonien (crétacé supérieur)** : Formation calcaire, située près de la zone de captage de Ain Skhouna.
- ✓ **Le bajo-bathonien (jurassique moyen)** ; Formé de calcaire, de dolomie et des argiles gris verts (Clinckx, 1969 ; Clair, 1955).

IV.2.1.4. Cadre géomorphologique

La zone d'épandage de Ain Skhouna est une dépression bordant la grande dépression du Chott El Chergui. Celle-ci orientée nord-est/sud-ouest, s'étend au Sud des monts de Saïda sur environ 2000Km². Les bords de cette dépression correspondent aux côtes 1000 m et le fond aux côtes 985-990 m. C'est une dépression alluvionnaire à accumulation d'éléments granulométriques fins, essentiellement des limons et des sables fins.

IV.2.1.5. Cadre hydrogéologique

Le Chott El Chergui est un bassin fermé, formé de reliefs peu accusés. La hauteur moyenne des eaux est de 250 mm environ, dont une partie s'infiltré dans le sol et par des circulations souterraines tend à gagner la partie basse de la cuvette.

Les terrains argilo-sableux qui surmontent les calcaires créent, d'autre part, un obstacle à la sortie des eaux. On distingue des sources d'eau permanentes. Le chott el Chergui renferme trois nappes importantes.

Plusieurs sources ont été forées dans l'albien entre 1948 et 1960.

En effet, du point de vue hydrogéologique le Chott fonctionne comme un entonnoir fermé. On considère si on croit les calculs faits par Gautier (1950) et ses collaborateurs que le Chott emmagasine environ 10 milliards de m³ d'eau par an. Par contre, du point de vue des évaporations cela ressemble à une marmite surchauffée, les pertes même si elles ne sont pas évaluées avec exactitude sont énormes, ce qui favorise à maintenir un taux d'humidité assez élevée dans la zone.

IV.2.1.6. Cadre de végétation

L'étude du cadre végétal a été réalisée grâce à la collaboration de spécialiste de la végétation. A cet effet, des relevés de végétation associés à 32 édaphons ont servi à la construction du schéma syntaxonomique et écologique de l'écosystème de Ain Skhouna, cinq grands groupements végétaux ont été reconnus ;

- a. Les formations à *Salicorne* et à *salsola* ; il s'agit de 2 nouvelles associations, le *Salicornie tummacrotachi* et le *Salsole tumtetrandri*, ainsi qu'une sous association, de *Salsole tosumsieberi*, ont été décrites,
- b. Le groupement à *Limonium* une nouvelle association, le *Limonietum cymulferi*, et une sous association le *Limonie tesumdelicatulii*, ont été décrites et complètent le syntaxon,
- c. Le groupement à jonction dans lequel une association nouvelle a été décrite, le *Juncetoma ritimicreticae*,
- d. Groupement à roseraie : *Phragmitetea*,
- e. Groupement à *Tamarix gallica* et *africana* (tableau 3).

Tableau 3. Nombre d'espèces végétales par famille de Ain Skhouna.

Famille	Nombre d'espèce par famille
Amaranthaceae	8
Asteraceae	6
Poaceae	5
Plumbaginaceae	4
Plantaginaceae	2
Tamariaceae	2
Caryophyllaceae	2
Apiaceae	1
Geraniaceae	1
Juncaceae	1

Concernant le groupement du littoral du Chott (zone humide) : Il renferme les halophytes dominées Par :

- *Sueda maritima*
- *Sueda fruticosa*
- *Salicornia fruticosa*
- *Tamarix galica*
- *Spergularia salina*
- *Atriplex halimus*
- *Juncus maritimus*.

L'étude a été réalisée au long de ce transect (fig. 31) et les points de leurs emplacements ont été géo-référencés



Figure 31. Transect d'étude de Ain Skhouna (Wilaya de Saïda).

IV.2.2. Commune de Draa El Mizan (Wilaya de Tizi Ouzou)

IV.2.2.1. Cadre administratif

La commune de Draa El Mizan est située dans la wilaya de Tizi-Ouzou dans la région de Kabylie, c'est également le chef-lieu de la daïra (sous-préfecture) du même nom. Avec une population d'environ 43.125 habitants, la commune culmine à une altitude moyenne de 650 m (fig. 32). L'actuelle commune de Ain-Zaouia faisait partie jusqu'à 1985 de la commune.

Coordonnées géographiques : Ces points spatio-temporels sont ;

N 36°32' 8'', 3°50' 3''

E 36°.53556, 3.83417.

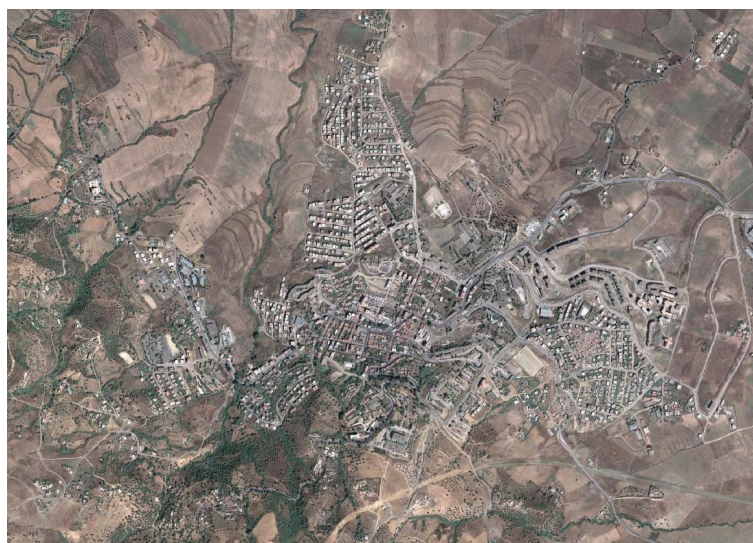


Figure 32. Image intégrale QUICKBIRD de la région de Draâ El Mizan.

IV.2.2.2. Cadre climatique

a. Température

Draa elMizan se situe dans l'étage bioclimatique sub-humide, présentant un hiver tempéré.

D'une manière générale on distingue deux saisons :

- Saison froide s'étale de novembre à avril où les minima descendent à -0°C,
- Saison chaude s'étale de mai à octobre où les maxima dépassent 45°C (tableau 4).

Tableau 4. Températures de la station climatique de DEM (1973-2000) (Source ANRH).

Température T°	Mois											
	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec
minimale	6.6	7.3	8.8	10	12.9	17.2	20.6	21.7	19.4	15.9	11.7	8
Maximale	13	15.6	18	18.1	20.9	28.6	33	33.9	29.1	24.5	18.6	13.9
Moyenne	9.8	11.5	13.4	14.1	16.5	22.9	26.6	27.8	24.1	20.2	15.2	11

b. Précipitation

A DEM ce territoire reçoit beaucoup de précipitations, les moyennes annuelles dépassent 500-600 mm partout et plus de 1000 à 1100 mm sur les hauts reliefs, dont les versants sont bien exposés aux vents humides (tableau 5).

Tableau 5. Données pluviométriques moyennes de la station climatique de DEM (1973-2000) (Source ANRH).

Précipitation mensuelle (P en mm)												Moye
Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec	
17.9	76.7	53.7	67.4	49.7	10.8	3.2	9	37.9	48.6	68.1	1008.9	651.9

D'une manière générale il ressort que l'examen des températures révèle, pour DEM, des nuances de climat qui ne sont pas en relation toujours direct avec l'altitude. L'exposition par rapport à la mer joue un rôle important.

La chaîne du Djurdjura est en grande partie perpendiculaire aux vents chargés d'humidité et joue un rôle de condensateur (Zalouk, 2011).

Le climagramme d'Emberger définit selon un quotient pluviométrique l'étage bioclimatique auquel appartient une région donnée (Dajoz, 2000)

IV.2.2.3. Cadre géologique

A Draa El Mizan on trouve du calcaire et de la chaux hydrique de Dellys, utilisés dans la fabrication du ciment. Cela illustre d'un point de vue général l'étendue de notre histoire, allant jusqu'à l'ère primaire de la création de la terre et surtout la richesse géologique du Djurdjura, notamment minérale, qu'il renferme, présence des terrains siluriens, des terrains dévoniens, des terrains jurassiques, les terrains crétacés.

IV.2.2.4. Cadre géomorphologique

Compte tenu de leur texture très fine, d'une proportion importante de matière organique, mais aussi du modelé géomorphologique (basse plaine), les eaux usées non traitées en aval sont stagnantes et accentuent la pollution dans les bas-fonds.

Stagnation et pollution de surface visible (très forte eutrophisation des cours d'eau) mais aussi et certainement des nappes phréatiques. Comparativement aux sols sus indiqués, ils sont plus saturés en bases et notamment en produits calcaires des schistes.

IV.2.2.5. Cadre hydrogéologique

La localité montre un relief montagneux fortement accidenté avec un climat sub-humide plutôt favorable pour la prolifération des vecteurs.

Le sol : Les sols d'un point de vue pédologique appartiennent en bordure des voies d'eau à des veracrisols insaturés à acides et à des colluviosols acides là où les transports de matériaux fins se sont faits sur de petites distances ou encore à des luvisols.

Oued K'SARI : situé dans la plaine de Draa El Mizan, les sols reposent sur des argiles du Numidien alterné par des bandes de schistes, de conglomérats et de gneiss.

IV.2.2.6. Cadre de végétation

Une végétation particulièrement ripisylve prospère en ces sols et lui donne un taux en matière organique élevé, on rencontre une végétation arbustive naturelle assez basse d'oléolentisque représentée principalement par *Olea europae avar*, *Oleaster*, *Ceratonia siliqua*, *Pistacia lentiscus*, *Chamaerops humilis* et *Quercus coccifera*.

La végétation correspond à l'étage de végétation mixte, chêne kermès, Cèdre de l'Atlas colonisent les parties alticoles de la région. C'est une région à vocation agricole avec maraichage et oliveraies, c'est notamment une zone d'élevage ; on a signalé aussi une présence importante de la faune sauvage, ce qui représente un biotope idéal pour le cycle des phlébotomes.

Les principales formations arborées observées :

- Groupement à *Nerio oleander* et à *Tamarix gallica*. Ce groupement forme les bois avant de pénétrer dans les formations ripisylves.
- Une association à *Nerium oleander* et *Tamarix gallica subspnilotica* (Quezel, 1954) ; cephytocénose occupe les parties boisées du bassin versant débouchant sur le barrage.

IV.3. Etude du réservoir

IV.3.1. Etude des rongeurs

IV.3.1.1. Etude biodémographique des rongeurs

Prospection de recherche de réservoirs : A travers la zone de Ain Skhouna l'aire de répartition des rongeurs a été délimitée sur la base de recherche des indices de présence : terriers, fragments de chénopodiacées, crottes et traces d'urines. En se basant sur cette technique et avec l'aide des paysans locaux, plusieurs hectares ont été prospectés selon un transect (bordure de Sebka, Chott) ; Les coordonnées des biotopes prospectés sont relevées par GPS.

IV.3.1.1.1. Méthodes d'échantillonnage indirectes

L'échantillonnage indirect est utilisé pour détecter, dénombrer et identifier, si possible, les micromammifères présents dans le milieu.

Les méthodes indirectes consistent, d'une part en la recherche des traces visibles de l'activité des micromammifères tels que les crottes, les terriers actifs, les empreintes et les pistes, la récolte des pelotes de rejection des prédateurs de ces animaux tel que la belette et chouette et d'autre part le recensement de l'habitat des rongeurs (fig. 33).



Figure 33. Pullulation des rongeurs dans la zone de Ain Skhouna.

a. Comptage des terriers et des galeries

Cette estimation réalisée par l'observation des terriers (actifs ou abandonnés) par un enquêteur expérimenté ou par la fermeture des terriers et le comptage des terriers ouverts de nouveau au bout d'un certain temps (24, 48 ou 72 heures) (Helal *et al.*, 1996 ; Matschke, 1984 ; Hedgal *et al.*, 1978).

Le dénombrement des terriers a été réalisé selon la méthode décrite par Saddiki (2000) afin de couvrir la zone entière et de faciliter le dénombrement, une large superficie de 9 sites d'hectare de superficie ont été sélectionnés avec l'aide des paysans locaux selon la présence des terriers, l'abondance des chénopodiacées et l'anthropisation. Dans chaque hectare, une surface de 100 m² a été divisée en cinq carrés d'un mètre de côté ont été choisis au hasard pour répertorier les terriers et calculer la moyenne par site. Le dénombrement a duré 72 heures (fig. 34).



Figure 34. Comptage des terriers à Ain Skouna

Cette méthode convient aux études sur les rongeurs désertiques comme le *Psammomys* ou les *Meriones* et dont les terriers sont bien visibles dans leur biotope respectif. Il faut cependant connaître l'architecture des terriers et le nombre d'animaux par terrier. Le comptage des terriers par unité de surface montre une bonne corrélation avec le nombre de rongeurs présents (fig. 35 et 36) (Anthony et Barnes, 1983).

- **Avantage**

La certitude de l'existence des micromammifères à travers la présence de terriers habités.

- **Inconvénient**

L'abandon de certains terriers en cours d'étude.



Figure 35. Vue d'ensemble de la zone de Ain Skhouna.



Figure 36. Vue d'ensemble de la zone de Draa El Mizan.

IV.3.1.1.2. Méthodes d'échantillonnage directes

Ces techniques sont très efficaces et très précises puisqu'elles se manipulent directement sur l'individu à étudier (Saddiki, 2000). C'est la technique la plus utilisée, elle permet le prélèvement total des rongeurs vivants ou morts présents dans les zones d'étude. Les techniques de captures utilisées à cette fin sont variées.

a. Capture par piégeage

Il existe de très nombreux pièges pour capturer des animaux vivants. Plusieurs modèles peuvent être utilisés pour les micromammifères terrestres à savoir les ratières, les pièges de types BTS (Besançon Technologie système), les tapettes et les pièges collants. Dans notre cas on a utilisé les pièges Sherman pour garder les spécimens vivants (fig. 35), ils sont généralement en aluminium et mesurent environ 230 mm x 95 mm x 80 mm une fois monté. Ce type de capture a été utilisé à DEM.

Les captures des rongeurs ont eu lieu le mois d'août 2010 et ont porté sur six sites répartis de façon à couvrir la totalité de la zone.

Les captures des rongeurs ont été réalisées avec 15 pièges métalliques de type Sherman lesquels ont été déposés devant les orifices des terriers durant cinq jours successifs et surveillés toutes les huit heures, jour et nuit (fig. 37).



Figure 37. Pièges de type Sherman à DEM

Les pièges numérotés sont vérifiés tous les matins et les biotopes correspondants aux pièges positifs sont notés. Différents biotopes du foyer ont été prospectés afin de dresser un inventaire des espèces de rongeurs connus et actualiser les données d'une part et rechercher d'autres rongeurs réservoirs pouvant jouer un rôle dans la dissémination de la maladie d'autre part.

b. Capture manuelle

Ce type de capture a été retenu dans la zone de Ain Skhouna. L'étude des micromammifères soulève chez le mammalogiste, des difficultés dues surtout aux comportements discrets et compliqués de ces animaux. Cette étude suppose une prise de contact avec le rongeur, pour cela, plusieurs techniques doivent être utilisées, soit pour l'observer ou bien pour le capturer.

- à Ain Skhouna en zone péri-domestique, elle s'effectue dans des champs, situés non loin des habitations, la capture des rongeurs a porté sur neuf sites répartis de façon à couvrir la totalité de la zone étudiée, de manière représentative.

Les captures ont eu lieu durant le mois de juillet, tôt le matin et avant le coucher du soleil. Les rongeurs sont capturés manuellement après inondation des terriers par des citernes d'eau et défoncement de leurs terriers (fig. 38).



Figure 38. Méthodes de Piégeage des rongeurs à Ain Skhouna.

Les terriers sont inondés à partir du trou le plus élevé. Les animaux sont saisis par la main gantée à la sortie des autres orifices à la ligne (fig. 39).

Les pièges renfermant les rongeurs et la belette *Sebsseb* issus des sites d'étude de chaque site ont été numérotés et ensuite transportés au laboratoire vétérinaire. Pour une meilleure sécurité et protection contre les infections notamment la rage.

Chaque site des deux zones d'études a été dûment identifié par relevés GPS.

IV.3.1.2. Traitement des échantillons

IV.3.1.2.1. Méthode d'identification et critères biométrique des espèces de rongeurs capturés

La préparation des animaux capturés a été réalisée par inhalation d'anesthésique volatil, le chloroforme afin de faciliter leur examination externe. Concernant le vertébré, une préparation spéciale utilisant un analgésique suivi par un anesthésique assurant ainsi une meilleure relaxation lors des mesures biométriques. Les spécimens sont photographiés avec un appareil numérique. Après la préparation, l'espèce, le genre, l'estimation de l'âge, le sexe, la couleur de la robe, le poids, ainsi certaines caractéristiques tel que des petites ulcérations visibles sur l'extrémité des oreilles, des pattes et le corps ont été soigneusement notées.

IV.3.1.2.2. Matériel utilisé au laboratoire

- Pince.
- Cages métalliques (spécimens vivants)
- Couteau
- Pied-à- coulisse électronique pour les mesures biométriques.
- Bistouris
- L'eau distillée
- L'eau de javel
- Balance électronique
- Chloroforme (anesthésie) et coton
- Microtubes Eppendorf
- Flacon de bouin

IV.3.1.3.3. Analyse morphométriques (biométrique)

a. Identification du sexe

La détermination du sexe est réalisée par détection extérieure, par la position des orifices génitaux par rapport à l'anus. La femelle possède un clitoris développé et une fente génitale au-dessus de l'anus. Par ailleurs, chez le mâle le pénis est nettement plus éloigné de l'anus (Alia, 2012).

b. Mensurations corporelles

L'identification des spécimens capturés a été réalisée par mesures corporelles à l'aide d'un pied à coulisse.

Les mensurations sont prises sur les micromammifères vivants, c'est à dire juste après leurs captures. Les rongeurs capturés sont anesthésiés au chloroforme pendant 10 mn puis pesés. Les principales mensurations effectuées sont :

- Longueur tête et corps (T + C) : L'animal est placé sur le dos, bien à plat, mais sans l'étirer et on mesure la longueur tête-corps du bout de nez jusqu'à l'anus.
- Longueur de la queue (Q) : On mesure la longueur de la queue, de l'anus jusqu'à l'extrémité de la queue
- Longueur du pied postérieur (Pp) : Cette longueur se mesure depuis le talon jusqu'à l'extrémité du doigt le plus long y compris l'ongle.

Longueurs de l'oreille (Or) : Elle est mesurée à partir de l'échancrure antérieure du trou auditif, jusqu'au point le plus éloigné du pavillon, l'oreille étant maintenue dans une position normale (fig. 38).

Ces mensurations sont comparées avec la clé de détermination des rongeurs en zones arides, selon De Hamdine (1998), Duplantier *et al.* (1993) et de Aulagnier et Thevenot, (1986) ainsi que celle de la belette décrite par Grejean et Barrat (2001).

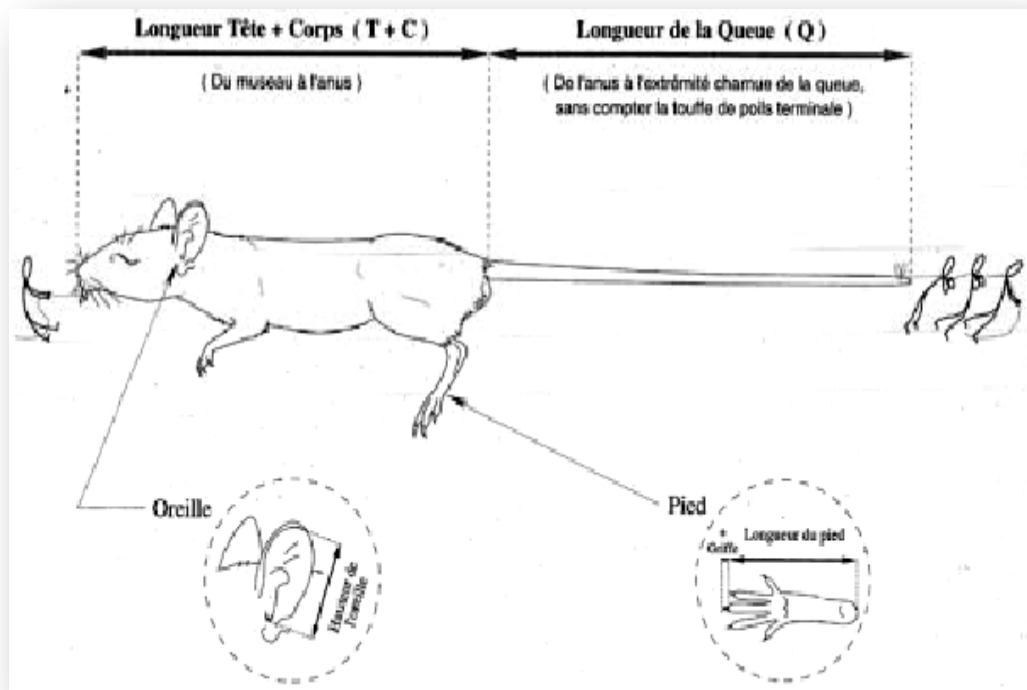


Figure 39. Morphométrie corporelle d'un rongeur (Benlahrech, 2008).

c. Dissection et prélèvements d'organes

Une autopsie a été réalisée sur chaque rongeur en présence d'un pathologiste. Après examen systématique des cavités thoracique, abdominal ainsi que les organes exposés. La taille des ganglions préscapulaires et mésentériques de chaque rongeur a été notée. Il est connu que les macrophages du point d'inoculation peuvent réagir avec les antigènes du promastigote et migrent vers d'autres localisations entre autre les ganglions mésentériques (plaque de peyers) des intestins.

IV.3.1.3.4. Etude histomorphologique

a. Frottis : Des frottis ont été réalisés à partir du bout d'oreille et rate sur les rongeurs suspects. Les lames seront colorées par la MGG.

b. Coloration de Giemsa : Les lames sont fixées par du méthanol pendant 1 minute puis colorées au Giemsa (dilué à 20%) (Annexes) pendant 20 minutes. L'observation microscopique au Grossissement X 100 permet de déceler la présence des formes amastigotes intracellulaires dans les prélèvements.

c. Histologie : Les ganglions prélevés lors d'autopsie sont coupés en deux et immédiatement fixés dans le liquide Bouin pendant 5 jours pour une analyse histologique. Les échantillons ont été déshydratés, clarifiés, avec inclusion dans la paraffine, des coupes de 5 μ ont été réalisées au microtome, suivi d'une coloration à l'hématoxyline éosine et au MGG. L'examen parasitologique des coupes des ganglions en vue de la recherche d'amastigotes à l'intérieur des macrophages à été réalisé macroscopiquement sous grossissement x 600-1000.

IV.3.2. Etude du chien

a. Ain Skhouna

Du fait de la rareté des chiens à Ain Skhouna, seul les chiens existant dans le chef lieux et à proximité ont fait l'objet de prélèvement pendant une période de 1 semaine en aout 2010.

b. Draa El Mizan

Durant le mois de juin 2010, la campagne d'abattage des chiens errants à Draa El Mizan a permis de réaliser des prélèvements ganglionnaires et sanguins sur un chien abattu suite à plusieurs compagnes par l'aide de l'APC de Draa El Mizan.

Egalement des prélèvements canins provenant de plusieurs exploitations de la région ont été réalisés.

IV.3.2.1. Examen clinique

Lors des consultations, l'ensemble des commémoratifs concernant les animaux ont été enregistrés : race, âge, sexe, localisation, signes généraux (amaigrissement, anémie, ...). Par la suite, un examen clinique détaillé a été reporté sur des fiches d'examen clinique avec photo du chien (voir annexe) suivi par des prélèvements de sang total.

IV.3.2.2. Méthodes de prélèvements

Le prélèvement de sang s'effectue au niveau de la veine céphalique de l'avant bras du chien. C'est une technique de prélèvement difficile à réaliser car elle nécessite une très bonne contention de chien, et elle ne permet pas de prélever des volumes importants de sang du fait du petit calibre de la veine.

Après une désinfection de la région de l'avant bras, on pratique un garrot. Le prélèvement est effectué à l'aide d'une aiguille sur un porte-vacutainer où le sang est recueilli dans un tube stérile de 5 ml ou soit dans une seringue stérile. Les prélèvements sanguins ont été réalisés sur des tubes secs destinés à l'IFI et des tubes citratés identifiés pour réalisation de frottis et l'observation d'amastigote.



Figure 40. Prélèvement de sang chez le chien dans les deux sites

Une fiche, remplie par le vétérinaire, accompagnait le prélèvement, et apportait des renseignements sur :

- Le chien : race, âge, sexe, activité (chasse, garde, berger ou compagnie), lieux de naissance et de résidence actuelle.
- La maladie : début des symptômes, signes cliniques à choisir dans une liste (un champ était laissé libre pour d'autres signes cliniques)
- Le cas échéant, les traitements déjà entrepris, et l'évolution sous traitement
- Le cas échéant, les sérologies déjà réalisées et leurs résultats.

IV.3.2.3. Transport des prélèvements

Les prélèvements ont été acheminés vers le Centre National de Référence pour la *Leishmania* de l'institut Pasteur d'Algérie (IPA d'Alger) dans les 24 heures dans des boîtes isothermes sous froid. Au niveau du service de parasitologie nous avons procédé à la récupération de la couche leucocytaire à partir des tubes citratés et le sérum des tubes secs après centrifugation suivi d'une conservation à -20°C.

Les différentes coordonnées GPS des adresses des chiens qui ont fait l'objet de l'étude à Ain Skhouna et Draa El Mizan sont présentées dans les tableaux des annexes.

IV.3.2.4. Traitement des prélèvements (IFI : Immuno-Fluorescence- Indirecte)

Elle consiste à mettre en présence un antigène figuré avec des dilutions successives de sérum suspect. Si le sérum contient des anticorps spécifiques, ceux-ci se fixent sur les parasites puis retiennent le conjugué fluorescent (anti-immunoglobuline marquée à l'isothiocyanate de fluoresceine). L'examen en microscope à fluorescence en obscurité, le complexe antigène-anticorps apparaît fluorescent.

Cette technique élégante, rapide, qualitative et quantitative donne d'excellents résultats en parasitologie si l'on respecte certaines règles : utilisation d'un matériel parasitaire convenable, élimination des fluorescences non spécifiques, détermination des titres significatifs (Kamoun et Fréjaville, 2002). Elle constitue la technique de choix dans le diagnostic de la leishmaniose viscérale.

Pour effectuer cette technique, il faut préparer l'antigène à partir de milieu NNN, de sérum de lapin de tampon P.B.S. Cet antigène servira à sensibiliser les lames à différents puits (8-16) pour immunofluorescence.

- Retirer les lames portant l'antigène conservées au congélateur, les sécher à l'étuve (15mn), les fixer à froid à l'acétone pendant 10mn à 4°C et les remettre à sécher (à l'étuve pendant 15 mn).
- Préparer les dilutions : 1/20, 1/40, 1/80, 1/160, 1/320, 1/640 (les sérums de chiens atteints de leishmaniose sont fortement positifs).

Pour la dilution 1/20 : 1,9 ml de tampon P.B.S + 0,1 ml de sérum à tester (100µl),

Pour la dilution 1/40 : 0,5 ml de tampon P.B.S + 0,5 ml de la dilution 1/20,

Pour la dilution 1/80 : 0,5 ml de tampon P.B.S + 0,5 ml de la dilution 1/40.

Contact antigène-anticorps

Une fois les dilutions préparées, déposer une goutte de chaque dilution dans un puit de lame portant l'antigène :

- Mettre ensuite les lames ainsi préparées dans une chambre humide et incuber à 37°C /30mn.
- Une fois le temps écoulé rincer les lames avec un jet de pissette (P.B.S), puis les mettre dans un bain de P.B.S pendant 5 mn sécher ensuite les lames.
- Puis préparer l'anti-immunoglobuline chien (contact de l'anti-immunoglobuline fluorescente)
- (Anti-dog IgG/Wholemolecule), boîte FITC conjugate 02 ml à IF (Sigma code Réf : F 7884).
- Dilutions : Anti-immunoglobuline chien : 1/100 : 1000 µl = 01ml de P.B.S 01 Goutte d'anti-immunoglobuline chien.

- Rajouter ensuite une goutte d'anti-immunoglobuline chien sur les lames portant les sérums.
- Remettre les lames dans une chambre humide et les incuber à 37°C/30mn.
- Une fois les lames retirées de l'étuve, les rincer avec P.B.S puis les mettre dans un bain B.P.S pendant 5mn et enfin les sécher
- Sur ces mêmes lames sèches, on rajoute une goutte de bleu d'Evans dilué au 1/10.000 sur chaque puits ; ce dernier permet de masquer les fluorescences non spécifiques et de colorer le fond de leishmanie en rouge.
- La lecture se fait avec un microscope à fluorescence en obscurité.
- Le seuil de positivité est à 1/80.
- ✓ Si à la dilution 1/20, on a un résultat négatif donc il n'y a pas de leishmaniose.
- ✓ Si à la dilution 1/80, on a un résultat positif donc c'est une leishmaniose.

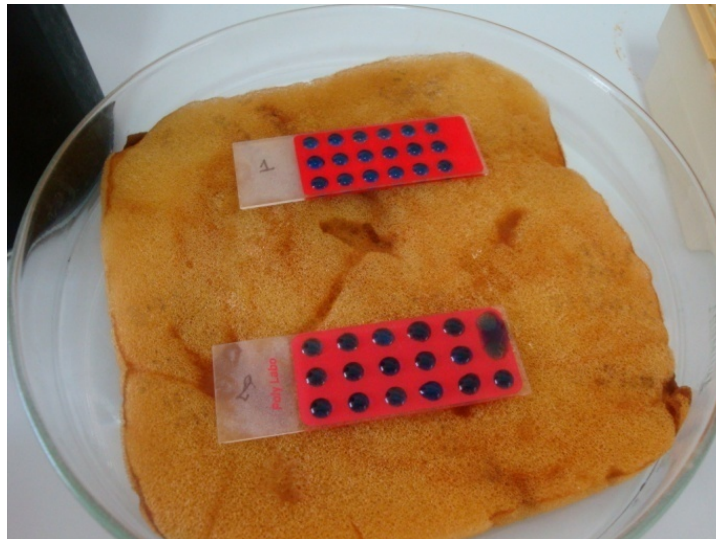


Figure 41. Contact antigène-anticorps.

Après diagnostic de laboratoire les chiens classés comme leishmanies sur la base des résultats d'analyse sérologique. L'IFI est la méthode de référence définie par l'OIE et ses qualités intrinsèques sont satisfaisantes (fig. 43). La lecture au microscope à ultra-violet (objectif x40) est réalisée après montage entre lame et lamelle avec la glycérine tamponnée :

- Témoins positifs : les promastigotes sont colorés en vert,
- Témoins négatifs : les promastigotes sont colorés en rouge.

Le seuil de positivité est à 1/80.

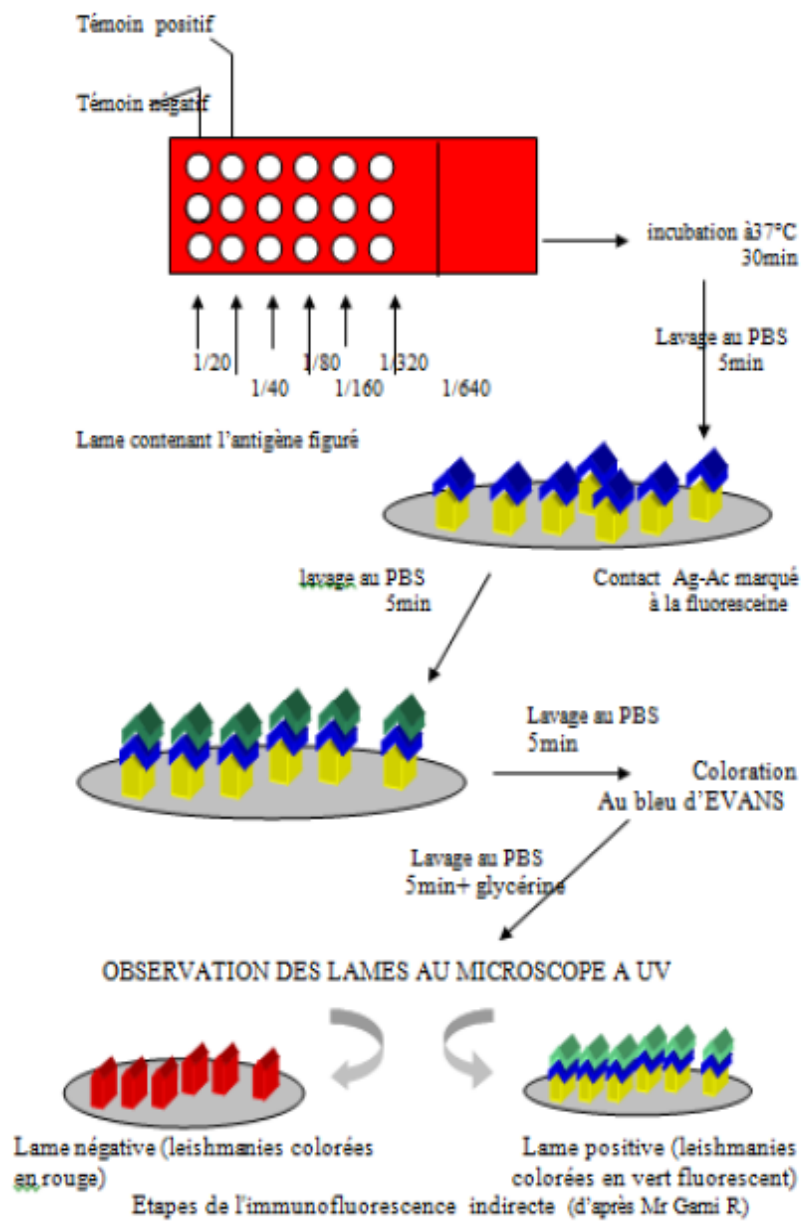


Figure 42. Technique d'immunofluorescence indirecte.

IV.4. Lutte biologique

Durant nos travaux sur la zone de Ain Skhouna et selon les observations des habitants de cette localité réalisées sur la pullulation et le comportement des rongeurs, il s'est avéré que le femelle rongeur donnant naissance à un vertébré localement nommé Sebseb et que ce dernier une fois devenu adulte se retournait contre elle et la dévorait.

Ces observations nous ont poussées à tester ce vertébré comme moyen de lutte biologique. Cependant, toute les pratiques de lutte restent relatives aux proliférations de ces mammifères ravageurs et réservoirs de zoonoses dans le monde, il faut procéder à des études et recherches de haute technologie afin d'assurer un certain control des populations existantes.

IV.4.1. Introduction des belettes à Ain Skhouna

Après confirmation que cet invertébré était une belette considérée comme prédateurs des rongeurs, une introduction expérimentale de belettes a été réalisée la même année (fig. 44)



Figure 43. Belette piégée

Notre démarche méthodologique réalisée durant le mois d'Aout 2010 consiste à diviser et clôturer la superficie d'étude en deux zones A et B, de 500 mètres carrés chacune et assez éloignée l'une de l'autre afin d'éviter tout passage de belettes d'une zone à l'autre. Puis on a procédé à mettre en place des belettes adultes uniquement dans la zone A.

Ces belettes, trois mâles et sept femelles ont été capturées lors de la campagne par des jeunes hommes de la région et l'enquête a confirmé leur régime carnivore puisqu'elles se nourrissaient uniquement de viande et de cadavres d'élevages traditionnels. Malgré que ce nombre choisi dépassait leurs besoins en proies ; il assurait en même temps la présence permanente des belettes contre l'effet nuisible des chiens, chats, chacals, rapaces, chouettes et vipères.

L'activité des terriers et la présence des rongeurs à travers les zones choisies ont été vérifiés par la présence de crottes de rats à l'intérieur et autour des terriers et des observations de la dynamique des rongeurs très tôt le matin et au couché du soleil. Tout juste avant leur mise en place, hormis l'eau, les dix belettes étaient privées de viande pendant 24 heures et leur activité vorace a été suivi pendant un mois dans la zone A.

Chapitre V

Résultats Et discussion

Résultats et discussion

V.1. Les relevés GPS des sites

Pour une meilleure visibilité de la leishmaniose cutanée dans son contexte géographique, sachant que l'extension géographique de la maladie s'opère en tâche d'huile donnant lieu à de nouveaux foyers et afin d'identifier les caractéristiques de la maladie, on a jugé utile de déterminer les coordonnées GPS des sites d'étude (tableau 6).

Les données géographiques des sites d'étude sont comprises entre 988.4 m et 1007 m pour l'altitude et entre N (34° 29 950 - 34° 30 042) et E (000 50 226 - 000 50 963) et 989m et 1014 pour l'altitude et entre N (36°32 8 3°50 3) et E (36°53556- 3.83417) respectivement Ain Skhouna et et Draa El Mizan.

A Ain Skhouna, l'altitude maximale comparée avec celle des sites restants est négligeable de l'ordre de quelques mètres, par contre à DEM la différence est plus ou moins importante, de l'ordre de 25 m.



Tableau 6. Coordonnées GPS des sites de piégeages.

	Zone / AS	Altitude / m	Nord / Est
Ain Skhouna	Site 1	1007	N : 34° 30. 042 / E : 000 50. 822
	Site 2	1006	N : 34° 30. 038 / E : 0000 50. 825
	Site 3	999	N : 34° 30. 018 / E : 000° 50. 829
	Site 4	1001	N : 34° 30 .013 / E : 000 ° 50. 835
	Site 5	988.4	N : 34° 29. 964 / E : 000 ° 50. 835
	Site 6	994.5	N : 34° 29. 950 / E : 000 ° 50. 875
	Site 7	993.2	N : 34° 30. 016 / E : 000 ° 50 .226
	Site 8	993.9	N : 34° 30. 031 / E : 000 ° 50. 943
	Site 9	999.2	N : 34° 30. 003 / E : 000 ° 50 .963
Draa El Mizan	Site 1 (étable)	358,1	N : 36° 33. 797 / E : 003° 51. 787
	Site 2 (étable)	352,8	N : 36° 33. 926 / E : 003° 51. 744
	Site 3 (abattoir)	340,7	N : 36° 33. 917 / E : 003° 51. 612
	Site 4 (Décharge publique)	339,0	N : 36° 33. 874 / E : 003° 51. 425
	Site 5 (étable)	305,6	N : 36° 33. 796 / E : 003° 51. 250
	Site 6	291,4	N : 36° 33. 771 / E : 003° 51. 184

V.2. Cadre climatique

Le calcul des variabilités mensuelles de températures et de précipitations dans les zones de Ain Skhouna permettra de mettre en valeur et nous renseigner sur la présence et l'intensité des changements climatiques durant les deux décades (1999-2000) et (2000-2010).

V.2.1. Ain Skhouna

On note une différence de températures moyennes mensuelles, entre les deux périodes et pour les mêmes mois atteint ou dépasse parfois les 2°C (fig.45). Durant le reste de l'année et notamment dans la saison d'hiver de la période 2000-2009, était légèrement plus froide que celle de la décade 1990-1999.

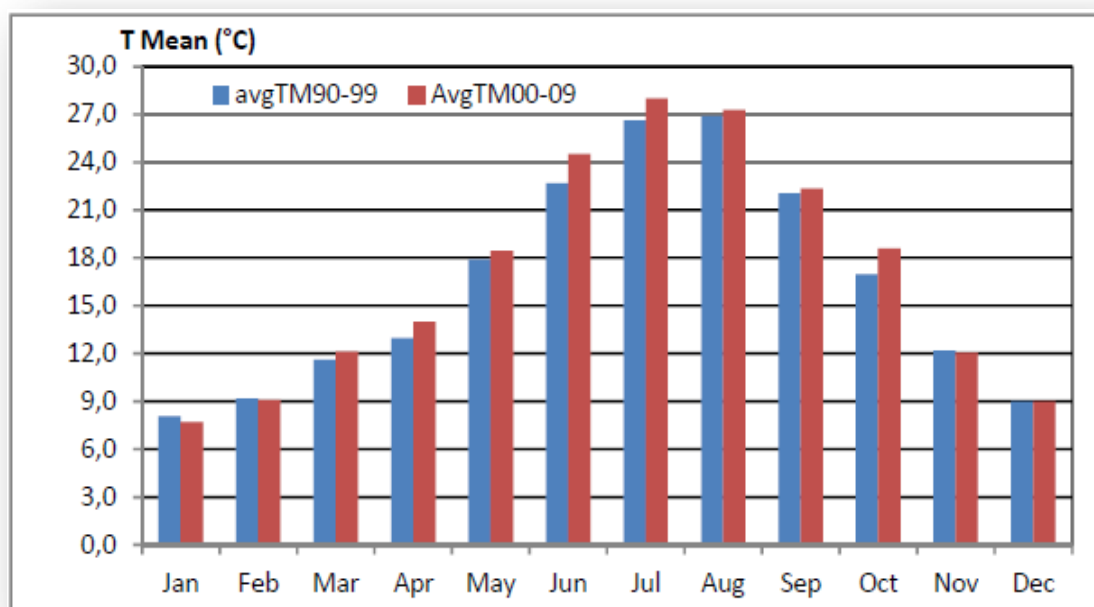


Figure 44. Evolution des températures moyennes mensuelles sur les deux périodes 1990-1999 et 2000-2009 à Ain Skhouna.

Il ressort de l'analyse des deux diagrammes ombrométriques de Gausson et Bagnols, que la période de faible incidence de la LC (1990-1999) coïncide avec une sécheresse allant de mai à novembre, plus prononcée en été avec des conditions humides (pluvieuses) en hiver et au printemps, de décembre à mars (fig. 46) ; par contre celles de la forte incidence (2000-2009) sont caractérisées par un automne et un hiver très pluvieux suivi par un printemps relativement sec et un été très sec (fig. 47).

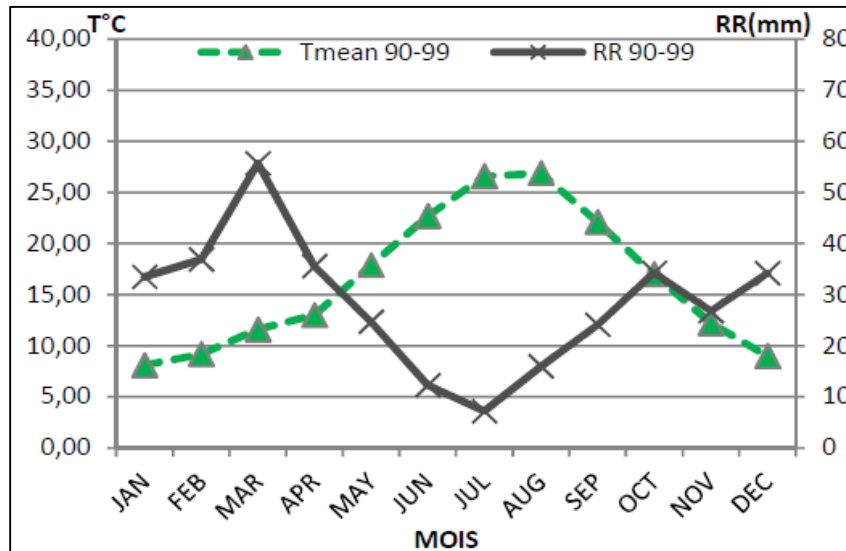


Figure 45. Diagramme ombrothermique de Saida (période 1990-1999)

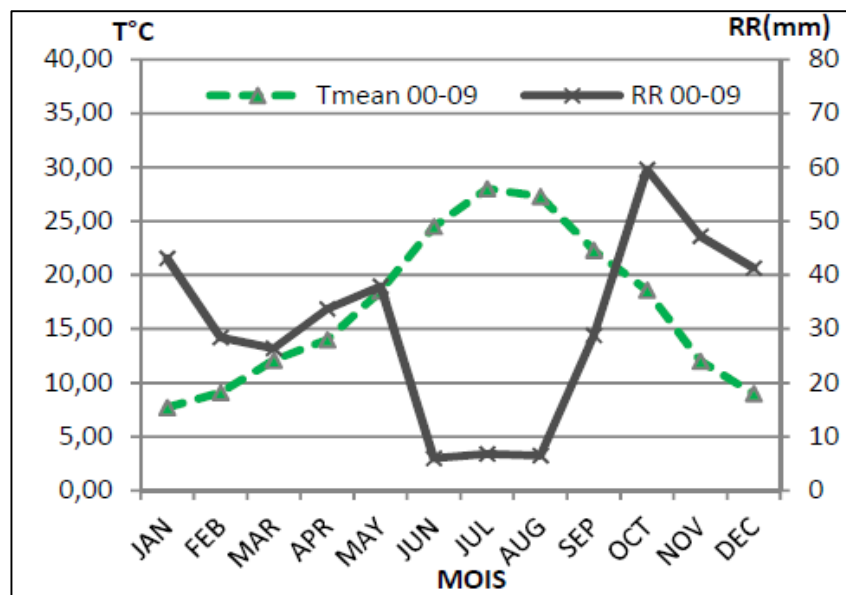


Figure 46. Diagramme ombrothermique de Saida (période 2000-2009).

V.2.2. Draa El Mizan

Ce territoire reçoit beaucoup de précipitation, les moyennes annuelles dépassent 500-600 mm partout et plus de 1000-1100 mm sur les hauts reliefs, dont les versants sont bien exposés aux vents humides (tableau 7).

Tableau 7. Données pluviométriques moyennes annuelles et mensuelles de la station climatique de DEM (1990-2009) (Station climatique DEM, 2010)

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec	Moye
DEM P/mm	17.9	76.7	53.7	67.4	49.7	10.8	3.2	9	37.9	48.6	68.1	1008.9	651.9

Le vent : Durant la période allant de 1999 à 2009, on note que la vitesse maximale du vent s'effectue lors des mois de juin, juillet avec respectivement 2.17 et 2.045 m/s. La Kabylie est affectée par une masse d'air frais au printemps provenant du Nord-Ouest. Les masses d'air chaudes provenant du Sud apparaissent à partir du mois de Juillet (Harrat, 2006).

Température et humidité : L'altitude est en moyenne de 450 m, la pluviométrie de 652 mm et la température moyenne annuelle égale à 18°C (tableau 8). Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (fig. 48) permet de visualiser la période sèche qui correspond à la surface grise qui commence au cours de la première quinzaine de mai, mais se poursuit pratiquement jusqu'au début du mois d'octobre.

Un mois est biologiquement sec lorsque le rapport précipitation (P) sur température (T) est inférieur à 2. Selon le diagramme cette période commence au cours de la première quinzaine du mois de mai et se poursuit pratiquement jusqu'au début du mois d'octobre.

Tableau 8. Température mensuelles moyennes, maximales et minimales de la station de DEM.

DEM		Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec	Moye
	m	6.6	7.3	8.8	10	12.9	17.2	20.6	21.7	19.4	15.9	11.7	8	13.3
	M	13	15	18	18.1	20	28.6	33	33.9	29.1	24.5	18.6	13.9	22.2
	T	9.8	11.5	13.4	14.1	16.5	22.9	26.8	27.8	24.3	20.2	15.2	11	17.8

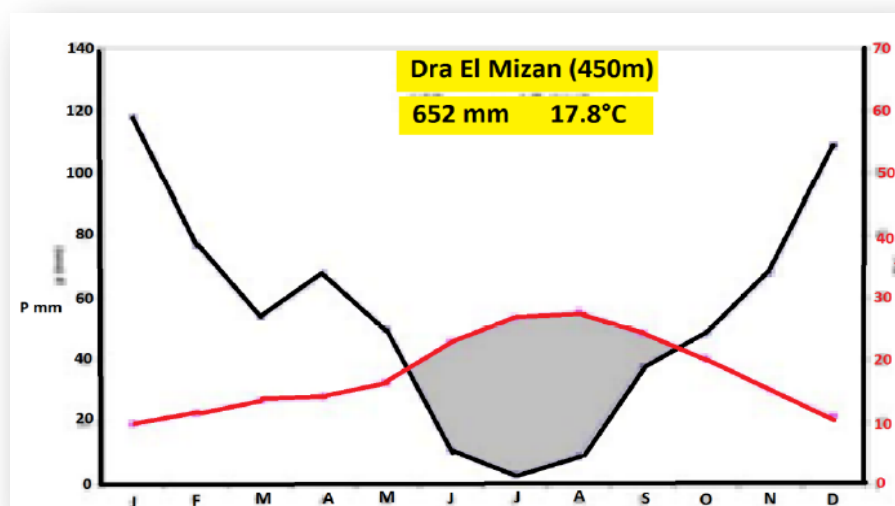


Figure 47. Diagramme de Bagnouls & Gaussen pour DEM

V.3. Etude du réservoir

V.3.1. Etude des Rongeurs

V.3.1.1. Echantillonnage indirect (Comptage des terriers)

- A Ain-Skhouna

Le comptage des terriers actifs est abondant, révèle la dynamique de la population des rongeurs à étudier. Les données du tableau 9 montrent une moyenne de deux à trois terriers par mètre carré dans les sites sélectionnés. Ils nous révèlent également que la répartition des terriers est homogène à travers l'espace. Cela nous renseigne également que le réservoir possède une organisation de vie en communauté regroupée.

Tableau 9. Nombre de terriers par m² (Ain Skhouna).

Carrés (m ²)	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8	Site 9
1	2	3	4	1	1	3	2	2	4
2	3	2	2	1	1	3	2	2	2
3	3	2	1	3	3	3	2	3	3
4	1	0	3	4	2	1	1	3	2
5	1	4	5	1	3	2	3	0	2
Moyenne/m²	2	2	3	2	2	2	2	2	3

- **A Draa El Mizan**

Il est impossible de réaliser la méthode de comptage des terriers car c'est une zone montagneuse et suite à plusieurs visites et une prospection du terrain, nous avons surtout observé une présence des rats d'égouts, par contre la région est dominée par la présence de chiens errants et cela vu l'abondance des décharges sauvages aux alentours, ainsi qu'une forte présence de chiens domestiques (fig. 49).



Figure 48. Site de DEM.

V.3.1.2. Echantillonnage direct

- **A Ain Skhouna (Capture des rongeurs par inondation)**

Le piégeage nous a permis de capturer des rongeurs par inondation des terriers, les spécimens ont été mis dans des cages identifiées (fig. 50).



Figure 49. Les rongeurs capturés par site à Ain Skhouna.

Ces campagnes de piégeage nous ont aussi permis de capturer un mammifère nommé localement Sebseb qui est considéré par les habitants de la localité comme un carnivore vorace.

- **A DrâaEl Mizan (capture par pièges)**

Les pièges déposés aux alentours de l'abattoir, des bergeries, des décharges et les habitations ont permis de capturer 11 rongeurs seulement, et cela malgré le nombre élevé de pièges (fig. 51 et 52) et la diversité des sites choisis à Draa El Mizan. Ces derniers sont connus sous le nom de rat noir ou rat d'égouts et ont été également identifiés selon la clé d'identification de Duplantier *et al.* (1993) et Aulagnier et Thévenot (1986) comme appartenir à l'espèce ravageuse couramment connu sous le nom de *Rattus rattus*.



Figure 50. Sites de piégeages à DEM



Figure 51. Rongeurs capturés à DEM par les pièges Scharman.

V.3.2. Identifications morphométriques

La morphométrie est un critère très important pour faire la distinction au sein des espèces du même genre. Le poids des rongeurs varie entre 94 et 260g. Nous avons également remarqué que la longueur du corps est supérieure à celle de la queue, sachant que c'est un critère important d'identification de l'espèce. La longueur de la tête et celle du corps varient en moyenne entre 13 et 18 cm. La mensuration des pieds postérieurs a révélé une longueur moyenne de 3.5cm. En se référant à la clé d'identification des rongeurs décrite par De Hamdine (1998), De Aulangnier et Thevenot (1986) et Duplantier *et al.* (1984), nous pouvons confirmer que ces ravageurs appartiennent à la famille des Gerbillidae et identifiés comme étant *Psammomys obesus* et *Meriones shawi* (tableau 10) (annexe). Cette identification nous a également permis de remarquer que *P. obesus* est dominant et représente 84% des captures avec 16 % sont des *M. shawi*.

Tableau 10. Résultats d'identification morphométrique des spécimens étudiés au cours des compagnes à AS.

Caractéristiques de l'espèce <i>Psammomys obesus</i> Selon (Duplantier <i>et al.</i> , 1993 ; Aulagnier et Thévenot , 1986).			Intervalles de mesures prises de spécimens capturés de Ain Skhouna
Poids (gramme)	Poids moyens selon les normes	125-208 g??	114-260
O (Oreille en cm)	(rondes et courtes)	1-1.9	1.5-1.6
Q (Queue en cm)	(touffe noire à la fin de la queue de 1,4 cm), $Q < T+C$	9-15.0	9-13.0
T+C (Tête + corps en cm)	Museau allongé	13.0-18.5	13.0-18.5
T+C+Q (Tout le corps)	/	22.0-33.5	20.3-31.0
Pp (pattes postérieures) cm	Griffes de 5mm	2.9-6	3.0-4.5
Couleur du pelage	Dos grisâtre surmonté d'un sillon noire et ventre blanc, avec la zone sous le menton légèrement plus blanc que le reste de la surface ventrale		Confirmée
Forme des yeux	Assez grandes, saillantes et noires		Confirmée
Corpuscule (Taille)	Très obèse (robuste)		Confirmée
Caractéristiques de l'espèce <i>Meriones shawi</i> Selon (Duplantier <i>et al.</i> , 1993 ; Aulagnier et Thévenot, 1986).			Intervalles de mesures prises de spécimens capturés de Ain Skhouna
Poids (gramme)	/	105-250g	94-134
O (Oreille en cm)	Assez larges	1-2	1.5
Q (Queue en cm)	(pinceau noir à la fin de la queue moins long que le corps, 30-40 mm, La face dorsale de la queue est plus pâle que le ventre de couleur cannelle) $Q < T+C$	12.0-18.0	9.0-11.0
T+C (Tête + corps en cm)	Museau allongé	13.0-20.0	13.0-18.0
T+C+Q (Tout le corps en cm)	/	25.0-38.0	22.0-29.0
Pp (pattes postérieures en cm)	/	3,2-4,2	3.0-3.7
Couleur du pelage	Dos fauve et ventre blanc		Confirmée
Forme des yeux	Rondes, larges et noires amande, avec une bande pale autour des yeux.		Confirmée
Corpuscule (Taille)	Peu obèse		Confirmée

V.3.3. Sex-ratio des différentes espèces de rongeurs capturés

Le sex-ratio des rongeurs capturés dans la région d'Ain Skhouana, dénote une prédominance des femelles par rapport aux mâles. Chez les *Psammomys obesus* la population des femelles est plus importante que celle des mâles (36♂ / 49♀) avec un sex-ratio avoisinant 1.36. Chez les *Meriones shawi*, la population des femelles est majoritaire par rapport à celle des mâles (2♂ / 13♀) avec un sex-ratio estimé à 6.5 chez cette espèce (fig. 53).

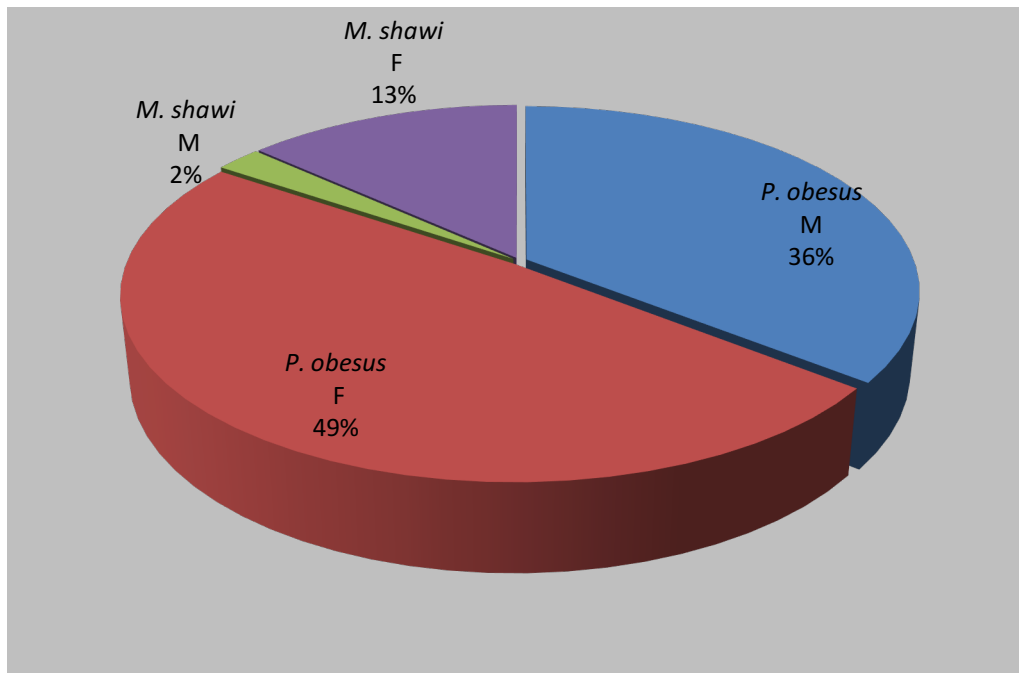


Figure 52. Sex-ratio des espèces de rongeurs capturés à Ain Skhouana.

V.3.4. Les catégories d'âges des différentes espèces de rongeurs capturés

Les jeunes des espèces de *P. obesus* représentent 74% de la population de la même espèce et 61%, par rapport à la population des rongeurs capturés dans le site d'étude. Par contre les jeunes des *M. shawi* sont de l'ordre de 40 % et de 5.5 % de la totalité des rongeurs piégés (fig. 54). Cela implique que les adultes de *P. obesus* sont en phase de reproduction et gagnent du terrain durant cette période de capture, et que des *M. shawi* sont en pleine phase stationnaire.

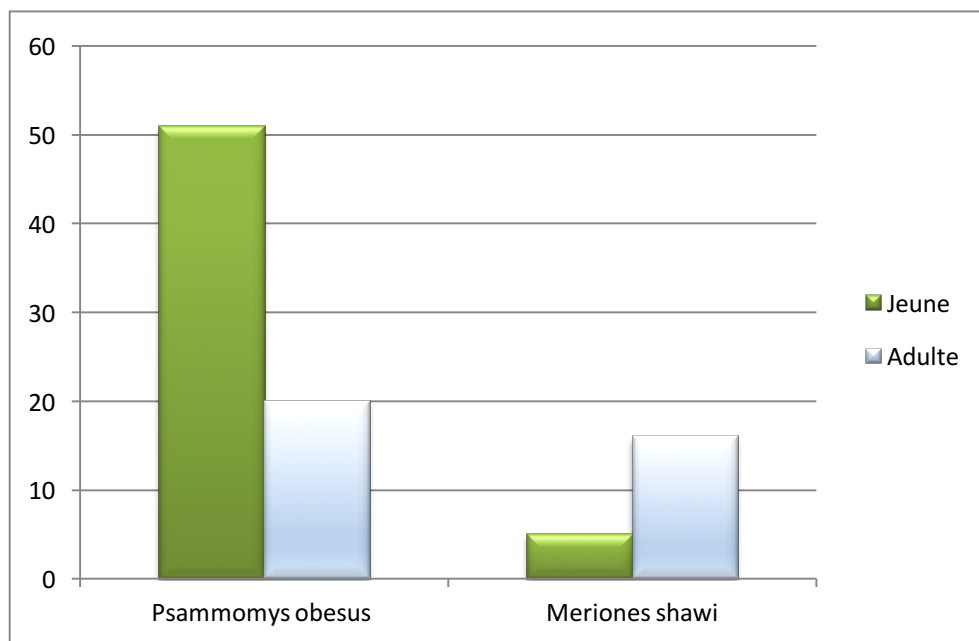


Figure 53. Catégories d'âges des différentes espèces de rongeurs capturés dans la zone Dzira (Ain Skhouana).

Les mensurations corporelles des spécimens capturés à DEM sont enregistrées dans le tableau 11. *R. rattus* présente un poids important entre de 600-750 grammes.

Tableau 11. Identification morphométrique des spécimens capturés à DEM

Caractéristiques de l'espèce <i>Rattus rattus</i> Selon(Duplantier <i>et al.</i> , 1993 ; Aulagnier et Thévenot, 1986).			Intervalles de mesures prises de spécimens capturés de
(Poids en gramme)	/	< 300	600-750
O (Oreille en cm)	de grandes oreilles	1.7-1.9	1.7-1.8
Q (Queue en cm)	queue poilue unicolore brune à noire, Q < T+C	20-22	23-25
T+C (Tête + corps en cm)	Museau allongé	18-20	22-23
T+C+Q (Tout le corps)	/	30-36	44-48
Couleur du pelage	blanc pelage dorsal lisse, dos grisâtre uni ou noire et ventre blanc		Confirmée
Forme des yeux	Assez grandes, saillantes et noires		Confirmée
Corpuscule (Taille)	Obèse (robuste)		Confirmée

Rattus rattus est de grande taille, d'où une moyenne de 23 cm. Sa queue est écailleuse, plus longue que le corps allant jusqu'à 25 cm et une couleur qui varie entre le gris foncé et le noir (fig. 55).



Figure 54. Les mesures corporelles des rongeurs de DEM.

V.3.5. Examen externe et parasitologique

Durant l'autopsie, l'examen externe des rongeurs de Ain Skhouna a révélé de petites lésions et ulcérations sur les oreilles externes et autour des yeux, chez 4 rongeurs appartenant à l'espèce *P. obesus* (fig. 56). Ces rongeurs ont également montré des ganglions hypertrophiés et légèrement congestionnés.



Figure 55. Dissection et prélèvement d'organes des rongeurs capturés.

L'examen microscopique de ces ganglions a montré des macrophages médullaires renfermant de nombreux amastigotes intra cytoplasmiques et ressemblant à de petites formations arrondies intracellulaires. Ces amastigotes ont été également observés sur les frottis de rates issues des rongeurs suspects (fig. 57).

Par contre les amastigotes étaient totalement absents sur les frottis de rates de *R. rattus* piégés dans la région de Draa El Mizan.

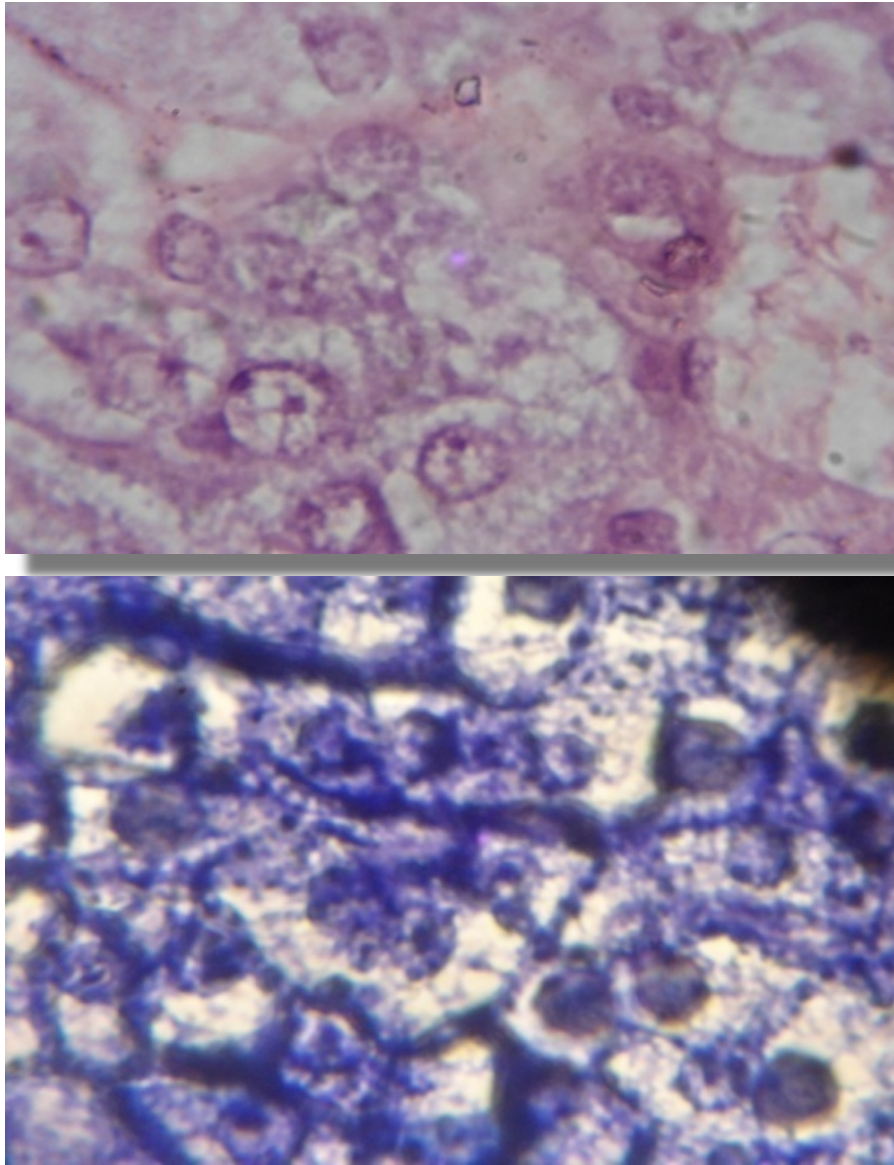


Figure 56. Macrophages de *P. obesus* montrant des amastigotes intracytoplasmiques.

V.4. Etude des chiens

Cette étude a concerné des chiens errants et d'autres chez leurs propriétaires. Elle a porté sur la clinique, le sérodiagnostic, les critères de sexe, d'âge, de race et de diagnostic différentiel de la leishmaniose avec d'autres pathologies.

V.4.1. Examen clinique

Lors des consultations, l'ensemble des commémoratifs concernant les chiens étudiés des deux zones d'étude est reporté sur des fiches d'examens cliniques avec photo du chien ainsi que la race, l'âge, le sexe, la localisation, le nom du propriétaire, le mode de vie et les signes généraux tel que l'amaigrissement, l'anémie etc ...). Ces fiches cliniques se trouvent dans les annexes.

V.4.1.1. A Ain Skhouna

La plupart des chiens de cette localité ne présentent pas de signes cliniques apparents sauf quelques cas d'amaigrissement chez des chiens de race locale (fig. 58) qui est certainement due à une sous alimentation, à l'exception d'un cas dont la symptomatologie peut suspecter une leishmaniose confirmée par le test de l'immunofluorescence indirect réalisé à l'IPA.



Figure 57. Chiens avec propriétaires à AS.

V.4.1.2. A Draa El Mizan

Le diagnostic clinique a révélé une symptomatologie assez variée, mais beaucoup d'individus n'ont aucun signe pouvant être rattaché à la leishmaniose. Sur les 72 chiens examinés, 28 cas ont présenté au moins un signe clinique évoquant une leishmaniose canine. Sur ces 28 chiens, les symptômes qui dominent le tableau clinique sont les lésions cutanées (tableau 12). Neuf animaux seulement ont exprimé simultanément trois signes cliniques ou plus. Parmi ces chiens, 16 cas de différentes tranches d'âge ont montré plusieurs lésions cutanées, allant de la simple desquamation jusqu'aux ulcères surinfectés.

L'amaigrissement est le deuxième signe rencontré par ordre d'importance observé chez 14 chiens enregistrés. Il est surtout visible au niveau de la face donnant l'aspect de vieux chien (fig. 59). La chute de poils est le troisième signe rencontré chez 11 cas, suivi par l'onchogryphose considérée comme un signe révélateur de la leishmaniose canine, elle est présente chez 9 chiens âgés. La splénomégalie également considérée comme signe révélateur d'une leishmaniose viscérale était présente dans 2 cas.



Figure 58. Diagnostic des chiens de la zone de DEM.

Tableau 12. Principaux signes cliniques observés chez des chiens suspects de DEM.

Signes cliniques	Nombre de cas
Lésions cutanées	16
Amaigrissement	14
Dépilation	11
Onychogryphose	9
Hyperthermie	6
Splénomégalie	2
Anémie	9

V.4.2. Nombre et sex-ratio des chiens étudiés

Au niveau des exploitations une totalité de 35 chiens, issus de Ain Skhouna et 72 chiens en provenance de Draa El Mizan ont été étudiés. Durant le mois de juin 2010, les campagnes d’abattage des chiens errants ont permis de réaliser des prélèvements ganglionnaires et sanguins cardiaques, sur 2 chiens mis à mort par appâts empoisonnés. Les résultats du dénombrement au niveau des deux zones d’étude montrent un pourcentage élevé de chien mâle par rapport aux femelles dont 71% étaient des mâles et 29% étaient des femelles (tableau 13), pour la simple raison que les propriétaires de chiens préfèrent élever les mâles plutôt que les femelles.

Tableau 13. Effectif des chiens étudiés selon le sexe dans les deux sites d’étude.

Site / Sexe	Nombre de chiens	
	♂	♀
Draa El Mizan	51	21
Ain Skhouna	25	10
Total	74	31

V.4.2.1. Répartition des chiens selon la race

V.4.2.1.1. Ain Skhouna

Les chiens prélevés sont répartis en plusieurs classes : les chiens de chasse, Doberman avec une dominance de la race locale, qui forment presque la totalité de notre échantillon (83 %). Ils sont pour la plupart des chiens, semi errants rattachés à leurs propriétaires, mais qui vivent en totale liberté.

V.4.2.1.2. Draa El Mizan

Les chiens prélevés à DEM sont répartis en plusieurs catégories principales, les chiens de races locales qui forment presque la moitié de notre échantillon (46 %), Berger croisé, chien de chasse et des chiens croisés qui sont pour la plupart des chiens semi errants rattachés à leurs propriétaires, mais qui vivent également en totale liberté. Ils sont bien adaptés aux pathologies locales (rage, leishmaniose...) et expriment rarement des signes cliniques. La deuxième catégorie est constituée par des chiens de races importées (tableau 14).

Tableau 14. Répartition des chiens selon la race dans les deux sites d'études

Race	Effectif	Chiens asymptomatiques	Symptômes
Ain Skhouna			
Locale	29	26	3
Chien de chasse	5	4	1
Doberman	1	1	0
Total	35	31	4
Draa El Mizan			
Berger allemand	6	6	0
Berger croisé	1	1	0
Chien de chasse	14	9	5
Locale	33	16	17
Croisé	18	12	6
Total	72	44	28

V.4.2.2. Répartition selon la classe d'âge

Nous avons réparti les chiens étudiés dans les deux sites en sept tranches d'âge, qui sont représentés dans le tableau suivant (tableau 15).

V.4.2.2.1. Ain Skhouna

Les signes cliniques des différentes classes d'âges des chiens examinés à AS présentent un seul signe clinique qui est l'amaigrissement.

V.4.2.2.2. Draa El Mizan

On peut remarquer que c'est parmi les chiens âgés, de plus de 3 ans que l'on retrouve les signes cliniques apparents, par contre les jeunes chiots de moins de 2 ans sont en incubation. Il est

clair que les chiens âgés ont eu dans leur vie plus de possibilités de rencontrer le parasite car la majorité vivent à proximité des bergeries et donc de développer la maladie comparée aux plus jeunes chiens (tableau 15).

Tableau 15. Répartition des chiens des deux sites par tranche d'âge.

Classe d'âge	Nombre de chien			
	DEM	SYP	AS	SYP
[0..... 6 mois]	08	0	08	0
] 6 mois..... 1 an]	09	1	07	0
] 1 an2ans]	14	1	08	0
] 2 ans3ans]	10	2	06	1
] 3 ans..... 4ans]	12	4	06	0
] 4 ans5ans]	10	11	00	1
] 5 ans et plus	09	9	00	2
Total	72	28	35	4

V.4.3. Séro-diagnostic

V.4.3.1. A Ain Shkouna

Du faite de la rareté des chiens à Ain Shkouna, seul les chiens existants dans le chef lieux et les exploitations de proximité, soit un total de 35 chiens dont 71% étaient des mâles et 29% sont des femelles. Ces chiens ont fait l'objet de prélèvement puis testés par l'IFI à l'IPA (tableau16). Les résultats sérologiques de ces chiens se sont révélés négatifs dans cette région.

V.4.3.2. A Draa El Mizan

Les prélèvements sérologiques (fig. 60) ont été réalisés sur la totalité des chiens en provenance d'exploitations et habitations, y compris les 28 cas présentant une symptomatologie suggérant une leishmaniose viscérale canine.

A Draa El Mizan, les 28 chiens présentant une symptomatologie suspecte se sont révélés positifs et donc infestés par les leishmanies.



Figure 59. Prélèvement sanguin des chiens à Draa El Mizan.

Le nombre total de chiens prélevés, ainsi que le nombre d'animaux séropositifs à l'IFI (fig. 61) sont présentés dans le tableau 16.

Tableau 16. Nombre de chiens prélevés et taux de positifs pour les deux sites.

	IFI	
	Nombre	Taux
Région	DEM	
Positifs	28	39%
Négatifs	44	61%
Total des chiens analysés	72	100%
Région	AS	
Positifs	00	0%
Négatifs	35	100%
Total des chiens analysés	35	100%

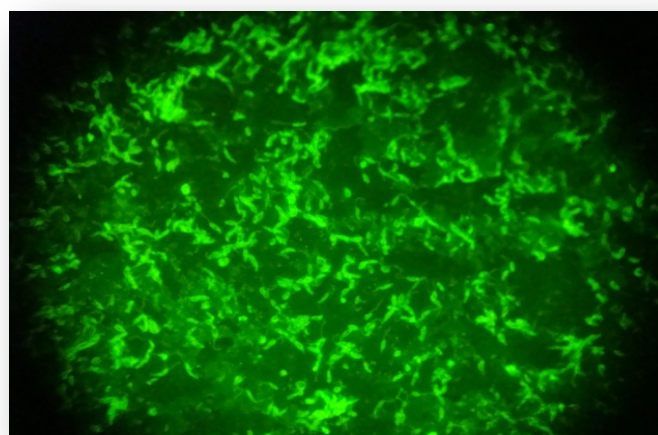


Figure 60. Réaction du complexe Anticorps -Antigène (X40) (IFI).

V.5. La lutte biologique

V.5.1. Identification morphométrique de la belette capturée (Sebseb)

La capture manuelle après inondation a également permis au niveau du site n°7 la capture accidentelle d'un large mammifère, d'apparence robuste et plus féroce montrant ces canines agressives lors de sa manutention (fig. 62).

Les critères d'identification décrits par Grejean (2001) nous ont permis de confirmer son appartenance à l'espèce *Mustela nivalis* (tableau 17).

Tableau 17. Mesures morphométriques de la belette.

Caractéristiques de l'espèce <i>Mustellenivalis</i> (Grejean, 2001)			Mesures prises de spécimens capturés à Ain Skhouna
Poids (gramme)		40-140	340
Tête (cm)	/	/	5.5
Oreille (cm)	/	/	1.5
Pattes postérieures (cm)	/	/	4.5
Queue (cm)	Queue inférieure (tête +corps) touffe noire à l'extrémité de la queue de 1.4 cm		8
Tête + corps (cm)	museau long	16-25	25.5
Forme des yeux	noir et saillants	noir	Confirmée
Couleur de la robe	rouge marron	/	Confirmée
Corpuscule	très obèse (robuste)	/	Confirmée



Figure 61. Belette (Sebseb) piégée à Ain-Skhouna.

V.5.2. Introduction expérimentale de la belette

Une partie de notre étude a pour intérêt, d'apporter la démonstration expérimentale de l'impact potentiel de prédateurs par, l'effet de la belette sur les rongeurs de Ain Skhouna (fig. 63) et d'autre part, de limiter l'impact de la lutte chimique en réduisant les risques de résidus toxiques pour la faune et la flore. L'objet final est de réduire le nombre de rongeurs réservoirs de la maladie, qui est un facteur déterminant dans le contrôle de la leishmaniose cutanée

La capture des belettes en 2010 par les jeunes paysans, a nécessité un grand nombre de piégeage à travers de larges zones. La rareté des belettes a été déjà rapportée par (Grojean, 2001) qui sont normalement des animaux solitaires. Les échanges entre individus sont indirects, la territorialité est intra sexuelle et le domaine vital d'un mâle peut recouvrir ceux de plusieurs femelles.



Figure 62. Belette capturée à Ain Skhouna.

V.5.3. Surveillance après introduction expérimentale des belettes

Les observations hebdomadaires durant le mois d'août 2011 réalisées à travers les deux zones expérimentales A et B, ont révélé une disparition graduelle des rongeurs jusqu'à l'absence complète de ces derniers, seulement dans la zone B. Cela a été confirmé lors du piégeage par inondation, réalisé à la fin de la quatrième semaine du même mois (tableau 18).

Tableau 18. Surveillance et évolution des rongeurs après introduction des belettes.

Espèces/le temps	Zone de contrôle A Rongeurs sans belette	Zone de contrôle B expérimentée rongeurs +10 belettes
1 jour 10 belettes	19 Rongeurs le matin et 11 au coucher terriers actifs	10 Rongeurs le matin et 17 au coucher terriers actifs belettes actifs
1^{er} semaine	14 Rongeurs le matin et 11 au coucher terriers actifs	04 Rongeurs le matin et 17 au coucher terriers actifs belettes à l'extérieur
2^{eme} semaine	14 rongeurs le matin et 09 au coucher Terriers actifs	04 rongeurs le matin et 03 au coucher terriers actifs belettes à l'extérieur
3^{eme} semaine	14 rongeurs le matin et 10 au coucher Terriers inactifs	Absence de belettes
4^{eme} semaine	Capture des rongeurs par inondation des terriers <i>P.obesus</i> et <i>M.shawi</i>	Absence de rongeurs après inondation des terriers

Après suivi, inspection de la zone d'étude et les dynamiques des rongeurs mensuellement jusqu'à août 2013, on a remarqué l'absence des rongeurs et des terriers inactifs et donc absence du réservoir de la maladie.

V.6. Discussion

A l'issue de notre travail, l'étude a couvert deux foyers leishmaniens, présentant des écosystèmes naturels contrastés.

V.6.1. Impact des facteurs climatiques sur les rongeurs

V.6.1.1. Ain Skhouna

Les changements climatiques et la désertification observées à travers la zone humide de Ain Skhouna, ont certainement joué un rôle dans l'extension de cette zoonose. En effet, la prolifération exponentielle de son réservoir à raison de 2 à 3 terriers au mètre carré dans la zone de Dzira, proche des habitations est due à la sécheresse. Cette dernière est conséquente d'une part, aux périodes récurrentes de manque de pluie qu'a connu le pays depuis 1975 et qui ont fortement diminué les ressources hydriques, y compris dans la zone humide. D'autre part et dans le but d'alimenter les wilayas de Saïda et de Mascara, en eau potable, faisant suite aux années de sécheresse, un pompage anarchique a été effectué dans la zone humide du Chott El Chergui, bien que protégée par la convention RAMSAR. Le rétrécissement de la zone humide s'est accompagné d'une remontée des sels et d'une érosion de la biodiversité, ce qui a entraîné une modification de la texture du sol et un déséquilibre de la flore naturelle au profit des chénopodiacées. La conjonction de l'assèchement du sol et du nouveau cortège floristique, a créé un écosystème favorable pour la colonisation de cet espace par les rongeurs réservoirs de la leishmaniose. Récemment, Aoun *et al.* (2016) de leur part ont déclaré que les récents foyers humains qui ont eu lieu entre 2012 et 2013 à Ksar Ouled Dabbab, en Tunisie et confirmé sous la forme de LC épidémique n'est apparue que suite à des changements environnementaux locaux récents.

En effet, la construction d'un barrage et l'aménagement d'un lac et d'une zone résidentielle semi urbaine, ont favorisé l'apparition de la majorité des foyers situés en bordure du lac, y compris ceux se trouvant dans les terres irriguées par le barrage. Les habitants de cette zone, ont rapporté une prolifération de *Meriones* et de phlébotomes.

Dans le même ordre d'idée, l'OMS (2014) a rapporté que la leishmaniose cutanée est une maladie sensible au climat, notamment celles engendrées par des changements dans les précipitations, la température atmosphérique et l'humidité. Dans notre étude, les relevés météorologiques de la wilaya de Saida durant la saison d'hiver, la période 1990-1999 étant en général légèrement plus chaude que celle de la décennie 2000-2009. Cette augmentation thermique coïncidait avec l'extension de la leishmaniose cutanée zoonotique, qui a touché

plusieurs wilayas telles que ; Saida, Tiaret, Borj BouAreridj, Batna, Djelfa, Sétif, etc. Elle constituait l'un des gros foyers, émergents avec 2040 cas recensés au cours de l'année 2000. Bounoua *et al.* (2013) ont aussi reporté une augmentation successive du nombre de cas de la LC dans leur zone d'étude et suggèrent que le changement du climat augmentait suffisamment les températures minimales, tout en créant des conditions endémiques adéquates alors que ces derniers n'existaient pas auparavant.

V.6.2. Impact environnemental

A Ain Skhouna, l'enquête environnementale a été réalisée sur le principe que, le cycle épidémiologique de la leishmaniose cutanée est fortement dépendant des conditions du milieu. Les paramètres recherchés sont influencés par le phlébotome vecteur, à savoir la présence d'un hôte vertébré, l'humidité, l'obscurité et une litière de matières organiques. Ces conditions sont réunies dans les biotopes suivants : abri d'animaux, maisons habitées, terriers de rongeurs, trou d'arbres, berges d'oueds et dépôts d'ordures. Quant à la prolifération du vecteur, elle subit l'influence du changement climatique global dans cette région pastorale (29% des ménages ont une bergerie) et économiquement peu développée, où les facteurs favorisants sont présents en permanence. La moitié des habitations et presque la totalité des abris d'animaux présentent des murs, le plus souvent en pierre et non crépis, abritant la ponte des phlébotomes. D'autre part, l'atmosphère humide des bergeries et la présence de fumier favorisent la multiplication et la croissance du vecteur lui-même de nature terricole.

Les mêmes biotopes, sont valables pour les rongeurs réservoirs, qui se trouvent disséminés partout dans les biotopes pré désertiques et urbains. D'après Aulanguier (1992), *P. obesus* est une espèce psammophile et la présence de sable dans des conditions quelconques suffit à son installation. Baehr *et al.* (2004) ont aussi montré que l'espèce *P. obesus* est dominante dans les stations de Branis, Sidi Okba et Doucen, car cette espèce préfère les sols salins à textures limono-argileuse, argilo-limoneuse et limono-sablonneuse à sable grossier et fins, idéales pour la creusabilité des terriers où ces types de sols sont optimales pour la croissance d'espèces d'herbacées très abondantes, utilisés comme nourriture par ce petit mammifère obèse. Comme espèces d'herbacées ces auteurs citent ; *Caleudule arvenjis*, *Calama grostisacutiflora*, *Rhynchosinapis monensis* *Hordeum murinum*, *Moricandia arvensis* et *Bromus interruptus*. Après étude du biotope sur le terrain à Ain Skhouna, nous avons effectivement remarqué que les terriers de nos rongeurs sont situés à travers une végétation abondante, relativement humide établie sous un buisson, confirmant la biologie des Gerbillidae.

D'après Harrat (1992) malgré sa spécialisation alimentaire étroite, son aire de répartition couvre tout le Sahara ; il doit donc être considéré au même titre que les autres espèces comme rongeur caractéristique du désert.

V.6.3. Comptage des terriers

La première étape de la présente étude concerne, le comptage des terriers et nous renseigne sur la présence de 2 à 3 terriers en moyenne par mètre carré. Les rongeurs possèdent une certaine organisation de vie en communauté, sachant qu'une portée peut donner entre 7 à 9 individus pour une période de gestation de 3 à 4 semaines avec une maturité sexuelle précoce de 2-3 mois, ce qui explique selon nos investigations qu'en moyenne on peut trouver jusqu'à 140.000 spécimens / hectare, donc une pullulation importante des rongeurs dans cette zone, sans négliger les dégâts qui peuvent causer ces campagnols. Comparé à l'étude de Bechar, (2015) qui compte un effectif de rongeurs de 1600 spécimens/ha, de sorte que l'espèce *Psammomys obesus* est très abondante à Doucen 1000 spécimens/ha et dans toute la région jusqu'à 2800 spécimen/ha, l'espèce *Meriones shawi* est dominante en nombre par 1300 spécimens/ha à Tolga.

V.6.4. Identification morphométrique des rongeurs

Cette identification est un test de confirmation important pour distinguer entre les espèces de rongeur. Cette dernière a permis d'identifier dans le site de Ain Skhouna *P. obesus*, *M. shawi* et une seule espèce de *R. rattus*.

V.6.4.1. A Ain Skhouna

Dans la première zone, nous avons remarqué une dominance de *P. obesus*, par rapport à *M. shawi* et on peut considérer que cette espèce s'est bien adaptée à cette région.

En effet, suite à l'étude réalisée par Belgat *et al.* (2013) en vue de mettre en valeur la relation existante entre les rongeurs et le biotope végétal ; ces auteurs ont remarqué que *P. obesus* n'est pas confronté à un apport végétal limité. Cela tiens, du fait que plus la salinité du Chott El Chergui augmente due à l'inondation de ce dernier par l'eau salée, plus les plantes halophytes s'étendent à travers la zone humide et plus ces rongeurs trouvent l'aliment et donc moindres, sont les difficultés à *P. obesus* pour s'adapter. Aussi en période estivale, qui correspond à nos séances de piégeage, ce rongeur connu pour sa grande sensibilité au manque d'eau et donc attiré par les Chénopodiacées riches en eau et l'obligeant à parcourir de grande

distance, pour coloniser les bergers des Oueds, autour des Sebkha, Chott et les accolements des routes.

La deuxième espèce identifiée à Ain Skhouna, est *Meriones shawi*, il est bon à savoir que la systématique de la Merione a subit une révision et considère la présence de deux espèces, *Meriones grandis* (Cabrera, 1907) qui s'étend de l'ouest de la Tunisie jusqu'au Sud-Ouest du Maroc. Pavlinov (2000) a signalé en Algérie la présence de *M. grandis* près de Ain Sefra ainsi que *Meriones shawi* dont l'aire de répartition s'étend du delta du Nil jusqu'au Maroc.

Dans notre étude nous confirmons que les spécimens étudiés appartiennent à *M. shawi* et non à *M. grandis*. Nos données biométriques concordent avec les études réalisées sur *M. shawi* de Bernard (1970) en Tunisie, Usborn et Helmy (1980) en Egypte, Kowalsky et Rzebik-Kowalsaka (1991) et Pavlinov (2000) en Algérie. Denys (2003) a rapporté que cette espèce fréquente souvent les biotopes variés avec végétation sur un terrain plat.

Boudrissa *et al.* (2006) ont ajouté que *P. obesus* et *M. shawi* sont deux rongeurs qui vivent souvent en sympathie, ce qui augmente le risque de transmission de parasites notamment la leishmaniose inter espèces ou inter genre et famille. Par contre, comparé à *P. obesus* qui est plus stable, *M. shawi* s'aventure volontiers à l'intérieur du tissu urbain. Belazzoug *et al.* (1986a) l'ont relevé dans les cimetières et près des dépotoirs d'ordures ménagères. Les fosses qui contiennent les déchets sont un gîte préféré de *M. shawi* considéré comme un rongeur commensal et stercoraire. Petter (1995) pour sa part a indiqué qu'en Algérie *M. shawi*, est une espèce du nord propre aux régions cultivables, mais qui peut descendre jusqu'à la zone pré désertique. Au Maroc un foyer actif de la leishmaniose cutanée zoonotique a été signalé dans un village endémique, dont le réservoir a été retrouvé dans un dépôt de déchets (Rioux *et al.*, 1986).

Plusieurs auteurs ont rapporté qu'il existe une relation entre la reproduction et la pullulation du rongeur, la végétation verte et les précipitations (Ouzaouit, 2000 ; Poulet *et al.*, 1981). Selon nos relevés pluviométriques (2000-2009) étaient caractérisés par un printemps relativement sec et un été très sec, donc accompagné par une rareté de pâture végétale pour l'espèce *M. shawi* qui correspond à notre piégeage estival. Cette carence végétale a poussé d'une part *M. shawi* à utiliser ses capacités migratoires de son effectif. D'autre part, au Maroc, Ouzaouit (2000) confirme que l'effectif de *M. shawi*, confirme que l'effectif varie au cours de l'année. Un minimum est enregistré au début de la période de reproduction en novembre et décembre, suivi par un pic en juillet en pleine période de reproduction. Ensuite le déclin de la

densité intervient vers la fin de cette période en aout et en septembre, ce qui correspond à notre période de piégeage.

V.6.4.2. A Draa El Mizan

L'analyse morphométrique des rongeurs de DEM dans cette zone d'étude a permis d'identifier seulement une seule espèce *Rattus rattus*, le nombre total de cette espèce est de 11. Ce nombre n'est pas significatif sachant que les pièges ont été déposés aux alentours de l'abattoir, des bergeries, des décharges et des habitations. Nous pensons pour les prochaines études qu'il faudrait élargir le nombre de sélection de sites de piégeage d'une part et surtout varier le type d'appâts en utilisant des dattes, du blé, de l'orge et la farine pour attirer plus de rongeurs. Ce rat noir, *R. rattus* a été souvent considéré comme un rongeur domestique et donc l'impact climatique et environnemental semble ne pas déranger son mode de vie. Boudraa (2016) a rapporté que l'espèce la plus capturée est *R. rattus* à travers les communes de Yabous et Taouzient dans la région de Khenchla. Son taux d'identification biométrique s'est révélé être de 74.13% comparé aux restes des espèces, *M. musculus*, *Rattus norvegicus*, *Jaclus jaclus* et *Aterix algirus*.

Cependant, cet auteur a remarqué que la richesse totale du piégeage et le nombre par espèce diffère d'une station à une autre. En effet, les stations de Teghaza (St 1) et de Stoh (St 4), ont révélé chacune 3 espèces *R. rattus*, *R. norvegicus* et *M. musculus* avec un total respectif de 8 et 39. Par contre, dans les stations de El-Oudha (St2) et de Ain Daoud (St 3) le piégeage a donné respectivement deux espèces ; *R. rattus* et *Aterix algirus* avec un total de 8 pour la station 2, *R. rattus* et *J. jaculus* avec un total de 3 pour la station 3. Teka et Moulou (2002) et Aneur (2003) rapportent que ces rongeurs vivent avec l'homme dans son habitat ou autour et se nourrissent et affectent sa nourriture, ses ustensiles par leurs urines et fèces et donc touchant sa propre santé.

V.6.5. Richesse d'espèces piégées

Trois espèces de micromammifères ont été piégées, *Psammomys obesus* et *Meriones shawi* à Ain Skhouna et *Rattus rattus* à DEM. Cette richesse égale à 3, est très faible comparativement à celles notées dans d'autres travaux tels que ceux de Hamdine (2002) qui a piégé près de Béni Abbes, 4 espèces de Gerbilles, (*Gerbillus gerbillus*, *Gerbillus pyramidum*, *Gerbillus campestris* et *Gerbillus nanus*). Ainsi que les travaux réalisés par le personnel technique de l'agence nationale de la nature (A.N.N) en 2006, dans différentes stations de la

région d'El Bayadh, ont capturé 6 espèces *Jaclus jaclus*, *Psammomys obesus*, *Pachyromys duprasi*, *Meriones lybicus*, *Meriones shawi* et *Gerbillus tarabuli*. Cette faible richesse dans notre étude peut être expliquée d'une part, par la rareté des ressources trophiques due à la nature sableuse salé et calcaire du sol. Poulet *et al.* (1981) ont rapporté que les ressources trophiques constituent un facteur décisif dans l'évolution des populations des rongeurs et d'autre part par l'influence des conditions climatiques, comme cela à était mentionné par Lehouerou en 1995.

Enfin l'exploitation d'une seule zone, est un facteur limitant vis-à-vis de la richesse des différentes espèces de rongeurs, ce qui n'était pas le cas pour l'A.N.N qui ont exploité plusieurs zones dans la wilaya d'El-Bayadh.

V.6.6. Classes d'âges d'espèces capturées

La présence élevée de rongeurs jeunes de *P. obesus*, représentant un taux de 74% du nombre totale capturé, permet d'affirmer que cette espèce dispose de ressources alimentaires suffisantes pour une bonne activité biologique lors de notre période d'étude. Belabbas et Butet (1994) ont mis en évidence dans leurs travaux sur les rongeurs que le phénomène de l'accroissement du poids et donc le déclenchement de leur phase de reproduction, est en relation avec la disponibilité alimentaire particulièrement les chénopodiacées. Ces espèces d'herbacées faisant partie du biotope de la zone humide de Chott Chergui. Concernant les jeunes *Mériones* leur présence à un taux de 40% par rapport aux adultes, peut être due à une disponibilité insuffisante en ressources alimentaires lors de nos captures durant le mois d'août.

Ajouté à cela, nous supposons que l'espèce *Mériones shawi* n'est pas une espèce précoce comparé à *P. obesus* et que la plupart de leur petits étaient trop jeunes pour pouvoir sortir du terrier lors de la capture par inondation. En effet l'étude de l'activité reproductrice de *Meriones shawi* a montré la continuité de la reproduction d'une façon prononcée de mars à la fin de juillet. En Algérie la présence des mâles actifs a été signalée en mars, juillet et novembre (Kowalski et Rzebik-Kowalska, 1991). Pour sa part Ouzaouit (2000) au Maroc a rapporté que les jeunes *Meriones*, sortent des terriers à la fin du mois de février et le nombre par portée dépend des ressources alimentaires, qui sont compris entre 2 et 12 embryons. Plusieurs auteurs rapportent qu'il existe une relation étroite entre la reproduction et la végétation verte. Cette dernière peut provoquer une entrée en reproduction précoce et prolonge la période de reproduction de certaines espèces de rongeurs, entre autre *P. obesus*.

V.6.7. Le sex-ration

Le sex-ratio de *P. obesus* et *M. shawi* est respectivement de 0.73 et 0.15 montre que la population des femelles est supérieure à celle des mâles.

Les travaux de Hamdine (2002) à Beni-Abbes, de Kermadi (2009) et de Alia (2012) dans la région de Ouargula, ont montré que le nombre des mâles de leurs espèces capturés est supérieur à celui des femelles. Ces résultats sont différents avec ceux des nôtres, et cela malgré que l'ensemble des études appartiennent au même étage bioclimatique semi-aride et que donc la différence principale repose sur la méthode de capture, qui est par inondation de terriers dans notre étude. En effet, Ouzaouit et Messaoudi (1984) ont rapporté que durant les mois de juillet et août les femelles rongeuses et plus particulièrement celles des Meriones, se consacrent à l'allaitement des jeunes rongeurs dans leur nid. Cette présence de femelles dans le nid coïncide parfaitement avec notre période de piégeage, ce qui a permis de les capturer en grand nombre.

V.6.8. Examen externe et parasitologique

Notre étude a révélé que, parmi les rongeurs capturés seulement 4 rongeurs appartenant à l'espèce *P. obesus* ont montré des lésions cutanées situées sur l'oreille externe et autour des yeux. Ces observations macroscopiques concordent avec les travaux réalisés par Boudrissa *et al.* (2012) sur les leishmanioses zoonotiques cutanées humaines, déclarées dans le village d'El m'Hir, situé à 180 km d'Alger faisant suite à son expansion des zones arides vers les semi arides du bassin de Soummam. Ces auteurs ont reporté que sur les 8 *P. obesus* capturés et présentant des lésions externes cutanées sur les oreilles, 5 souches leishmanies ont été isolées et identifiées toutes comme appartenant à *Leishmania major* Mon-25.

Concernant nos travaux l'équipe entomologique conjointe à la notre pour conduire une étude sur le vecteur de la leishmaniose cutanée, durant la même période et dans la même zone d'étude. Ces auteurs ont identifié son vecteur *Phlébotomus papatasi*, parmi les insectes piégés (Allal-Ikhlef et Harrat, 2012).

Sharma (2008) a rapporté que le dépôt des œufs par la femelle du phlébotome se fait dans les lieux sablonneux, peu illuminés avec une humidité relative élevée, une température constante et des sables riches en matières organiques composées principalement par des excréments des rongeurs pour que les larves puissent se nourrir. La femelle phlébotome a besoin de sang afin d'obtenir les protéines nécessaires au développement de ses œufs. Les terriers et les rongeurs confèrent un biotope idéal pour une métamorphose complète du vecteur.

Izri *et al.* (2006) ont rapporté que les phases finales du cycle parasitaire des leishmanies se déroulent dans le tube digestif du phlébotome. En effet les amastigotes se différencient en promastigotes et se multiplient, puis migrent vers les glandes salivaires et la trompe en attendant d'infecter un nouveau mammifère, tel que ; le rongeur, le chien et l'homme. Les ganglions pré capillaires drainent les lésions des oreilles par l'intermédiaire de la lymphe. Ils servent à filtrer non spécifiquement tous les agents nocifs tel que les protozoaires (promastigotes).

L'observation microscopique des ganglions lymphatiques, a révélée des macrophages médullaires renfermant de nombreux amastigotes intra cytoplasmiques et ressemblant à de petites formations arrondies intra cellulaires. Leur kinetoplaste n'était pas bien visible, cela était certainement du aux agressions chimiques subies lors de la préparation des coupes histologiques.

Boussaa (2008) a rendu qu'après une pique par la femelle phlébotome, les promastigotes inoculés sont phagocytés par les macrophages dans lesquels ; ils vont se transformer en amastigotes puis migrés avec les macrophages, se multipliés dans d'autres tissus.

Ces dernières phases représentent les stades de diagnostic de la leishmaniose, qui utilisent la coloration spécifique du M.G.G et l'immunoperoxidase (Ali Zaharani, 1988).

L'observation microscopique des ganglions issus de *Rattus rattus*, n'a pas révélé de présence d'amastigotes au sein des macrophages. Motazedian *et al.* (2010) rejoignent nos résultats en affirmant que les rongeurs *Rattus rattus* sont soupçonnés d'être des réservoirs occasionnels de *L. major*.

Par contre ces rongeurs sont surtout inculpés d'être des réservoirs pour d'autres maladies humaines, bactériennes et parasitaires. Parmi ses maladies bactériennes nous citons respectivement la leptospirose et la peste, transmises indirectement à l'homme par l'eau souillée par l'urine de *Rattus rattus* contaminée et par les piqures des puces *Xenopsylla cheopsis* renfermant des bactéries espèce *Yersinia pestis*. Ces puces sont des ectoparasites *Rattus rattus* (Boudrissa *et al.*, 2006). Blancou (2000) pour sa part a rapporté que *R. rattus* est le réservoir responsable de la maladie de Chagas due au *Trypanosoma cruzii*, parasite transmis à l'homme par des triatomés (chauve souris).

V.7. Etude des Chiens

Pour avoir un échantillon représentatif du réservoir canin dans les zones d'études, l'idéal aurait été de connaître le nombre exact de chiens vivants dans ces régions, ainsi que leur répartition à travers les différents systèmes écologiques présents, donc les données exploitées sont une série de cas, ce qui limite l'exploitation statistique qui peut en être faite, par rapport à une étude cas-témoin. Nous n'avons pu avoir accès à des statistiques concernant la population canine l'exploitation des données relatives aux chiens eux-mêmes (âge, race et activité) est donc limitée.

V.7.1. Examen clinique

L'examen clinique des chiens dans la région de ??? a révélé que parmi les chiens adultes suspectant une leishmaniose, 9 seulement ont montré simultanément lors de consultation trois signes cliniques ou plus. D'après l'étude rétrospective réalisée par Raquin (2010) à l'ENV d'Alfort sur des cas de leishmaniose canine de 2000 à 2009, l'auteur a remarqué lors de l'examen clinique que la triade « symptômes généraux + lésions cutanées + adénomégalie » est la plus fréquente puisqu'on la retrouve à un taux de 23% des consultations, soit 38% des chiens positifs pour la leishmaniose l'ont comme symptôme.

Elle a aussi noté que les signes cutanés, seuls étaient présents à un taux de 15% et comprenaient l'alopecie, squame, érythème, ulcère, l'hyperkératose, l'onychogriphose, papule, pustule, l'hyperpigmentation et furoncle.

Les signes généraux seuls à un taux de 12% et comportaient de l'abattement, l'amaigrissement, l'hyperthermie, anorexie et la fonte des muscles de la face. Aucun chien n'a pour seul symptôme l'adénopathie.

V.7.2. Sexe

A Ain Skhoua, plus de 70% des chiens étaient des mâles, cette nette prédominance des mâles touchés par la leishmaniose a été également observée dans plusieurs études comme celle de Denerolle (2003) avec 67%, de Ciaramella *et al.* (1997) avec 64% et de Slappendel (1988) avec 59%. Sachant que la leishmaniose est à la base une maladie rurale qui touche notamment les chiens d'extérieur, comme les chiens de garde ou les chiens de chasse. Dans ces situations, les chiens mâles sont préférés aux chiennes et donc ce ratio de prédominance des mâles par rapport aux femelles est contrôlé par les propriétaires. Par contre, dans les zones urbaines, les propriétaires choisissent la race plutôt que le sexe. Cependant, d'autres études ne montraient

aucune différence significative. Dans notre étude, l'absence de population-témoin ne permet pas de conclure quand à la réalité de cette différence, qui peut être réelle ou due à une plus forte proportion de mâles dans la population canine.

V.7.3. Race

Dans notre étude à DEM, nous n'avons constaté aucune prédisposition raciale qui se dégage pour les cas positifs. Cependant, dans l'étude de Ciaramella *et al.* (1997), le pourcentage des chiens croisés positifs s'élève à 43.3%. Selon la littérature, les races à poils longs sur la face, type Berger de brie semblent être mieux protégées contre les femelles de phlébotomes (Bourdeau, 1988). En effet, les phlébotomes étant attirés par le CO₂ expiré, piquent préférentiellement la tête au niveau des narines et pavillons auriculaires. Les poils longs protégeraient le chien des piqûres et le seuil parasitaire serait ainsi plus difficile à atteindre.

Dans d'autres précédentes études, le mode de vie influe fortement sur l'exposition au phlébotome. Dans notre étude, on observe une atteinte quasi-identique entre chiens de chasse et de compagnie. Une susceptibilité plus grande des chiens de chasse est rapportée dans la littérature (Male, 2001 ; Polard, 1993). L'explication logique repose sur le mode de vie plutôt rural y compris la nuit, pour les chiens de chasse.

V.7.4. Âge

Dans notre étude, les chiens de DEM ont une moyenne d'âge de 3 ans avec un écart d'âge de 3 à 6 mois, Slappendel (1988) a noté une moyenne de 4 ans avec des chiens âgés de 5 mois à 13 ans. Dans l'étude de Koutinas, les chiens ont en moyenne 5 ans et sont âgés de 9 mois à 15 ans. La population des chiens âgés entre 4 et 9 ans est la plus touchée avec 54% de positivité suivi par la population des jeunes adultes, entre 1 et 4 ans avec 32% des chiens positifs. La leishmaniose canine est donc une maladie qui touche le chien adulte préférentiellement. La durée d'incubation longue et la quiescence de la maladie peuvent expliquer que peu de très jeunes chiens soient atteints. Le temps d'incubation, quoique très variable, est souvent de plusieurs mois, d'où le faible nombre de cas déclarés chez les chiots. L'augmentation du nombre de chiens atteints, à mesure que l'on s'élève dans la pyramide des âges peut s'expliquer par une augmentation du temps d'exposition aux phlébotomes.

V.7.5. Sérodiagnostic

Le diagnostic différentiel de la leishmaniose canine est très large, il inclut des maladies dermatologiques, tumorales, auto-immunes à médiation commune et infectieuses. Cet aspect explique le nombre de 72 de sérologies effectuées à DEM et le nombre assez faible de 28 chiens positifs soit un taux de 39%.

D'après les résultats sérologiques de l'IPA, les chiens en provenance de la zone de Ain Skhouna et des compagnes d'abattage de Draa El Mizan, ont donné des résultats négatifs. Raquin (2010) a rapporté que les demandes de sérologie leishmaniose des cas cliniques uniquement 17%, se sont révélées positifs. Les 28 chiens présentant une symptomatologie suspecte, se sont révélés positifs et donc infestés par les leishmanies. Dans l'étude réalisée par Mouloua (2014) en Kabylie, y compris la dépression de DEM qui a porté sur la sérologie canine, a révélé que le taux le plus élevé a été rencontré dans la dépression avec 16.33%, suivi de la vallée du Sebaou avec 12.34% d'animaux séropositifs.

Du fait que l'examen microscopique de frottis des rates de *R. rattus* piégés à Draa El Mizan n'a pas révélé la présence d'amastigotes au sein de leurs macrophages, on peut suggérer donc que le réservoir responsable de la leishmaniose cutanée est principalement le chien.

L'analyse sérologique des chiens de DEM et AS, montre que Vingt-huit chiens ont présenté un résultat sérologique positif pour la leishmaniose, tandis que 42 autres chiens ont répondu négativement. Les signes généraux, les lésions cutanées et l'adénomégalie sont les symptômes les plus habituels. Alopécie, squames et ulcères sont les lésions cutanées les plus présentes. L'abattement est le signe général le plus fréquent, alors que la fonte des muscles de la face est le moins cité. L'adénomégalie est la plupart du temps généralisée et les nœuds lymphatiques sont plutôt de consistance molle. Ils peuvent être accompagnés de pathologies urinaires (PUPD, insuffisance rénale et protéinurie), ostéo-articulaire (arthrite ou polyarthrite), oculaire (conjonctivite, uvéite), digestive (diarrhées, vomissements chroniques) ou d'une épistaxis. Il existe aussi des formes cliniques plus rares où ces symptômes peuvent être uniques et complique le diagnostic.

Pour ce qui concerne nos sites d'étude, la wilaya de Tizi Ouzou est connue comme une région d'endémie de leishmaniose viscérale, qui atteint préférentiellement les enfants (Benikhlef, 2001). Le foyer de la LC s'est mis en place, antérieurement aux années 90, à partir du sud ouest de la wilaya de Bouira (Achour-Barchiche, 2008). Ce foyer fait partie de la forme de leishmaniose cutanée du nord due à *Leishmania Infantum*, qui touche tout le littoral et le Tell

algérien, et dont les foyers principaux sont Tizi Ouzou, Ténès, Bordj Menaïel, Meftah, Larbaa et Alger (Bachi, 2006 ; Harrat, 1996).

V.8. Lutte biologique

V.8.1. Exposé des motifs

La courbe épidémique de la LC a connu une inflexion notable à Ain Skhouana, à partir de 2006, ceci à la faveur du programme national de lutte contre la leishmaniose cutanée, entrepris durant la même année par le ministère de la santé. Ce programme s'est appuyé principalement sur la lutte contre le vecteur basé sur la (désinsectisation) ainsi que sur le réservoir par des séances (dératisation). Des campagnes massives de désinsectisation par pulvérisation intra domiciliaire et péri-domestique à base de deltaméthrine, entreprises durant le mois d'avril, mobilisant de grands moyens humains et financiers soit une enveloppe de 20 millions de dinars. Ces campagnes de lutte anti-vectorielle adoptées, comprennent deux phases (mai et septembre) et sont à la charge des collectivités locales. Toutefois, l'impact de ces pulvérisations répétées et à grande échelle, qui n'est pas sans danger sur l'homme et l'environnement, n'a pas été mesuré. L'effet rémanent de la deltaméthrine utilisée, est pourtant bien connu et n'est pas à exclure. Il s'agit de la résistance du vecteur aux insecticides

Actuellement, la lutte contre la prolifération de ces mammifères ravageurs et réservoirs de zoonoses reste difficile. En effet, l'utilisation d'appâts empoisonnés est à éviter du fait de l'absence de techniques de présentation d'appâts compatibles, avec le comportement du rongeur d'une part, et d'autre part le risque d'empoisonner involontairement des animaux domestiques et sauvages comme des prédateurs utiles contre ces rongeurs. Ajouté à cela, le risque de développement chez le rongeur, d'une forte résistance au coumatetralyl suite à la perturbation de son métabolisme enzymatique, nécessaire à la réaction antagonistique envers la vitamine K anticoagulante Andru (2012). Finalement l'utilisation d'herbicides comme moyen de contrôle des Chénopodiacées devra être prohibé, sachant que ces zones steppiques riches en *Psammomys obesus* sont également utilisées comme pâturages pour les bovins, ovins, caprins et camelins.

En conséquence, d'autres méthodes propres et inoffensives à l'environnement, devront être développées pour assurer un contrôle des rongeurs.

V.8.2. Introduction expérimentale de la belette, moyen de lutte biologique

La présence de la belette dans les terriers des rongeurs a été confirmée. Grojean (2001) a ajouté que par leur grande agilité, ces carnivores peuvent se glisser dans des terriers de 2cm de diamètre et exercer leur mode de chasse souterrain, considéré comme étant le contrôle le plus efficace sur la population de petits rongeurs. Elle a aussi rappelé que dans l'antiquité, la belette jouait le rôle du chat dans les maisons. Suite à la première partie de notre étude, nous pouvons observer qu'un ensemble de facteurs écologiques tels que ; le type de végétation herbacée, la nature des sols, l'eau ainsi que les conditions anthropiques liées au type d'habitat et à la gestion de l'environnement, jouent un rôle prépondérant dans la dynamique du réservoir de la leishmaniose cutanée et donc dans son extension en ces zones humides du climat semi aride Méditerranéen. En somme, toute solution durable contre la LC passe par la restauration des mécanismes de régulation naturelle des populations de rongeurs. Auparavant, l'utilisation de carnivores sauvages a été déjà envisagée, en particulier dans les systèmes insulaires. Aux îles Terschelling, par exemple, l'introduction de belette par Van-Wijngaarden et Morzer-Bruijns en 1961 pour lutter contre le Campagnol terrestre introduit quelques années auparavant, s'est traduite par l'éradication du rongeur et par la régulation à un niveau de densité faible et constant. Les rongeurs constituent un maillon important dans les différents réseaux trophiques. Ils sont considérés comme proies de grande importance pour de nombreux prédateurs, notamment les rapaces. A cet effet, il est intéressant de voir l'importance et l'impact des prédateurs sur les différentes espèces de rongeurs dans les régions sahariennes.

L'objectif de notre lutte biologique est de baisser la densité des populations des rongeurs, particulièrement *Psammomys obesus* et *Meriones shawi* dans une zone contrôlée grâce à la prédation de la belette. Greajon et Barrat (2001) ont rapporté que par l'agilité des belettes peuvent glisser à l'intérieur des terriers de 2cm de diamètre et exercer leur mode de chasse, considéré comme moyen le plus efficace pour contrôler les populations des rongeurs. Notre introduction à Ain Skhouna de belettes dans une zone endémique à titre expérimental dans la zone de AS est originale. Le contrôle expérimental des rongeurs dans notre étude à été réalisé avec succès, à notre connaissance, de telles études de lutte biologiques par l'utilisation de prédateurs sauvages a été rarement réalisé. Rares sont les travaux qui y font part. Van wijngaarden et Morzer-Bruijns (1961) ont avec succès éradiqué et régularisé à une base et constante densité le Compagnol, un rongeur des champs nommé *Microtus arvalis* introduit quelques années auparavant dans les îles Terschelling et cela grâce à l'effet prédateur des belettes.

En Algérie, ce type de lutte est nécessaire sachant que les effets des changements climatiques et la désertification observée dans la steppe et le nord du Sahara favorisent l'expansion de la leishmaniose cutanée vers des régions situées plus au nord. Donc la mise en place d'un programme biologique préventif utilisant des belettes éliminant le rongeur réservoir à travers le grand Maghreb est essentiel, ce qui pourra certainement mieux contrôler ce complexe pathogène.



Conclusion

Conclusion générale

La leishmaniose cutanée représente un réel problème de santé public. Il s'agit d'une maladie potentiellement grave et défigurante. Les personnes atteintes de leishmaniose cutanée ont une ou plusieurs lésions durables sur la peau, le plus souvent sans fièvre, ni symptômes généraux. Le coût du traitement et de la mise en œuvre des stratégies de prévention nécessitent un investissement considérable de ressources financières et humaines.

De nouveaux cas apparaissent dans des zones précédemment indemnes de la maladie. Ces nouvelles apparitions, comme pour plusieurs maladies à transmission vectorielles sont liées aux changements climatiques et le réchauffement de notre planète. Ces changements influent sur l'ensemble des facteurs écologiques tels que le type de végétation herbacée, la nature des sols, le climat notamment la sécheresse ainsi que sur les conditions anthropiques liées au type d'habitat et à la gestion de l'environnement. Ces changements, jouent un rôle prépondérant dans la dynamique du réservoir de la leishmaniose cutanée et donc dans son expansion des zones arides sahariennes secs vers les zones humides situées plus au nord au climat semi aride méditerranéen. D'un point de vue épidémiologique, il est évident que l'incidence de la LC est tributaire des conditions environnementales et climatiques requises dans lesquelles se développent les phlébotomes. Ainsi, la température a un rôle important dans la survie des parasites adultes comme elle a aussi un effet sur les taux de développement à tous les stades de leur vie.

Notre travail s'est intéressé aux rongeurs et chiens, réservoirs de la leishmaniose cutanée, dans deux foyers les plus actifs en Algérie et qui présentent des écosystèmes naturels contrastés, Ain Skhouna de la wilaya de Saida, une zone humide emboîtée au milieu de la steppe à climat semi-aride et Draa El Mizan de la wilaya de Tizi Ouzou en zone côtière montagneuse à climat subhumide. Ces deux zones ont récemment connu de fortes épidémies de LC. Le choix de ces zones comme terrain d'approfondissement et d'expérimentation se justifie d'une part par la connexion entre les composants de l'écosystème, le réservoir et le développement du vecteur.

Les travaux spatio-temporels de dénombrement des rongeurs, de captures suite aux piégeages par inondations de terriers actifs et d'identifications morphométriques au cours des campagnes ont permis de mieux connaître l'évolution des populations de ces petits mammifères. Trois espèces au nombre de 111 ont été capturés. Deux d'entre elles à Ain Skhouna, avec *P. obesus* comme espèce dominante (76.57%) par rapport à *M. shawi* avec un taux de (13.51%) est à densité moindre. La troisième espèce *R. rattus* piégée à Draa El Mizan, considérée comme un rongeur domestique représente environ 9.90%. Lors de notre période d'étude, la présence élevée de jeunes rongeurs d'espèce *P. obesus* représentant un taux de 74% du nombre totale de rongeurs capturés à Ain Skhouna permet d'affirmer que cette espèce s'est bien adaptée et dispose de ressources alimentaires de chénopodiacées suffisantes pour une bonne activité biologique. Cette abondance végétale est également liée aux conditions de changements climatiques.

Les essais microscopiques effectuées sur 04 *P. obesus* suspects démontrent une étroite relation entre la présence intracellulaire d'amastigotes au sein des macrophages médullaires ganglionnaires et la densité élevée des populations des petits rongeurs.

Les prélèvements canins effectués à partir des différentes exploitations et habitations de Draa El Mizan ont permis de constater que 39% étaient séropositifs. Ce taux est préoccupant, et se rapproche des études épidémiologiques réalisées dans la même région. Cela nous appelle à éradiquer toute présence de décharges sauvages dans la zone, à poursuivre le programme national déjà mis en place par la lutte périodique contre le phlébotome à l'aide de pulvérisations d'insecticides ainsi que l'élaboration de nouveaux programmes d'abattage de chiens errants et de gestion des populations canines de façon à s'assurer que ceux-ci réduisent efficacement les problèmes de leishmaniose cutanée, de rage et de kyste hydatique causés par les populations en surnombre qui ont fait suite à la longue période d'insécurité qu'a connu le pays.

Notre étude épidémiologique, clinique et parasitologique confirme donc que le rongeur d'Ain Skhouna et le chien de Draa El Mizan jouent bien le rôle de réservoir dans le cycle de transmission de la leishmaniose cutanée.

Les études épidémiologiques récentes réalisées à travers le grand Maghreb ont montré que la leishmaniose cutanée se propage rapidement au Maroc à partir des côtes sud Atlantiques de l'Anti-Atlas vers les régions du nord en passant à travers les zones sud pré-sahariennes des montagnes de l'Atlas en particulier dans les vallées de Sousse, Massa et Draa ainsi que dans la province d'Errachidia en s'infiltrant dans le territoire Algérien par l'Est. En somme, toute

solution durable contre la LC passe par la restauration des mécanismes de régulation naturelle des populations de rongeurs. A cet effet, l'introduction d'un large mammifère plus agressifs capturés au niveau du site n°7 de Ain Skhouna, identifié comme étant une belette appartenant à l'espèce *Mustela nivalis* puis utilisé comme moyen de lutte intégrée biologique apportera sans aucun doute une contribution bénéfique pour la prise en charge de cette maladie. Notre introduction à Ain Skhouna de prédateurs de la même espèce et l'utilisation de leur instinct vorace dans une zone endémique de leishmaniose cutanée à titre expérimental est originale. Ce contrôle expérimental à été réalisé avec succès. Les observations hebdomadaires durant le mois d'août 2011 réalisées à travers la zone expérimentale ont révélé une disparition complète des rongeurs laisse augurer des possibilités de lâcher en conditions réelles dans des perspectives d'utilisation en lutte biologique. Ce genre d'opération est indispensable et nous proposons qu'il soit mis en œuvre à grandes échelles à travers tout le grand Maghreb.

Il serait souhaitable également d'approfondir les connaissances sur le comportement alimentaire des prédateurs vis-à-vis des rongeurs tout en augmentant, les types d'espèces. La lutte contre le réservoir du parasite par l'abattage des chiens errants en zone d'endémie.



Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

- ✚ **Abramov AV, Baryshnikov GF.** 2000. Geographic variation and intraspecific taxonomy of easel *Mustela nivalis* (Carnivora, Mustelidae). *Zoosystematica Rossica*, **8**, 365-402.
- ✚ **Aït-Oudhia K, Gazanion E, Sereno D, Oury B, Dedet JP, Pratlong F, Lachaud L.** 2012. *In vitro* susceptibility to antimonials and amphotericin B of *Leishmania infantum* strains isolated from dogs in a regionl ackingdrug selection pressure. *Veterinary Parasitology*, **187**, 386-393.
- ✚ **Ali-Zaharani M.** 1988. Epidemiology of the leishmaniasis in south west Saudi Arabia. 293-296.
- ✚ **Allal-Ikhlef AB, Harrat Z.** 2012. Rapport de l'Etude Vecteur de Ain Skhoua, 25-26.
- ✚ **Altieri M, Nicholls C.** 2005. *Biodiversity and pest management in agro ecosystems, Second Edition.* CRC Press.
- ✚ **Alvar J, Cañavate C, Molina R, Moreno J, Nieto J.** 2004. Canine leishmaniasis *Adv. Parasitol.* **57**, 1-88.
- ✚ **Alvar J, Velez ID, Bern C, Herrero M, Desjeux P, Cano J.** WHO leishmaniasis control team. Leishmaniasis world wide and global estimates of its incidence. *PLoS One* 012,7(5), e35671.
- ✚ **Ameur B.** 2003. Importance des rongeurs en santé publique, Séminaire national sur la surveillance et la lutte contre les rongeurs, le centre national des Rongeurs de Marrakech.11-14.
- ✚ **Aoun K, Halima G, Ahmed T, Ben Alaya N, Ben Sghaier I, Nadia B, Hanene C, Ben Abid M, Harrat Z, Raouane M, Ouratbine.** 2016. Investigation et analyse d'une épidémie de leishmaniose cutanée à Ksar Ouled Dabbab, Tataouine (Tunisie), 2012-2013.*Medecine et Sante Tropicales*, **26**, 39-44.
- ✚ **Arroub E H.** 2000. La lutte contre les rongeurs nuisibles au Maroc. Séminaire national sur la lutte contre les rongeurs,07 et 08 juin 2000. Pp62-69
- ✚ **Asit k, Chakraborty-Hermand.** 1998. Mode of action of pentavalent antimonials:Specific inhibition of type I DNA topoisomerase of *Leishmania donovani*. Elsevier, **152**, 605-611.

- ✚ **Aulagnier S, Thevenot M.** 1986. Catalogue des mammifères sauvages du Maroc Institut Scientifique Charia Ibn Batouta BP.703. Rabat-Agdal. 61-94.
- ✚ **Ayllon T, Tesouro M A, Amusatogui I, Villaecusa A, Rodriguez-Franco F, Sainz A.** 2008. Serologic and molecular evaluation of leishmania infantum in cats from Central Spain. Ann N Y Acad Sci. **1149**, 361-364
- ✚ **Bachar.** 2015. Contribution A L'étude Bioécologique Des Rongeurs Sauvages Dans La Région De Biskra. Thèse en science agronomique.
- ✚ **Bachi F.** 2006. Aspects épidémiologiques et clinique des leishmanioses en Algérie. La lettre de l'infectiologue. Tome XXI, n°1.
- ✚ **Bang, Dahltron Barreau D, Rocher A, Aulagnier S.** 1999. Elément d'identification des crânes des rongeurs au Maroc. Soc. Française étude, Prot. Puceul, 17.
- ✚ **Banuls L, Faye B, Bucheton B, Dione M M, Bassanganam O, Hide M, Dereure J, Choisy M, Ndiaye JL, Konate O, Claire M, Senghor MW, Faye MN, Sy I, Niang AA, Molez JF, Victoir K, Marty P, Delaunay P, Knecht R, Mellul S, Diedhiou S, Gaye O.** 2010. Canine visceralleishmaniasiscaused by *Leishmania infantum* in Senegal : risk of emergence in humans. *Microbes and Infection*, **12**, 1219-1225.
- ✚ **Bebba K.** 2008. Les micromammifères dans la vallée d'Oued Righ. Mémoire Ing. Agr., Univ. KasdiMerbah, Ouargla, 122.
- ✚ **Belgat S, Kebaili C, HoutiL.** 2015. *Psammomys Obesus*. Diet, Tank of the Cutaneous Leishmaniose, Zoonotic Disease of arid and Semi-arid Areas. 154702-8484- IJBAS-IJENS 2015, 11-14.
- ✚ **BenarabDjihed, Dif Sabrina.** 2015, revue bibliographique sur les phlébotomes (*Diptera : Psychodidae*) et leur rôle dans la transmission de la leishmaniose. 21-24.
- ✚ **Benikhlef R, Aoun K, Bedoui K, Harrat Z, Bouratbine A.** 2009. Premières identifications de *Leishmania infantum* MON-80 chez le chien en Algérie et en Tunisie. Revue de Médecine Vétérinaire, **160**(10), 464-466.
- ✚ **Bertrand M.** 2008. Fort reatment of a corneal sequestrum in a cat, Veterinar phtalmology.
- ✚ **Bessad A, Mouloua K, Kherrachi I, Benbetka S, Benikhlef R, Mezai G Harrat Z.** 2012. *Leishmania infantum* MON-1 isolé d'un chacal doré (*Canis aureus*) en Grande Kabylie (Algérie). Bulletin de la Société de pathologie exotique, **105**(1), 5-7.
- ✚ **Blancon J.** 2000. Histoire de la surveillance et du contrôle des maladies animales transmissibles. Office international des épizooties, Paris. France. 3.

- ✚ **Blavier A, Keroack S, Denerolle P, Goy-Thollot I, Chabanne L, Cadore J I, Bourdoiseau G.** 2001. Atypical Forms Of Canine Leishmaniasis. *Vet. Jour.*, **162**, 108-120.
- ✚ **Boller EF, Avilla J, Joerg E, Malavolta C, Wijnands FG, Esbjerg P.** 2004. Integrated production : principles and technical guidelines. 3rd ed. *IOBC/WPRS Bull.*, **27(2)**, 1-49.
- ✚ **Boubidi S C, Benallal K, Boudrissa A, Bouiba L, Bouchareb B, Garni R, Harrat Z.** 2011. *Phlebotomus sergenti* (Parrot, 1917) identified as *Leishmania killicki* host in Ghardaïa, south Algeria. *Microbes and Infection*, **13(7)**, 691-696.
- ✚ **Boudrissa A, Cherif K, Kherrachi I, Benbetka S, Bouiba L, Boubidi SC, Benikhlef R, Arrar L, Hamrioui B, Harrat Z.** 2012. Extension de *Leishmania major* au nord de l'Algérie. *Bull Soc Pathol Exot*, **105**, 30-35.
- ✚ **Boudrissa A.** 2005. Etude éco-épidémiologique de la leishmaniose cutanée à M'sila ; thèse Magister, Univ. Oum El Bouaghi-Algérie, 157.
- ✚ **Bounoua L, Kahime K, Houti L, Blakey T, EbiL, Kristie, Ping Zhang L, Mar M, Imhof CJ, Kurtis T, Clair D, Salahsahabi A, Messouli M, Makhlof B, Laamrani A, Boumezzough A.** 2013. Linking Climate to Incidence of Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis (*L. major*) in Pre-Saharan North Africa. *Int. J. Environ. Res.*, **10(3)**, 74-75.
- ✚ **Bourdoiseau G, Franc M.** 2008. *Leishmaniose canine et feline*. Ed. Elsevier Masson, Paris, 1350.
- ✚ **Bourdoiseau G.** 2007. La leishmaniose a *L. infantum* : points de confirmation et d'interrogation, *Nouv. Prat.Vet.*, **32**, 49-54.
- ✚ **Boussa A Samia.** 2008. Epidémiologie des leishmanioses dans la région de Marrakech, Maroc : effet de l'urbanisation sur la répartition spatio-temporelle des Phlébotomes et caractérisation moléculaire de leurs populations, Thèse Doctorat. Université Louis Pasteur, Strasbourg 1.
- ✚ **Cabanillas Billy Joel.** 2011. Caractérisation de principes actifs anti leishmaniens isolés de Piperaceae et Zingiberaceae médicinales péruviennes thèse université de toulouse. 4-16.
- ✚ **Chemkhi J, Souguir H, AliB H, Driss M, Guizani I, Guerbouj S.** 2015. Natural infection of Algerian hedgehog, *Atelerix algirus* (Lere boulet 1842) with *Leishmania* parasites in Tunisia. *Acta tropica*, **150**, 42-51.

- ✚ **Chouih E.** 2009. Les cultures sur milieu NNN dans le diagnostic biologique des leishmanioses. *Pathologie Biologie*, **57**, 219-224.
- ✚ **Ciaramella P, Oliva G, De Luna R, Gradoni L, Ambrosio R, Cortese L, Scalone A, Persechino.** 1997. A retrospective clinical study of canine leishmaniasis in 150 dogs naturally infected by *Leishmania infantum*. *Vet. Rec.*, **141**,539-543.
- ✚ **Costa MA, Matheson C, Iachetta L, Llagostera A, Appenzeller O.** 2009. Ancient leishmaniasis in a highland desert of northern Chile. *PLoS One*, **4**(9), e 6983.
- ✚ **Da Silva, Borja-Cabrera Gp, Correia Pontes Nn, Paraguai De Souza E, Santos Wr, Gomes Em.** 2005. Long lasting protection against canine kala-azar using the FML-Quil Asaponin vaccine in an endemic area of Brazil (SaoGonc, alo do Amarante). *Vaccine*, **20**, 3277-3284.
- ✚ **Dantas-Torres Philip.** 2007. The role of dogs as reservoirs of *Leishmania* parasites, with emphasis *Leishmania infuntum* and *Leishmania (Viannia) braziliensis*. *Veterinary parasitology*, **149**, 139-146.
- ✚ **De Marinis AM, Masseti M.** 2003. The weasel (*Mustela nivalis*) on the Mediterranean islands. *Mamm Biol*, **68**, 181-186.
- ✚ **Dedet JP.** 2009. Leishmanies, leishmanioses : biologie, clinique et thérapeutique. EMC. Elsevier Masson SAS, Paris, Maladies infectieuses, **8**, 506-510.
- ✚ **Delattre P, Duplantier J M, Fichet-Calvet É, Giraudoux P.** 1998. Pullulation de rongeurs, agriculture et santé publique. *Cahiers Agricultures*, **7**(4), 285-298.
- ✚ **Denerolle P.** 2003. Leishmaniose canine : difficultés du diagnostic et du traitement (125 cas). *Prat. Méd. Chir. Anim. Comp.*, **31**, 137-145.
- ✚ **Denys C, Adamou-Djerbaoui M, Chaba H.** 2013. Étude du régime alimentaire d'un rongeur nuisible (*Meriones shawi* Duvernoy, 1842, Mammalia, Rodentia) en Algérie. *Lebanese Science Journal*, **14**(1), 35-38.
- ✚ **Desjeux P.** 2004. Leishmaniasis : current situation and new perspectives. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis*, **27**, 305-318.
- ✚ **Diakou A, Papadopoulos E, Lazarides k.** 2009. Specific anti-leishmania sppantibodies in stray cats in Greece. *J Feline Med Surg.*, **11**, 728-730.
- ✚ **Diamond J M.** 1989. Ninehundred kiwis and a dog. *Nature*, 338-544.
- ✚ **Disney R H L.** 1966. A trap for phlebotomines and flies attracted to rats. *Bull. Ent. Res*, **56**, 445-451.

- ✚ **Djelaila Y.** 2008. Biosystématique des Rongeurs de la région d'El-Bayed, Magistère, Institut National Agronomique, Alger (El Harrach), 149-151.
- ✚ **Djoudi M, Triki-Yamanir R, Kaidir.** 2010. La leishmaniose feline dans la région d'alger. Recueil d'épidémiologie animale, 3^{ème} journée d'Epidémiologie animale Blida, 32-37.
- ✚ **Dolmatova AV, Demina NA.** 1971. Epidemiologia da leishmaniose tegumentar americana. I. Estudo de reservatorio sem area endemica no Estado de Minas Gerais. Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo, **19**, 408-410.
- ✚ **Dolmatova AV.** 1971. Les phlébotomes (*phlebotorninael*) et les maladies qu'ils transmettent office de la recherche scientifique et technique (ORSTOM).
- ✚ **Dominique Cuisance, Jean-Antoine Rioux.** 2004. Current status of medical and veterinary entomology in France : en dangered discipline or promising science, Author links open overlay panel. Elsevier, **27**, 377-392.
- ✚ **Duplantier J M, Quere J P.** 2007. Les rongeurs du Sahel : identification, biologie, dynamique des populations, méthodes de lutte, source : Aghrymet, 02-06 Avril. Centre de biologie et gestion des populations (CBGP) campus international du Baillar guet, France.
- ✚ **Duplantier JMP, Granjon L, Fontenille D.** 2009. Systématique, écologie et dynamique de populations de petits rongeurs potentiellement réservoirs ou hôtes de virus au Sénégal. **5**, 127.
- ✚ **Duplantier JMP, Orsini M, Thohari J.** 2002. Cassaing-Echantillonnage des populations de Muridés, Influence du protocole de piégeage sur les paramètres démographiques. Mammalia, 129-141.
- ✚ **Eilenberg J, Hajek A, Lomer C.** 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. Bio Control. **46**(4),387-400 .
- ✚ **EmnaFourati, Chahed M K, Daaboub J, Ghrab J.** 2011. Enquêtes Entomologiques dans un foyer de cutanée zoonotique du centre tunisien, Projet de Recherche CRDI n° 104270-015.
- ✚ **Faurie C, Ferra C, Medori P, Deuaun J, Hemptinne J L.** 2003. Ecologie- approche scientifique et pratique. 5^{ème} édition.
- ✚ **FIMAB.** 2004 Fédération internationale des mouvements d'agriculture biologique.

- ✚ **Francino O, Altet L, Sanchez-Robert E, Solano-Gallego L, Alberola J, Ferrer L, Sanchez A, Roura X.** 2006. Advantages of real-time PCR assay for diagnosis and monitoring of canine leishmaniosis. *Veterinary Parasitology*, **137**, 214-221.
- ✚ **Gauffre B, Estoup A, Bretagnolle V, Cosson JF.** 2008. Spatial genetic structure of a small rodent in a hetero geneous landscape, **17**(21), 4619-462.
- ✚ **Grojean B, Barrat J M.** 2001. Les petits mammifères" nuisibles" représentent-ils un risque pour l'homme (Doctoral dissertation).
- ✚ **Guagère G, Prélaud P, Craig J M.** 2008. Therapy of fleaallergy dermatitis (FAD) in dogs and cats : rs A practical guide to canine dermatology, flea infestation.
- ✚ **Hamdine W, Thevenot M, Michaux J.** 1998. Histoire récente de l'ours brun au Maghreb. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie, **321**(7), 565-570.
- ✚ **Harrat Z, Boubidi SC, Pratlong F, Benikhlef R, Selt B.** 2009. Description of a dermatropic leishmania close to *L. killicki* (Rioux, Lanotte& Pratlong 1986) in Algeria. *Trans R Soc Trop Med Hyg.*, **103**, 716-720.
- ✚ **Hicham El Miri, Mohamed Rhajaoui, Oumnia Himmi, Souâd Ouahabi, Abdelaziz Benhoussa, Chafika Faraj.** 2013. Etude entomologique de cinq foyers de leishmaniose cutanée dans la province de Sidi Kacem au nord du Maroc. 154-159
- ✚ **Izri A, Depaquit J, Parola P.** 2006. Phlébotomes et transmission d'agents pathogènes autour du bassin méditerranéen. *Médecine tropicale*, **66**(5), 429-435.
- ✚ **Jarry D M.** 2002. Historique des leishmanioses et leurs complexes pathogènes. In **Dedet JP.** 1999. *Les Leishmanioses.* Edition Ellipses, 253.
- ✚ **Jubb KVF, Kennedy PC, Nigel P.** 1992. *Pathologie of domestic animals,* Forth Edition, **3**, 59-50.
- ✚ **Julie Andru.** 2012. Les populations invasives de rongeurs en milieu agricole : Thèse de doctorat : une étude menée dans des cultures de grande échelle, les plantations de palmiers à huile en Indonésie- Approche paysagère, génétique et écotoxicologique. 123.
- ✚ **Karim Aoun, Aïda Bouratbine.** 2014. Cutaneous Leishmaniasis in North Africa. *Journal parasite*, **21**, 21-14.
- ✚ **Karim Souttou, Abdessalam Manaa, Makhoulf Sekour, Adel Hamani, Christiane Denys Salaheddine Doumandj.** 2015. Importance de la prédation de trois

- rapaces sur la biodiversité dans des milieux steppiques à Djelfa (Algérie). 2015, N° 8, 97-103.
- ✚ **Lahouiti K, El Oualilalami A, Maniar S, Bekhti K.** 2013. Seasonal fluctuations of phlebotomine sandfly populations (Diptera: Psychodidae) in the Moulay Yacoub province, centre Morocco: Effect of ecological factors. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 7 N°11.
- ✚ **Laia Solano-Gallego, Guadalupe Miró, Alek Koutinas, Luis Cardoso, Maria Grazia Pennisi, Luis Ferrer, Patrick Bourdeau, Gaetano Oliva Gad Baneth.** 2011. Article BMC P P Leish V et guidelines for the practical management of canine leishmaniosis.
- ✚ **Laumonnier M.** 1993. Diagnostic biologique de la leishmaniose proceedings du congré annuel NVSPA, Paris, 173-178.
- ✚ **Le Louarne H.** 1977. Action des mammifères sur la production primaire ou secondaire, *Revue forestière, France*, 17-21.
- ✚ **Lebarbenchon C, Poitevin F, Arnal V, Montgelard C.** 2010. Phylogeography of the weasel (*Mustela nivalis*) in the western-Palaearctic region: combined effects of glacial events and human movements. *Heredity*, **105**, 449-462.
- ✚ **Lipscomb M F, Toews G B, Lyons C R, Uhr J W.** 1981. *J. Immunol.* 126, 286.
- Lodinova, R., and Jouja, V. 1977. *Acta Paediatr. Scand.*, **66**, 209.
- ✚ **Luís Cardoso, Manuela Rodrigues, Helder Santos, J. Schoone Pedro Carreta Eugénio Varejão Birgitvan Benthem M. Odete Afonso Charlotte M, Grons S, Petter.** 2004. Sero-epidemiological study of canine *Leishmania* spp. Infection in the municipality of Alijó (Alto Douro, Portugal) Les rongeurs du Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique Chérifien-Rabat*.
- ✚ **Maia C, Campino L,** 2008. Methods for diagnosis of canine leishmaniasis and immune response to infection. *Veterinary Parasitology*, **158**, 274-287.
- ✚ **Malika Adamou-Djerbaoui, Fatiha Labdelli, Yassine Djelaila, Karima Oulbachir, Mohamed Sofiane Adamou, Christiane Denys.** 2015. Inventaire des Rongeurs dans la région de Tiaret (Algérie) *Travaux de l'Institut Scientifique, Série Générale*, 2015, N° 8, 105-112.
- ✚ **Manna L, Reale S, Vitale F, Picillo E, Pavone Lm, Gravino A.** 2008. Real-time PCR assay in *Leishmania*-infected dogs treated with meglumine antimoniate and allopurinol, *The Vet. Journal*, **177**, 279-328.

- ✚ Manuel of Veterinary Investigation Laboratory, Histology Techniques, 1984, Vol 2, Reference Book 390, London.
- ✚ **Maroli M, Feliciangeli M D, Bichaud L, Charrel R N, Gradoni L.** 2012. Phlebotomines and flies and the spreading of leishmaniasis and other diseases of public health concern. *medical and veterinary entomology*, **27**, 123-147.
- ✚ **McDevitt AD, Zub K, Kawalko A, Oliver MK, Herman JS, Wojcik JM.** 2012. Climate and refugial origin influence the mitochondrial lineage distribution of weasels (*Mustela nivalis*) in a phylogeographic suture zone. *Biol J Linn Soc*, **106**, 57-69.
- ✚ **Mehdi Mohebbi, Homa Hajjarian, YazdanHamzavi, IrajMobedi, Shahnam Arshi, Zabih Zareia, Koroush Manouchehri Naeini, Reza Avizeh, Mehdi Fakhar.** 2005. Epidemiological aspects of canine visceral leishmaniasis in the Islamic Republic of Iran. *Veterinary parasitology*, **129**, 243-251.
- ✚ **Menne B.** 2006. *Climate Change and Adaption Strategies for Human Health*. Springer. *Microbiology Reviews*, **14**, 229-243.
- ✚ **Monica Rodrigues, Arthur R. Bos, Patrick J, Schembri, Ricardo F, de Lima, Petros Lymberakis, LluísParpal, MicheleCento, Sandrine Ruetter, Sakir O, Ozkurt, Margarida Santos-Reis, Juha Merila, Carlos Fernandes.** 2016. Origin and introduction history of the least weasel (*Mustela nivalis*) on Mediterranean and Atlantic islands inferred from genetic.
- ✚ **Morin Anne-Cécile.** 2011. *Etude Epidémiologique Et Clinique De La Leishmaniose Canine A L. Infantum En France : Analyse De 2892 Sérums De Chiens Leishmaniens Par Le Laboratoire De Parasitologie-Mycologie De Montpellier*, Thèse Université de Lyon.
- ✚ **Muriel Rey.** 2016. *La leishmaniose viscérale + dans les pays méditerranéens : particularités de la co-infection avec le virus de l'immuno déficience humaine (VIH)* HAL Id : dumas-01300590 <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01300590>.
- ✚ **Murray Hw, BermanJd, Davies Cr, SaraviaNg.** 2005. *Advances in leishmaniasis, Lancet* 2005, **366**, 1561-7715.
- ✚ **Navarro M, GabbianiC, Messori L, Gambino D.** 2010. *Metal-based drugs for malaria, trypanosomiasis and leishmaniasis: recent achievements and perspectives. Drug Discovery Today. Elsevier*, **15**, 1070-1078.

- ✚ **Ouzaouit A, Messaoudi BD.** 1984. Situation des rongeurs au Maroc. Etude au champ de la reproduction de la mérione de Shaw (*Meriones shawi*) et identification dissection des rongeurs au laboratoire, 32.
- ✚ **Ozge Erisoz Kasap and Bulent Alten.** 2006. Comparative demography of the sand fly *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae) at constant temperatures, *Journal of Vector Ecology*.
- ✚ **Pennisi MG.** 1999. A high prevalence of feline leishmaniasis of the International canine leishmaniasis Forum. *Hoechst Roussel Vet*, 39-48.
- ✚ **Petter F.** 1961. Répartition géographique et écologique des Rongeurs désertiques de la région paléarctique (Doctoral dissertation).
- ✚ **Petter F.** 1963. Les rongeurs et la peste en Iran et au Brésil. Nouvelles données Muséum national d'histoire naturelle, 55 rue Buffon, 75005 Paris, France. Manuscrit n° 1963/PLS 1. Journée SPE en hommage à Paul-Louis SIMOND.
- ✚ **Piquema, Toussaint.** 1991. Les vertébrés ravageurs des végétaux. Bulletin technique d'information ministère de l'agriculture et de la forêt. 8.
- ✚ **Pugliese A, Di Pietro S, Giudice E.** 2006. Clinical and diagnostic patterns of leishmaniasis in the dog. *Vet. Research Communications*, **30**, 39-43.
- ✚ **Radouane Hajji.** 2010. Le profil épidémiologique de la leishmaniose cutanée dans la province de Ouarzazate entre 2002-2009. Thèse de doctorat en médecine, 20-35.
- ✚ **Rioux JA, Golvan YJ, Croset H, Houin R, Juminer B, Bain O, Tour S.** 1969. Ecologie de leishmanioses dans le sud de la France. Les phlébotomes. Echantillonnage, éthologie. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, **42**, 561-603.
- ✚ **Rioux JA, Petter F, Akalay O, Lanotte G, Ouazani A, Seguignes M, Mohcine A.** 1982. *Meriones shawi* (Duvernoy, 1842) (Rodentia, Gerbillidae), réservoir de *Leishmania major* Yakimoff et Shokhor, 1914 dans le Sud Marocain. *C.R. Acad. Sci. Paris*. **294**, 515-517.
- ✚ **Rioux JA, Rispail P, Lanotte G, Lepart J.** 1984. Relations Phlébotomes-bioclimats en écologie des leishmanioses Corollaires épidémiologiques. L'exemple du Maroc. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **131**, 549-557.
- ✚ **Rodhain F.** 2000. Impacts sur la santé : le cas des maladies à vecteurs. In : Impacts potentiels du changement climatique en France au XXIe siècle, Mission interministérielle de l'effet de serre, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Paris, 122-127.

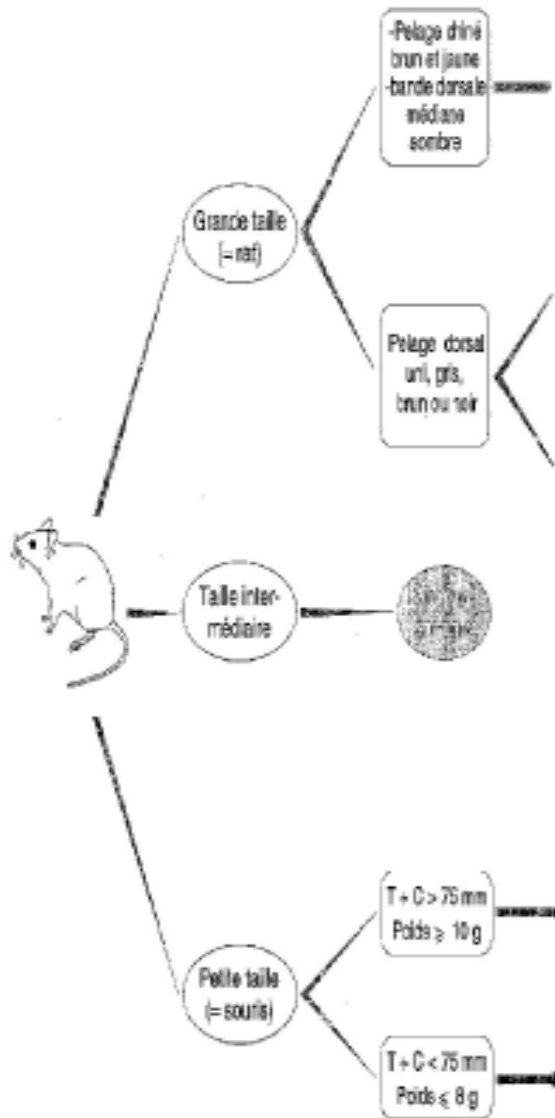
- ✚ **Rodrigues M, Santos-Reis M, Elmeros M, Fernandes CA.** 2012. Microsatellite markers for genetic studies in the weasel (*Mustela nivalis*). *Eur J Wildl Res*, **58**, 507-510.
- ✚ **Rohdain F.** 2000. Impacts sur la santé : le cas des maladies à vecteurs. In : Impacts potentiels du changement climatique en France au XXI siècle, Mission interministérielle de l'effet de serre, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Paris, 122-127.
- ✚ **Roze M.** 2005. Canine leishmaniasis : a spreading disease. Diagnostic and treatment. *European J. of Companion Anim. Pract*, **15**(1), 39-52.
- ✚ **Saddiki A.** 2000. La surveillance des rongeurs réservoirs parasites des leishmanioses. Séminaire national sur la lutte contre les rongeurs (SNSLR), Marrakech, 37-52.
- ✚ **Samia Boussaa.** 2008. Epidémiologie des leishmanioses dans la région de Marrakech, Maroc : effet de l'urbanisation sur la répartition spatio-temporelle des Phlébotomes et caractérisation moléculaire de leurs populations thèse au Maroc. 9-16.
- ✚ **Scott DW, Miller WH, Griffin CE, Muller.** 2001. Kirks Small Animal Dermatologie, 6th edition, 2001, *WB Saunders Comagny, philadelphia*, 1528.
- ✚ **Sekour M.** 2002. Relations trophiques entre quelques espèces animales de la réserve naturelle de Mergueb (M'sila). Institut national agronomique El Harrach, 56-61.
- ✚ **Sergent E, P I, Donatien A, Beguet M.** 1926. Transmission expérimentale du bouton d'Orient (clou de Biskra) à l'homme par *Phlebotomus papatasi* (Scop.). *Arch Inst Pasteur*, **40**, 411-430.
- ✚ **Sicard B.** 1992. Bruno SICARD Influences de l'aridité sur la biologie des rongeurs. Soudano-sahéliens ORSTOM Éditions.
- ✚ **Silva Fl, Oliveira Rg, Silva Tma, Xavier Mn, NascimentoEf, Santos Rl.** 2009. Venereal transmission of canine visceral leishmaniasis. *Veterinary Parasitology*, **160**, 55-59.
- ✚ **Slappendel-rjoskam I, Beijer Egm, Kroon Ncm, Van Ingen CW, Ozensoy SO, Ozbel Y, Terpstra W J.** 1998. Dog DAT : direct agglutination test using stabilized, freeze-dried antigen for sero-diagnosis of canine visceral leishmaniasis. *Immunol. Med. Microbiol.*, **16**, 235-239.
- ✚ **Toussaint M.** 1990. Le campagnol des champs (*Microtus arvalis P.*). La Défense des Végétaux. 260-261.

- ✚ **Vamvakidis C D, Koutinas A F, Kanakoudis G, Saridomichelakis M.** 2000. Masticatory and skeletal muscle myositis in canine leishmaniasis (*Leishmania infantum*). **146** (24), 698-703.
- ✚ **Van de Ven H, Vermeersch M, Vandenbroucke RE, Matheussen A, Apers S, Weyenberg W, De Smedt SC, Cos P, Maes L, Ludwig A.** 2012. Intracellular drug delivery in *Leishmania*-infected macrophages : Evaluation of saponin-loaded PLGA nanoparticles. *Journal of Drug Targeting*, **20**(2), 142-154.
- ✚ **Van Driesche, Thomas S. Bellows Jr.** 1996. The human population is large and still expanding Book. 539.
- ✚ **Van Wiyngaarden A, MorzerBruijns M E.** 1961. De hermelijn (Mustelaerminea van Terscheling. Iutra, 35-42.
- ✚ **Wery M.** 1995. Protozoologie médicale. De Boeck.
- ✚ **Wilson H, Al.** 1993. Mammal species of the world, a taxonomic and geographic reference. Ed. Smithsonian Institution Press., Washington, 206.



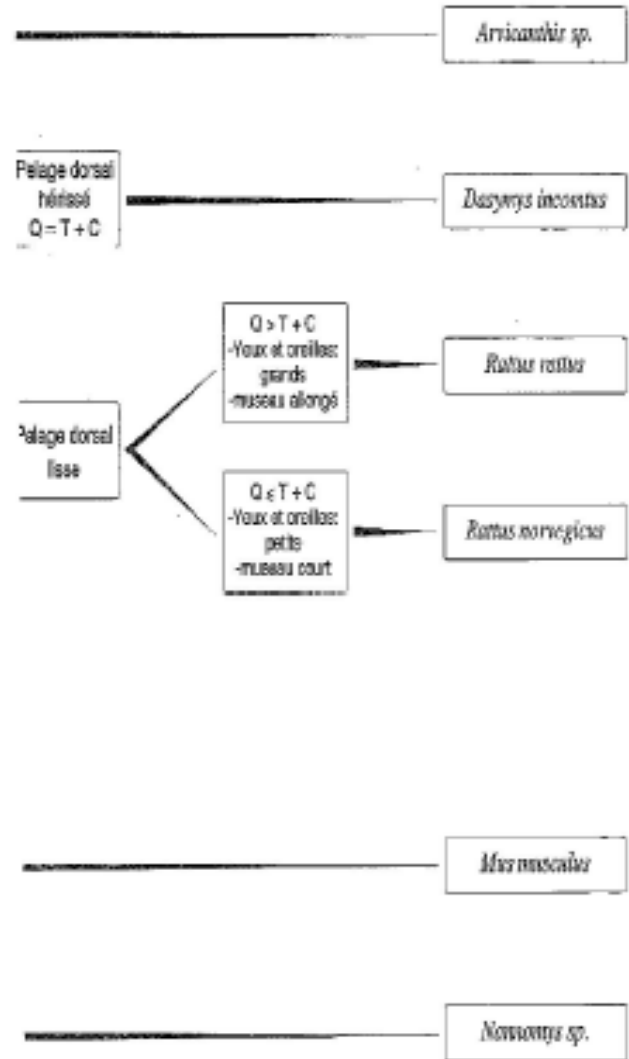
Annexes

DETERMINATION DES MURMÈLES ET DES RATONS



1ère partie

[Voir pages 28 et 29]

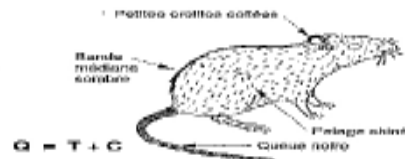


Ac
ac

MURSIDA ET DENDROMURIDAE DU SENEGAL

Arvicanthis

Le seul petit rongeur diurne du Sénégal. Deux espèces jumelles : *Arvicanthis niloticus* occupe les 4/5 Nord du pays. La deuxième espèce, non encore dénommée, occupe la frange Sud du pays.



Dasymys inornatus

Appelé "rat hirsute" à cause de son pelage hérissé, ou "rat des marais" à cause de son habitat préféré. Très localisé: limité à la Basse Casamance. Populations relictuelles aux lacs Retba et Mbaouane (Niayes).



Rattus rattus

Le rat noir ou "rat des bateaux". Vit uniquement dans les habitations. Existe dans toutes les agglomérations, dans la moitié Sud du pays, sauf dans le département de Kédougou, où il est totalement absent. A la latitude de Dakar, ne se trouve que dans les villes, pas dans les villages.



Rattus norvegicus

Le rat d'égout, ou surmulot. Limité aux environs du port de Dakar. Existait aussi autrefois à Saint Louis.



Mus musculus

Poids = 15 g. Vit uniquement dans les habitations. Peut se trouver isolée dans tout le pays, mais les populations permanentes ne se rencontrent que dans les régions du Cap-Vert, de Thiès, Louga et Saint Louis, jusqu'à Richard Toll seulement.



Nannomys sp

Souris naines africaines. Très petite taille: la moitié de celle de la souris domestique (Poids = 8g). Au moins cinq espèces différentes au Sénégal. Se distinguent essentiellement par leur caryotype.



Lemniscomys griselda

Extrêmement rare: aucune capture depuis le siècle dernier.

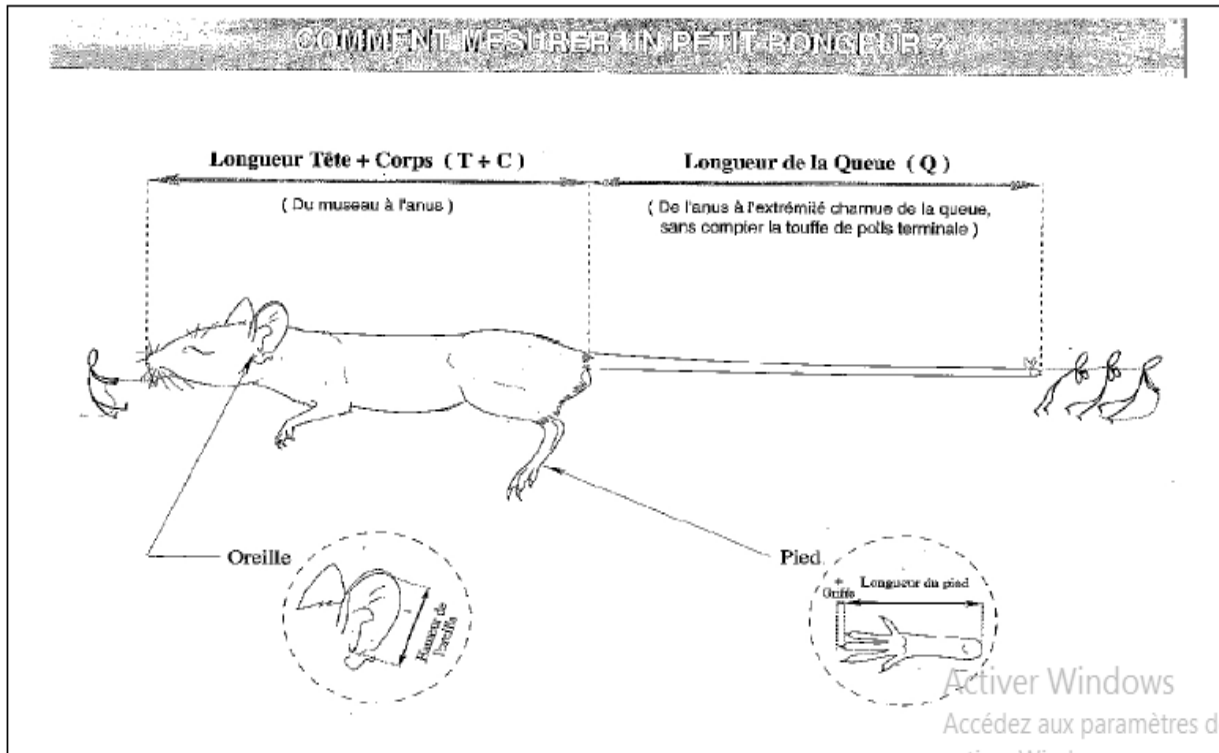


Lemniscomys barbarus

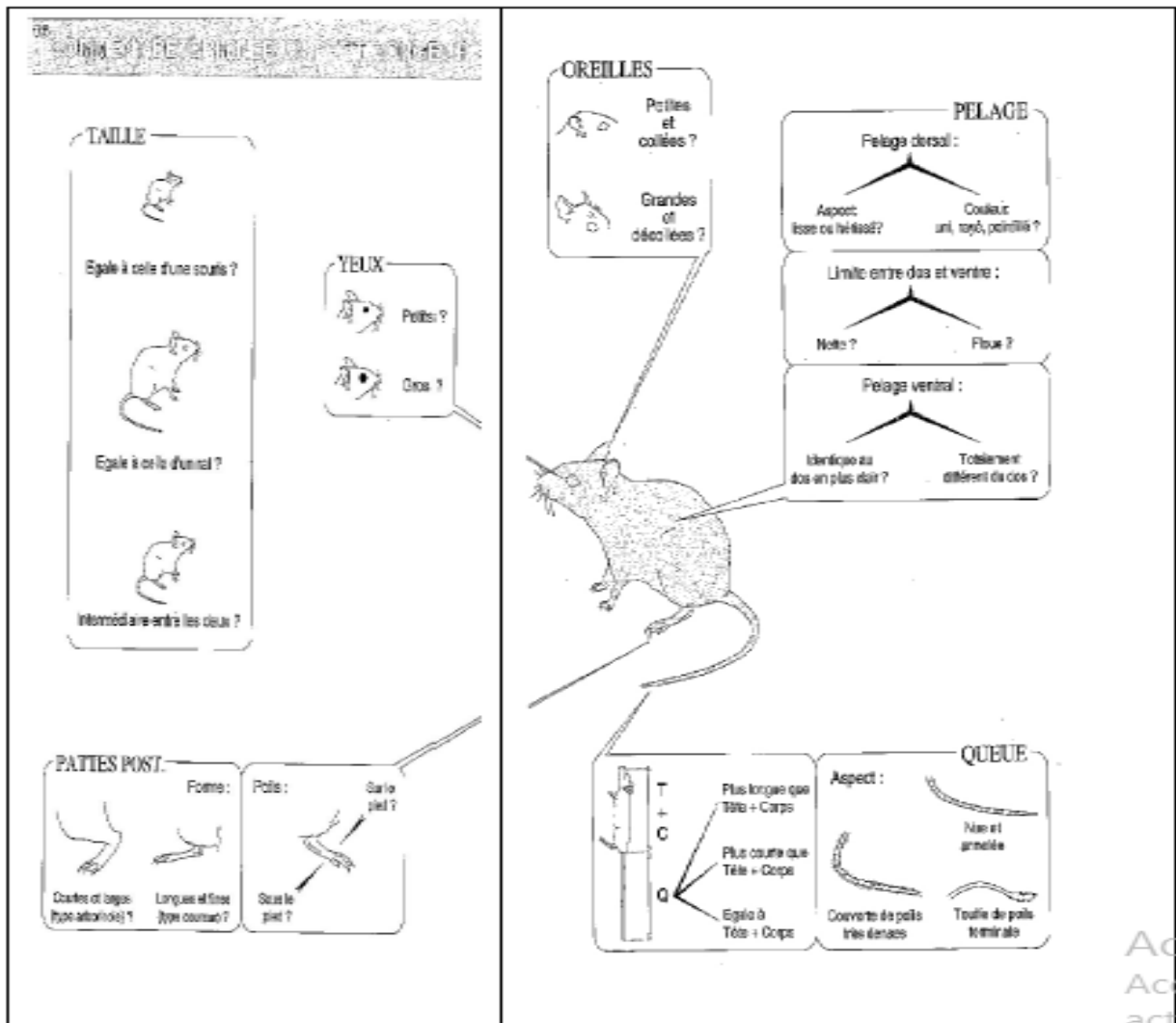
Le "rat rayé": son pelage caractéristique ne peut être confondu avec aucun autre. Se trouve dans la moitié sud du pays. Abondant certaines années.

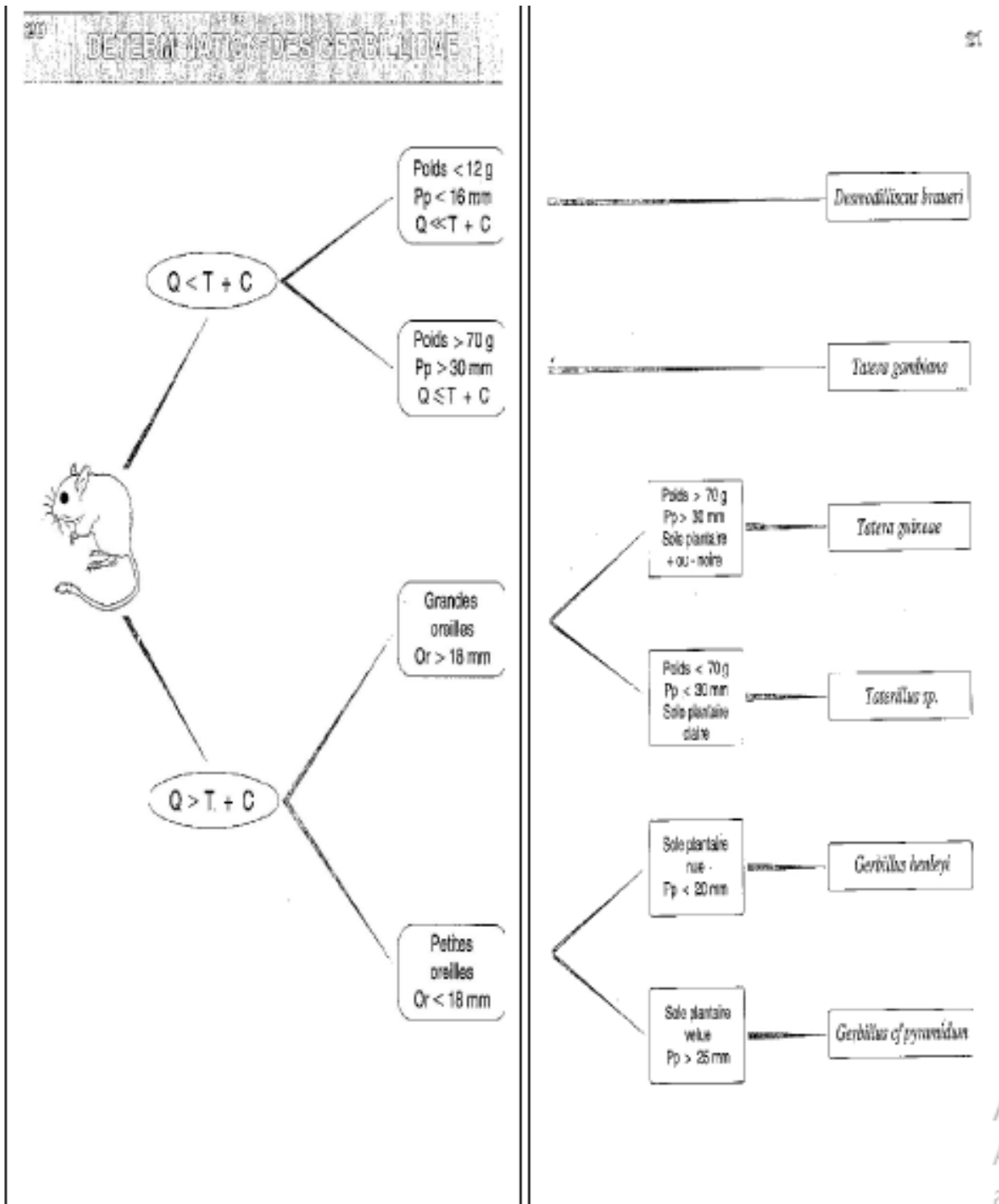


Activer Window
Accédez aux paramètres
activer Windows.

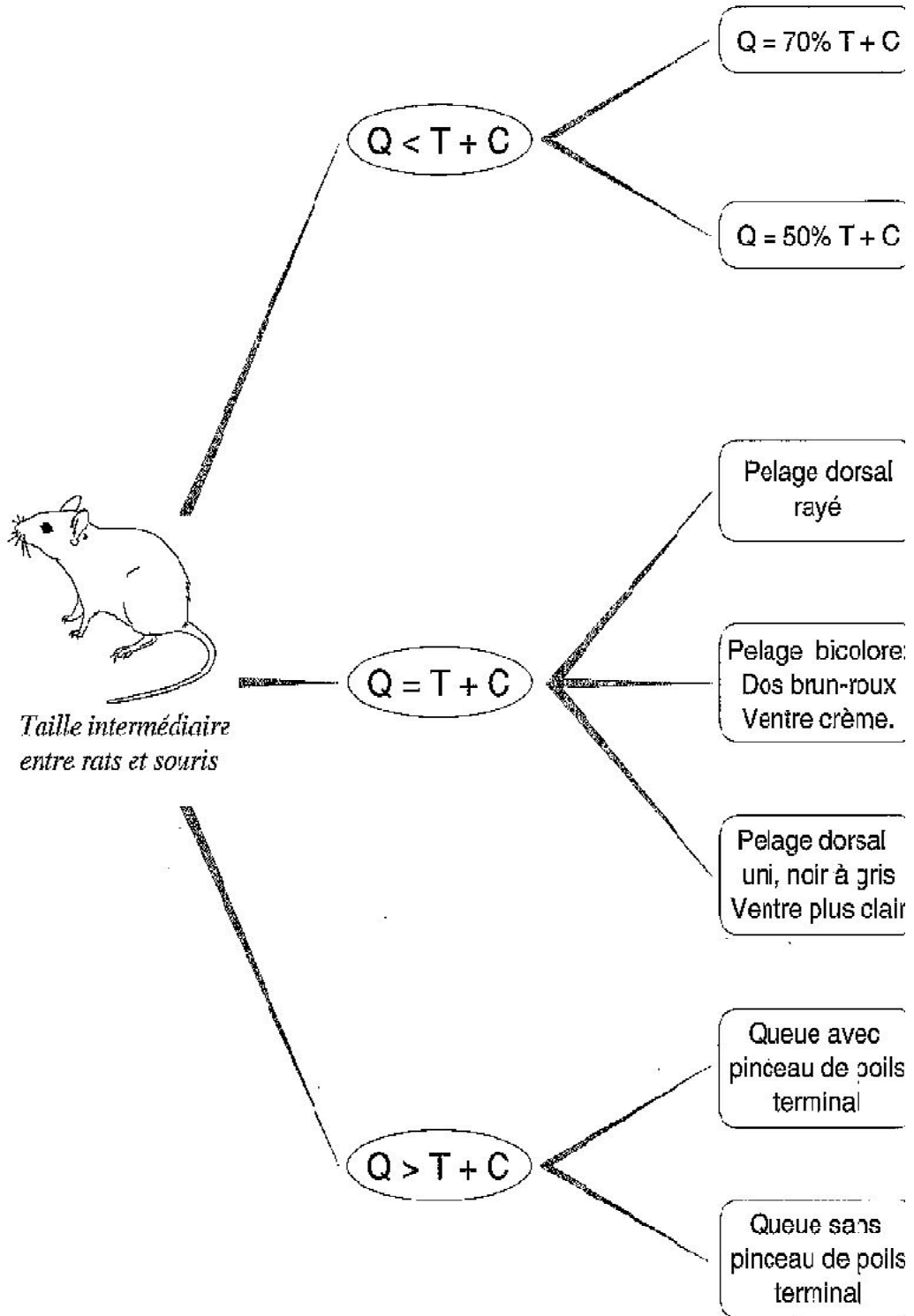


Activer Windows
Accédez aux paramètres de
activer Windows.



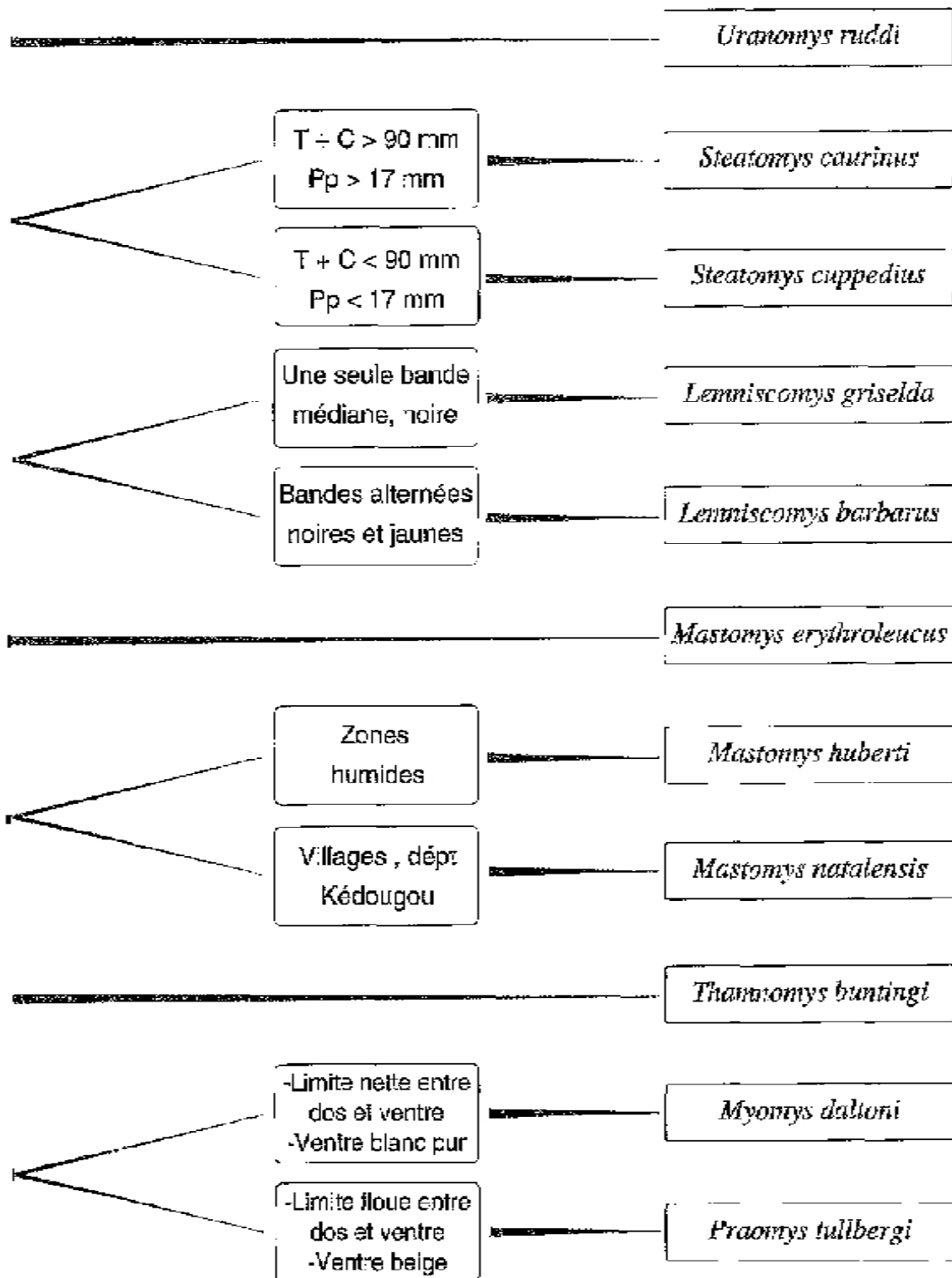


26 DETERMINATION DES MURIDAE ET DENDROMURIDAE



2ème partie

[Voir pages 29 à 31]



Coloration du frottis au May Grunwald Giemsa (M.G.G.)

- Déposer 10 à 15 gouttes de May-Grünwald sur le frottis et couvrir pour éviter l'évaporation.
- Attendre Pendant 3 mn.
- Déposer ensuite 10 à 15 gouttes d'eau tamponnée et mélanger par rotation de la lame durant 1 mn
- Égoutter
- Recouvrir de Giemsa dilué durant 15 mn.
- Égoutter
- Laver à l'eau neutre.
- Sécher au papier Joseph.
- **Conservation des frottis.**

Les frottis après examen à l'immersion sont couverts d'huile qui a tendance d'abord à ramasser poussières et fibres puis à sécher. De ce fait un ré-examen ultérieur de la lame est rendu difficile. Son nettoyage au xylène n'est pas satisfaisant. Une bonne habitude consiste à déposer une grosse goutte d'huile de cèdre sur le frottis et de poser par dessus une ou deux grosses lamelles contiguës. Au bout de quelques jours le frottis est transformé en préparation permanente qui se conserve indéfiniment. La présence de lamelle malgré son épaisseur ne nuit pas la mise au point lors d'un futur examen à l'immersion.

Préparation des coupes histologiques

Technique de la recoupe :

. Elles doivent être fines et précises, correspondant à l'épaisseur des cassettes (fermeture) et surtout elles doivent être à la limite de la lésion avec le tissu sain.

5.2 Matériel :

La recoupe doit être réalisée sous une hotte aspirante chimique en état de fonctionnement, qui permet d'aspirer les vapeurs de formol. Les manipulations s'effectuent avec les gants, un masque, un bistouri et des pinces. Les prélèvements d'organes fixés seront imbibés d'eau avant la recoupe afin d'éliminer l'odeur formolée.

3. Décalcification :

Dans le cas de prélèvement des tissus osseux ou lors de masses calcifiées, une décalcification est nécessaire pour effectuer des coupes de qualité. Pour cela, les agents

décalcifiants les plus utilisés sont les acides inorganiques comme l'acide nitrique ou organique comme l'acide formique.

Pour ce cas particulier, la date de cette opération est notée sur le côté droit de la cassette.

4. Inclusion :

Cette étape permet d'imprégner les tissus par un matériel inerte qui durcit pour obtenir des blocs homogènes renfermant des organes ou des fragments d'organes. La machine utilisée est un automate à inclusion, dont la fonction est de renforcer la fixation, permettre la déshydratation, clarification et imprégnation. Du faite de la non réception de cet appareil malgré les commandes précédentes. Les bains sont réalisés manuellement dans la structure d'histopathologie.

4.1. Déshydrations :

Un lavage rapide à l'eau du robinet éliminera l'excès d'acide picrique. Les tissus humides ne peuvent pas être directement infiltrés par la paraffine. En premier lieu, l'eau devra être retirée des tissus par la déshydratation. Cela est habituellement réalisé par passage dans une série de bains d'alcool (éthanol 100 %) aux gardiens ascendants : 70% – 95% -100% généralement deux suffisent 70% et 100% pour bien gérer le stock d'alcool.

4.2. Clarification :

Celle-ci consiste à extraire le déshydratant et le remplacer par une substance miscible avec la paraffine ce qui rend les organes plus transparents. Elle repose sur deux passages au chloroforme. L'agent clarifiant utilisé au niveau de notre labo d'histologie est le chloroforme. (Nocif et irritant). D'autres solvants clarifiants tels que le xylène et le toluène peuvent être également utilisés. On parle d'agents « éclaircissants ». Deux passages sont nécessaires :

- Le premier bain se compose de 50% chloroforme et 50% Alcool. Le second est réalisé par du chloroforme pur.

4.3. L'imprégnation :

Elle consiste à imprégner le tissu à chaud par une paraffine de routine dont le point de fusion est de l'ordre de 54 – 56°C. A notre niveau, l'imprégnation s'effectue en plongeant directement les cassettes dans l'appareil thermal conçu au départ pour faire fondre la paraffine et cela vue de la non disponibilité de l'automate.

Durée des étapes de préparation :

	Alcool 70%	Alcool 100%
Déshydratation	06 h et plus	20 h à 24h au maximum
Clarification	Chloroforme 50%, Ethanol 50 %	Chloroforme pur
	04 h	06 h
Imprégnation	Paraffine 20h au maximum 24h	

4.4. L'enrobage :

Elle consiste à mettre les organes dans un bloc de paraffine refroidie.

Après formation du bloc, dégager le moule et congeler le bloc (- 20°). La cassette qui contenait le prélèvement est fixée à l'ensemble. Son numéro permet de garantir sa traçabilité. Un bloc de tissu très homogène en consistance sans bulles d'air est ainsi obtenu. Ce caractère est d'une grande importance pour la confection des coupes.

5) Préparation des coupes histologiques :

Une épaisseur de 5 µm des coupes permet aux rayons lumineux du microscope de traverser les coupes et d'éviter les superpositions tissulaires. Certaines préparations sont nécessaires avant d'entamer les coupes des tissus.

5.1 Bains marie :

Allumer le bain marie d'histologie et chauffer l'eau jusqu'à la température de 50°C, Le bain marie doit être remplie avec de l'eau distillée afin d'éviter le dépôt de calcaire qui pourra cachée le reflet des coupes transparentes à la surface de l'eau et rendre la prise difficile des coupes sur la lame.

5.2 Vérification du microtome à rotation manuelle :

Le microtome doit être entretenu et manipulé par un technicien spécialisé ou en sa présence qui demande du savoir faire et de l'expérience.

5.3 Identification :

Identifier en reportant le numéro d'ordre séquentiel des cassettes sur les lames à l'aide d'un crayon à aimant ou au crayon pour les lames avec bordures blanchâtres. Mettre une goutte de la solution 50% albumine 50% glycérol sur la lame est bien l'étalée. Cette dernière permettra l'adhésion de la coupe à la lame lors des étapes de coloration.

5.4 La coupe des tissus :

Cette étape étant manuelle, elle nécessite une grande habilité et une grande précision. Commencer par réaliser grossièrement des coupes de l'ordre de 20-30 mn pour la majorité des organes, 10 microns pour les nerfs jusqu'à l'obtention de la surface totale du prélèvement sur les coupes.

Ensuite réduire l'épaisseur à 5 microns, considérée comme la taille standard d'une lecture microscopique et réaliser un ruban de coupes sans plis ni déchirures. La partie du ruban choisie sera prise par une pince métallique ou un pinceau et mise sur une lame inondée d'alcool à 70°C.

Coloration standart à l'hématoxyline et éosine :

Le fait de colorer les coupes permet de mettre en évidence les structures tissulaires et cellulaires. La coloration standard la plus utilisée est la coloration Hématoxyline –Eosine (H.E). Le but de cette coloration bio-chromique est d'associer un colorant nucléaire et un colorant cytoplasmique.

6.1 Réactifs :

Hématoxyline Alun de Harris :

- Hématoxyline 02.5g
- Alcool absolu 50ml
- Alun de Potassium 50g
- Eau distillée 500ml
- Chlorure de mercure 01.5g
- Acide Acétique glaciale 20ml

6.2 Information toxicologique :

6.2.1 Chlorure de mercure :

Très toxique par inhalation. Ne pas rejeter dans l'évier sous risque de formation d'amalgames avec les métaux (cuivre) qui ne peuvent pas être détaché de la canalisation.

6.2.2. Acide acétique glaciale :

Corrosive pour les tissus et provoque de graves brûlures. En cas de contact avec les yeux, laver abondement et consulter un spécialiste.

Technique de coloration :

- Déparaffiner d'avantage par passage dans deux bains de xylène de 15 min chacun.
- Réhydrater graduellement, bains dans l'alcool absolu de 5mn chacun puis dans un bain d'alcool à 70°C pendant 5mn.
- Colorer avec l'hématoxyline pd 25 mn.
- Foncer (To bleu) dans l'eau du robinet pd 15mn.
- Réduire la coloration (du cytoplasme) par un trempage rapide (1-2 seconde) dans 1% Acide chlorhydrique pur /Alcool absolu.
- Lavage rapide à l'eau pour éliminer l'excès d'acide/Alcool.
- Colorer à l'éosine pendant 15 mn.
- Lavage à l'eau pour éliminer l'excès de colorant.
- Déshydrater graduellement dans l'alcool à 70° pd 10 mn puis dans l'alcool absolu pd 3mn.
- Sécher les lames avec précaution dans du papier buvard (ou papier hygiénique).
- Clarifier dans du xylène pd 15mn.
- Monter entre lamelle et lame en prenant le soin de dégager les bulles d'air du baume de canada à l'aide d'une seringue.
- Laisser sécher les lames dans la poupinelle à 60°C pd une nuit.

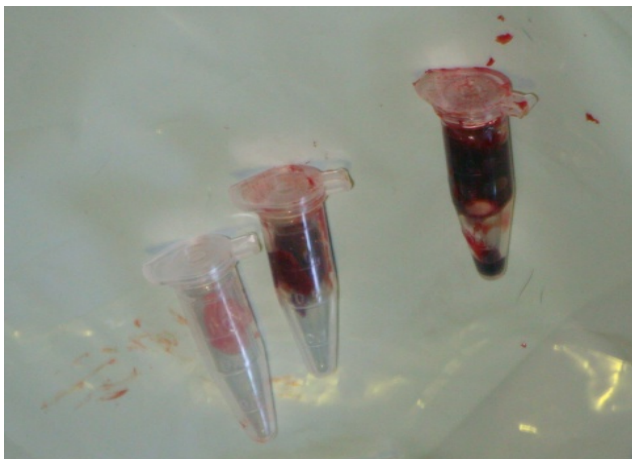
Tableau des mesures biométriques des rongeurs pièges à Ain Skhouna

Rongeurs	Sites	Sexe	Poids (P) (g)	Longueur du corps C(T+C) (mm)	Longueur de la queue (Q)(mm)	Longueur de la tête (LT) (mm)	Pied postérieur (Pp) (mm)	Longueur de l'oreille (Or) (mm)	Observation
1	1	F	114.90	155	105	45	35	15	Q : E N
2	1	F	207.98	180	120	45	35	15	C : F Q : FN
3	1	M	183.57	170	120	42	32	12	C : F Q : N
4	1	M	214.00	180	120	50	38	15	
5	1	M	126.57	145	105	45	30	15	
6	1	F	192.76	175	100	40	30	15	
7	1	F	182.33	170	105	45	35	15	
8	1	F	168.46	160	110	50	35	15	C : F Q : FN
9	1	F	118.37	142	102	40	35	15	
10	1	F	145.28	135	120	40	35	15	
1	2	M	115.86	143	100	42	30	16	Q : M N
2	2	F	184.87	173	122	40	32	15	Q : N Ongle : noir
3	2	M	189.45	175	115	50	30	17	C : F Q : F
4	2	F	164.22	160	110	45	39	16	Q : noire
5	2	F	120.15	142	100	40	35	15	Q : M N
6	2	F	202.31	165	115	45	35	15	Oreille ne dépasse pas la tête
7	2	M	122.35	154	115	34	34	15	
8	2	M	167.34	162	115	50	35	15	
9	2	M	182.87	180	110	55	35	15	Q : Noire Incisive supérieur plus long
10	2	M	148.71	155	120	40	30	15	C : fond noir couleur sablé Q : m
1	3	F	94.62	135	90	40	30	15	
2	3	F	110.47	135	105	40	30	15	
3	3	F	113.94	130	110	40	35	15	
4	3	F	133.60	132	100	45	35	15	
5	3	F	118.80	145	100	45	30	15	
6	3	F	153.82	160	115	50	35	15	Q : noire
7	3	M	200.10	180	110	50	40	15	
8	3	F	79.48	180	100	50	37	15	
9	3	F	79.40	130	97	40	32	15	
10	3	F	132.91	150	110	40	30	15	
1	4	M	340.00	25.50	115	55	45	15	Sebseb(belette) fauve
2	4	F	205.91	180	120	50	30	15	Q : M
3	4	F	189.10	170	100	42	35	15	
4	4	F	118.40	145	105	40	30	15	
5	4	F	181.03	175	110	50	35	15	
6	4	F	184.22	170	110	45	35	15	
7	4	F	165.60	170	110	50	35	15	
8	4	M	199.93	180	130	50	35	15	
9	4	F	120.55	145	105	45	32	15	
10	4	F	176.20	170	970	40	30	15	
1	5	F	209.55	185	125	50	35	15	
2	5	F	124.23	152	110	40	35	15	
3	5	M	156.72	143	115	45	35	15	
4	5	M	183.12	163	112	40	35	15	
5	5	M	260.00	175	120	40	32	15	
6	5	M	181.00	165	110	45	3.5	15	
7	5	F	137.96	160	105	45	3.5	15	
8	5	F	215.00	170	130	55	40	15	
9	5	M	161.86	155	120	50	40	15	
10	5	M	142.37	145	105	40	35	15	

Relevés biométriques des rongeurs de Draa El Mizan

Rongeurs	Sites	Sexe	Poids (P) (g)	Longueur du corps C(T+C) (mm)	Longueur de la queue (Q) (mm)	Longueur de la tête (LT) (mm)	Pied postérieur (Pp) (mm)	Longueur de l'oreille (Or) (mm)	Observation
1	5	F	800	250	23	50	40	18	GT
2	1	F	720	250	22	50	40	18	GT
3	1	M	500	230	22	50	38	18	GT
4	3	F	240	230	22	50	38	17	GT
5	3	M	330	210	21	45	38	17	GT
6	3	M	280	180	20	45	38	17	GT
7	6	F	320	230	22	50	40	18	GT
8	6	M	720	240	23	50	40	18	GT
9	4	F	690	250	23	50	40	18	GT
10	5	F	510	220	21	45	38	17	GT
11	5	F	630	220	22	50	38	18	GT


Photos des Rongeurs



Fiche d'examen clinique des chien

Date: 31 /07/2010

N°: 2

Animal	propriétaire
<p>Nom:</p> <p>Sexe : mâle</p> <p>Race: locale</p> <p>Age: 18 mois</p> <p>Robe: fauve</p> <p>Etat général: moyen</p> <p>Signe clinique : amaigrissement</p> <p>Signe cutané</p>	 <p>Nom : Bouarfa boumedien</p> <p>Adresse : Zraib A.S</p> <p>Site GPS : N 34°30.276 E 000°50.878</p>

Date: 31 /07/2010

N°5

Animal	propriétaire
<p>Nom: rex</p> <p>Sexe : male</p> <p>Race: doberman</p> <p>Age: 18mois</p> <p>Robe: noir extr fauve</p> <p>Signe clinique: /</p>	 <p>Nom : Lamari mohamed</p> <p>Adresse : Malha A/S</p> <p>Site GPS : N :34°30.434</p>



Travaux Scientifiques

Travaux scientifiques

Cette thèse a fait l'objet des publications et communications suivantes

Publications Internationales

- F. Benmahdi-Tabet aoul, k. Bouderoua, T. Benmahdi, A. Ammam. 2017. The effect of introducing *Mustelanimalis* to control the reservoirs of Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis at Ain Skhouna in Algeria. *Advances in Environmental Biology*, **11**(3), 58-67.

Communications Internationales affichées/orales avec actes sur résumé

- F. Benmahdi-Tabet aoul, k. Bouderoua, T. Benmahdi, A. Ammam. 2017. Effet de l'introduction de la belette *Mustelanimalis* comme moyen de lutte biologique contre le réservoir de la leishmaniose cutanée : Cas de Ain-Skhouna en Algérie. Journées scientifiques de l'AEEMA des 23-24 Mars 2017, Maison Alfort, Paris.
- S. Belgat, M. Hamdi, A. Ikhlef, F. Benmahdi, Y. Rahou, L. Houti. 2013. Ecologie du développement de la L.C.Z dans les zones humides des régions arides méditerranéennes : cas de Ain Skhouna Algérie. Grand bassam, Cote D'ivoire from 1 to 3 October 2013, AfricaEcohealth.
- Allal-Ikhlef. A, Makhlof. B, Tabet Aoul. F, Belgat. S, Hamedi. M, Kebaili. A, Houti. L. Epidémiologie de la leishmaniose cutanée et inventaire des phlébotomes dans les foyers de Ain Skhouna et Draa El Mizan (Algérie). 6ème séminaire international de médecine vétérinaire, Constantine, 17 et 18 novembre 2012.
- Makhlof, F. Tabet Aoul, A. Ikhlef-Allal, A. Kebaili, Y. Rahou, S. Belgat, A. Sellami, M. Hamedi, S. Chougrani, L. Houti. Epidemiology of cutaneous leishmaniasis in the foci of Draa El Mizan and Ain Skhouna (Algeria) B. ISID-NTD 2011. Boston (USA), 8-10 Juillet 2011 (<http://ntd.isid.org/welcome.shtml>).
- Y. Rahou, S. Belgat L. Houti, F. Tabet Aoul, A. Ikhlef-Allal, S. Chougrani, A. Kebaili, A. Sellami, B. Makhlof. De la recherche sur une maladie vectorielle à un projet de développement communautaire : cas de la leishmaniose cutanée en Algérie, SFSP 2011, Société Française de Santé Publique. Lille (France), 2-4
- Y. Rahou, A. Kebaili, B. Makhlof, F. Tabet Aoul, A. Ikhlef-Allal, S. Belgat, A. Sellami, M. Hamedi, S. Chougrani, L. Houti. What do vulnerable populations from foci of Draa El Mizan and Ain Skhouna know about cutaneous leishmaniasis ? (Algeria). CODESRIA, Casablanca (Maroc), 8 Décembre 2011.
- L. Houti, S. Belgat, A. Ikhlef-Allal, F. Tabet Aoul, A. Kebaili, A. Sellami, M. Hamedi, S. Chougrani, B. Makhlof, Y. Rahou. Reduce cutaneous leishmaniasis in the foci of Draa El Mizan and Ain Skhouna: the Ecohealth experience (Algeria). CODESRIA, Casablanca (Maroc), 8 Décembre 2011.
- S. Belgat, F. Tabet Aoul, A. Ikhlef-Allal, A. Kebaili, B. Makhlof, Y. Rahou, A. Sellami, M. Hamedi, S. Chougrani, L. Houti. Gestion de la zone humide du Chott Ech Chergui : quel impact sur le développement de la leishmaniose cutanée dans le foyer de Ain Skhouna ? (Algérie) CODESRIA, Casablanca (Maroc), 8 Décembre 2011.

Communications nationales par affiche avec actes sur résumé

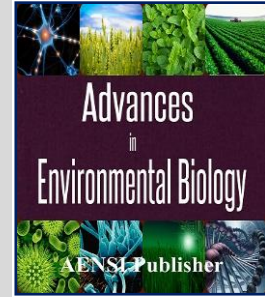
- F. Tabet Aoul, A.Kebaili, A.Allal-Ikhlef, M.Hamedi, Y.Rahou, S.Belgat, Z.Harrat, K.Bouderoua, L.Houti. Etude du réservoir de la leishmaniose cutanée à Ain Skhouna (Saida).. Journée de biologie. Université de Mostaganem, 25 Mai 2011.
- L. Houti, B. Makhlouf, F. Tabet Aoul, A. Ikhlef-Allal, A. Kebaïli, S. Belgat Gestion des zones humides : quel impact sur la santé des populations? Cas de la Leishmaniose Cutanée à Ain Skhouna. Journée Gestion des Zones Humides. CRASC, 2 Février 2011.
- A.Allal-Ikhlef, K.Benallal, A.Kebaili, F. Benmahdi, Z.Harrat, L.Houti. Inventaire des phlébotomes de Draa El Mizan (Tizi-Ouzou) et de AïnSkhouna (Saida). Journée Nationale de Parasitologie Médicale. EHU Oran, 10 Décembre 2010.

Effet de l'introduction de la belette *Mustel anivalis* comme moyen de lutte biologique contre le réservoir de la leishmaniose cutanée Cas de Ain-Skhouna en Algérie.

RESUME

Une recrudescence de la leishmaniose cutanée à été observée en Algérie qui constitue un problème réel de santé publique. Considérée comme une zoonose pour l'homme, elle sévit sur un mode endémo-épidémique. Dans ce contexte, la zone de Ain Skhouna et qui est relié au chott chergui a connu plusieurs épidémies de la leishmaniose cutanée région situé dans une zone humide emboîtée au milieu de la steppe à climat semi-aride a été choisie pour mener une étude bioécologique sur les rongeurs zoonotique. Notre travail a été réalisé durant une période de 36 mois (juillet 2010 – 2013). L'analyse du biotope et des comptages des terriers actifs ont été réalisés sur 9 sites de façon à couvrir la zone d'étude dans chaque site 5 carrés ont été choisi, ainsi que des captures des spécimens vivants par inondations des terriers dans 9 sites choisis. Les observations sur terrain ont permis l'identification et la réalisation de mesures biométriques au laboratoire des rongeurs et par la suite l'introduction des belettes capturées sur une zone surveillée de 500m² et leurs effets sur l'écosystème de Ain Skhouna qui marque une pullulation des rongeurs de la leishmaniose cutanée. Les captures ont permis d'identifier une population variée de rongeurs, 84% de *Psammomys obesus* et 16% de *Merions shawi* considérés comme des réservoirs de transmission de la maladie. A travers la zone étudiée, la pullulation des rongeurs s'est exprimée par une moyenne de 2 à 3 terriers actifs par m² durant l'année 2010. En aout 2010 et après introduction de belettes nous avons constaté, une diminution après 4semaines jusqu'à l'absence totale des rongeurs et des terriers inactifs jusqu'à septembre 2013 donc ces belettes semblent être une intéressante lutte contre les ravageurs. Ces derniers étaient habités par plusieurs belettes identifiées comme appartenant à l'espèce *Mustel anivalis*. Cette méthode de lutte se confirme une alternative de choix par sa simplicité et son impact écologique sur l'environnement et contrairement à la seule lutte pratiquée par la propagation des insecticides hautement toxique.

MOTS CLES : Leishmaniose cutanée, Rongeur, Belette, Lutte biologique, Algérie



The effect of introducing *Mustela nivalis* to control the reservoirs of Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis at Ain Skhouna in Algeria

¹F. Benmahdi -Tabet aoul, ²k. Boudroua, ²T. Benmahdi, ³A. Ammam

¹University of Mostaganem Abelhamid Ibn Badis- Faculty of Exact Sciences and Sciences of the Living- Mostaganem Department of Agronomy. Algeria.

²Regional Veterinary Laboratory of Mostaganem-Algeria.

³Laboratory of bio-toxicology pharmacognosie and biological valorisation of the plant. University of Dr Moulay Tahar Saida . Algeria

Address For Correspondence:

F. Benmahdi -Tabet aoul, University of Mostaganem Abelhamid Ibn Badis- Faculty of Exact Sciences and Sciences of the Living- Mostaganem Department of Agronomy. Algeria.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Received 12 January 2016; Accepted 10 March 2017; Available online 26 March 2017

ABSTRACT

A recrudescence of the Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis has been recorded in Algeria and constituted a serious problem of public health. The disease prevails in Algeria in an endemo-epidemic mode. In this context, the area of Ain Skhouna situated near to the Chott chergui has recorded several human cases. Filled into the middle of the steppe with a semi-arid climate, this area was chosen to conduct a bio-ecological study on rodent reservoirs from July 2010 to August 2013. Biotope analysis and active burrows counting were realized on nine sites in order to cover the pullulated rodent areas. The catching was realized through each site. Rodents were manually caught after flooding by water cisterns and breaking their burrows. This type of trap was preferred over the rest of traps used because it can trap other small animals. This allows the capture of live animals which offers a very good exploitation. The preparation of faunistic material was carried out by inhalation of volatile anesthesia. Identification, biometric measurements, necropsy of rodents and histological sections of lymph nodes which drain ears lesions were done at the laboratory. Results showed an average of 2 to 3 active burrows per m². They also showed a varied population of rodents, 84% of *Psammomys obesus* and 16% of *Meriones shawi*. The medullary macrophages of lymph nodes revealed numerous amastigotes inside their cytoplasm seen as small intracellular rounded bodies. Later, we introduced captured weasels which we have identified as *Mustela nivalis* inside a closely monitored zones and investigated their predator effect on rodents and the ecosystem of Ain Skhouna. After a daily monitor of four week, we noticed a gradual decrease until total absence of rodents. Visits on site showed inactive burrows until 2013. Therefore this voracious behavior is an efficient measure of controlling these agricultural devastating reservoirs by its simplicity and ecological impact on the environment.

KEYWORDS: Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis, rodents, weasel, biological control.

INTRODUCTION

Zonotic Cutaneous Leishmaniasis is widely spread, with one third of the cases occurring in various epidemiological areas in the US, Mediterranean region, and West of Asia from the Middle East to central Asia. The Global reported ZCL is 214,036 cases per year and its estimated annual incidence ranged from 690,900 to 1,213,300. The highest rates of this disease have also been reported in 10 countries, including Afghanistan, Algeria, Columbia, Brazil, Iran, Syria, Ethiopia, North Sudan, Costa Rica and Peru comprising between 70% and 75% of world's rate. In Algeria, from 2004 to 2008, the reported cases were 44 050 of ZCL, the estimated annual incidence was 123,300 to 202,600 [1]. Zonotic Cutaneous Leishmaniasis dominates the epidemiological situation and parasitic diseases in Algeria. This infestation spreads rapidly giving rise to new foci [2]. According

to the Ministry of Health (2010), more than 40 wilayas are affected today. At the origin of this explosive situation, pollution and the deterioration of natural ecosystems have contributed greatly to the development of the disease besides to the spread of Leishmaniasis at an alarming rate across the globe [3]. Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis (ZCL) is a parasitic disease called also oriental sore caused by *Leishmania major* which infests the macrophages of several mammalian including the human being. This form of leishmaniasis occurs in arid and semi-arid areas considered as the ideal biotope for rodents. The most common reservoirs of the disease are gerbils which belong to the genus of *Meriones* and *Psammomys*. Recently the Algerian hedgehog, *Atelerix algirus* was found naturally infested with leishmania parasites in Tunisia [4]. Rodents share with men most of the terrestrial habitats [5]. They count nearly 1700 species and thus consist the largest population of the mammalian class which represents 50 % of it distributed throughout the world [6]. The rodents are cosmopolitan and occupy the majority of terrestrial ecosystems by adapting themselves to the various biotopes in which they find food and refuge [7]. According to [8] and the observations realized by [9] a female rodent can have a progeny of 2640 individuals per year. Rodents have extremely attracted attention the agricultural sector, in particular the families of Muridae and Gerbillidae which gnawed produce. In addition of being harmful to agriculture, they were also considered as being reservoirs and carriers for infectious agents [10]. [11] described in details the inflammatory process of lesions of cutaneous leishmaniasis. It takes the form of chronic ulcers which develop from inflammatory papules at the site of the *Phlebotomus* bite. The leishmania are inoculated by the biting insect and are soon ingested by histiocytes. Rapid proliferation of the protozoa disrupts the phagocytes, and the released organisms are ingested by further phagocytes to repeat the process. Lymphocytes and plasma cells surround the cutaneous lesion and the neutrophils are attracted to the debris. When the inflammation extends to the overlying epithelium, ulceration occurs. Numerous parasites are present within the macrophages and some are free in tissue. The actual measures rodent control are the use of rat poison, poisonous gases, ploughing which unfortunately leads to rodent movements and water flooding prove to be costly and rarely used. Actually, these measures are not sufficiently effective on the ground. In this context, the areas of Aïn Skhouna were chosen as an experimentation field. It covers an areas of 404.4 km² for a population of 7129 habitants. Aïn Skhouna is an integral part of the Chott Ech Chergui basin with has an areas of 40.000 km². This Chott gives the region a special natural ecosystem with a humid land nestled in the middle of the steppe. This choice was justified on the one hand by the connection between development of rodent reservoirs of ZCL and the epidemics recorded in this zone from 2002 to 2006, and on the other hand, the presence of groundwater which promote the growth of Chenopodiaceae, a large plant known as the favorite diet for rodents [12]. During our research work and according to the observations on rodent behaviour realized by the inhabitants of the areas which the female rodent gives birth to an offspring called locally Sebseb then turns at the mature age against and devours her. Among predators, weasel is the smallest. Weasel belongs to the Mustelidae family. [13] reported that there are variations in size according to region and gender. The largest are around the Mediterranean where they can be found solitaires on the cereal plains if there are enough preys. The male is larger than the female. A family of weasels eats from 31 to 46 kg of meat per year or 1240 to 1840 small rodents per year. However, this beneficial animal is threaten by wild dogs, cats, jackals, owls, eagles and vipers. Rodent intake by weasel is frequent, about 10 per day [14]. This study aims firstly to investigate the reservoir hosts and to analyze biometric, pathological and parasitological data collected in areas of Aïn Skhouna. Secondly to clarify the Sebseb behavior which pointed out our curiosity and finally to experiment it as control measure for rodent ZCL reservoirs.

MATERIALS AND METHODS

From July 2010 to August 2013, our work is based on using an ecosystem approach that promotes participatory procedures. In the beginning, a field visit was carried out with the aim of meeting local citizens, exploring the natural ecosystem of ZCL, choosing the study site and the preparation of the logistic. Three research teams were designed to supervise the work on the reservoir the vector and the vegetal. Data from complaints of the inhabitants following the damage caused by the rodents, the availability of biological material such as the presence of burrows of rodents, their belly traces, footprints, droppings, the proposal by the local inhabitants on the method of capture of rodents and the epidemiological situation of human ZCL cases in the local health center were collected.

1. Materials:

1.1 Presentation of Aïn Skhouna:

The commune of Aïn Skhouna is located 80 km south east of the chief town of the wilaya of Saïda. It has an altitude of 1000, a longitude of X1 = 34°80' - X2 = 34° 15' and a latitude of Y1 = 1.55° - y2= 2.30°. The study area is near the inhabitant residences and limited to the east by the Chott Ech Chergui basin (Fig1). In order to cover the entire area, nine sites of 01 hectare each were selected according to the presence of burrows,

multiplication of rodents, abundance of the Chenopodiaceae vegetation and anthropisation (Fig 2). These sites were duly identified by GPS and shown in Tab 1.

1.2 Counting of burrows:

The indirect method described by [14] was realized in order to facilitate their enumeration. From each site of 1 hectare, a surface area of 100 m² was retained. Throughout each surface area, 5 squares of 1 m² of side were randomly selected to count the burrows and to calculate the average by site. The abundant count of active burrows revealed us the dynamic of the rodent population to study

1.3 Faunistic material:

With the help of the local inhabitants, rodents were manually caught after flooding by water cisterns and breaking their burrows (Fig3). The cages were numbered to the corresponding sites.

2 Methods:

2.1 Processing of catches:

The capture of rodents took place during the month of July 2010, at the beginning of the day and before sunset and kept in identified cages. Rodents and the Sebseb vertebrate were brought to a veterinary laboratory for better safety and protection against infection (Fig4). Their preparation was carried out by inhalation of volatile anesthesia in order to facilitate the external examination. Concerning the aggressive vertebrate, special preparation using an analgesic followed by an anesthetic for a better care by ensuring its relaxation during measurements. Species, genus, estimated age, sex, color and special characteristics such as small sores on ears, body surface and extremity of forelegs were noted.

2.2 Morphometry and identification:

Once anesthetized, the rodents were placed on the dorsal face, well flatted without stretching and measured. Biometric measurements of the head, body, tail, ear, legs as well as live weight of each rodent were carefully recorded (Fig 5).

The identification was carried out according to the rodent identification key described by [15, 16, 17] and [18]. The criteria for identification of the vertebrate were described by [13].

2.3 Sex determination:

Sex of rodent was determined by external observation of the position of the genital orifices in link to the anus. The female has a developed clitoris and a genital cleft above the anus. Whereas the males have their penis much more distant from the anus [18].

2.4 Dissection and removal of lymph nodes:

Necropsies were performed in laboratory because of better facilities and senior staff to consult. After systematic examination of the thoracic, abdominal cavities and exposed organs, the size of the prescapular and mesenteric lymph nodes of each rodent was noted. As it is known, that macrophages might inter act with parasite antigens, migrate to distant locations such as the intestines [19]. The lymph nodes were cut transversely and immediately placed in Bouin fixative for 5 days, then processed by standart paraffin methods and finally stained with haematoxilin, eosin and Giemsa[20]. Parasitological examination of the lymph nodes slides for amastigotes inside the macrophages were microscopically realized at x 600-1000 magnification.

2.5 Introduction of weasels:

After confirming that the captured vertebrate belongs to Mustelidae family, an experimental introduction was carried out during the month of August 2010. It consisted of selecting randomly and fencing two separate zones. Each zone had an area of 500 m². The first one (zone A) used as control where no weasels were introduced and the zone (B) in which adult, captive weasels were released. These zones were intentionally located far from each other in order to avoid any passage of weasels and rodents from one area to another. These weasels, three males and seven females were captured with a great help to us by young local inhabitants during the year 2011. During their captivity, their carnivorous diet was confirmed as they fed only on traditional by-products of poultry and livestock and captured rodents. Before starting the experiment, the weasels were starved with the exception of water and released in the zone B during August 2011. Despite this number of weasels which really exceeded their prey requirements, it assured at the same time the permanent presence of weasels against animal pests effect. Burrow activity and presence of rodent dynamic were verified by the presence of rat droppings in and around the burrows early in the morning and at sunset for a period of one month.

Results:**1 GPS surveys of the sites:**

The geographical data of our studied sites are between 988.4 m and 1007 m for altitude and between N (34° 29 950- 34° 30 040) and between E (000 50° 226- 000 50° 963) for GPS coordinates. The maximum altitude between the various sites is negligible and is in the order of a few meters. The GPS gap is also negligible. (Tab1)

Table 1: GPS surveys of the sites catches.

Zone	Altitude/m	North / East
Site 1	1007	N : 34° 30 042 E : 000 50 822
Site 2	1006	N : 34° 30 038 E : 000 50 825
Site 3	999	N : 34° 30 018 E : 000 50 829
Site 4	1001	N : 34° 30 013 E : 000 50 835
Site 5	988.4	N : 34° 29 964 E : 000 50 835
Site 6	994.5	N : 34° 29 950 E : 000 50 875
Site 7	993.2	N : 34° 30 016 E : 000 50 226
Site 8	993.9	N : 34° 30 031 E : 000 50 943
Site 9	999.2	N : 34° 30 003 E : 000 50 963

2 Counting of burrows:

This counting showed an average of two to three burrows per square meter within the selected sites and revealed us in general a homogeneous spatial repartition of rodents (Tab 2).

Table 2: Counting of burrows

Selected square of 1 m ²	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8	Site 9
1	2	3	4	1	1	3	2	2	4
2	3	2	2	1	1	3	2	2	2
3	3	2	1	3	3	3	2	3	3
4	1	0	3	4	2	1	1	3	2
5	1	4	5	1	3	2	3	0	2
Average / m ²	2	2	3	2	2	2	2	2	3

3 Morphometric identification of the captured rodents:

According to the rodent identification key described by [15,16,17] and [18], the two species captured belong to the Muridae family which are *Psammomys obesus* and *Meriones shawi* (Tab 3). This identification enabled us to notice that *P. obesus* is dominant and represents 84 % of the catches.

Table 3: Morphometric identification of the captured rodents

<i>Psammomys obesus</i>	Characteristics of the species	Reference	Interval of measurements
Weight / g	/	125-208	114-260
Ear / cm	Round and short	1-1.9	1.5-1.6
Tail / cm	Black to the end of the tail	9-15.0	9-13.0
Head and body/ cm	Long nose	13.0-18.5	13.0-18.5
Head, body and tail / cm	/	22.0-33.5	20.3-31.0
Forefeets / cm	Claws of 5 mm	2.9-6	3.0-4.5
Color of the coat	Sandy in color surmounted by a black furrow with white belly		Confirmed
Eye shape	Fairly large, black and protruded		Confirmed
Corpuscle	Very obese (strong)		Confirmed
<i>Meriones shawi</i>			
Weight / g		105-250	94-134
Ear / cm	Slightly wide	1-2	1.5
Tail / cm	Black brush at the end of the tail, less long than the body, 30-40mm. The dorsal face of the tail is more pale than the cinnamon colored belly. Tail < Head + Body.	12.0-18.0	9.0-11.0
Head and body/ cm	Long nose	13.0-20.0	13.0-18.0
Head, body and tail / cm	/	25.0-38.0	22.0-29.0
Forefeets / cm	/	3,2 – 4,2	3.0-3.7
Color of the coat	Fawn back and white belly		Confirmed
Eye shape	Round, large and black almond in color with a pale band around the eyes.		Confirmed
Corpuscle	Slightly obese		Confirmed

Sex determination:

The sex ratio of captured rodents revealed a predominance of females in comparison to males (Fig 6) In the *Psammomys obesus* species, the female population is almost the twice of the males. In the *Meriones shawi* species, females also predominate over males.

5 Morphometric identification of the captured weasel:

The manual caught after flooding by water cistern in site 7 has also allowed to capture accidentally a larger and strong animal with ferocious appearance showing its aggressive canines during handling (Fig 7). This mammal predator was recognized by the local inhabitants to be the Sebseb. The criteria for identification of the weasel described by [13] enabled us to confirm its belonging to *Mustela nivalis* species.

Table 4: Morphometric identification of the captured weasel

<i>Mustella nivalis</i>	Characteristics of the species	Reference	Interval measurements of
Weight / g	/	40-140	340
Head / cm	/	/	5.5
Ear / cm	/	/	15
Forefeets /cm	/	/	4.5
Tail / cm	Black brush at the end of the tail of 1.4cm Tail < Head + Body	4-6	8
Head and body/ cm	Long nose	16-25	25.5
Color of the coat	Reddish-brown		Confirmed
Eye shape	Black and protruded		Confirmed
Corpuscle	Very obese (strong)		Confirmed

6 External and parasitological examinations:

The macroscopic examination showed in general no lesions, a part from small sores and ulcerations which were observed on the external ears and the surroundings of the eyes of 4 rodents belonging to *Psammomys obesus*. During necropsy, these rodents revealed hypertrophic lymph nodes with some degree of congestion. The microscopic observation showed medullary macrophages of lymph nodes with numerous amastigotes inside the cytoplasm seen as small intracellular rounded bodies (Fig 8).

6. Monitor of the experimental introduction of weasels:

The weekly observations carried out during August 2011 on both zones revealed gradual disappearance until the absence of rodent only in zone B. This was confirmed by the water flooding trapping realized on the fourth week of August (Tab 5). The burrows remain inactive until 2013.

Table 5: Evolution of rodent following the introduction of weasels

Days / Weeks	Control zone (A) Rodents	Experimented zone (B) Rodents + 10 weasels
Day 1	19 in the morning and 11 at sun set, burrows : actives	10 in the morning and 17 at sun set, weasels outside, burrows : active
Week 1	14 in the morning and 11 at sun set, burrows : actives	04 in the morning and 03 at sun set, weasels outside, burrows : actives
Week 2	14 in the morning and 09 at sun set, burrows : actives	Absence of weasels
Week 3	14 in the morning and 10 at sun set, burrows : actives	Burrows : inactive
Week 4	Capture of rodents by water flooding of <i>Psammomys obesus</i> and <i>Meriones shawi</i> burrows	Absence of rodents after water flooding of burrows

Discussion:

Climate changes and desertification observed in the wetland of Ain Skhouna could play a role in the extension of the disease. [21] stated that the decadal increase in the number of ZCL occurrence in the region suggests that changes in climate increased minimum temperatures sufficiently and created conditions suitable for endemicity that did not previously exist. [22] added that the recent human outbreaks which occurred during the 2012-2013 epidemic of Ksar Ouled Dabbab in Tunisia was related to ZCL. It probably followed recent environmental changes. In fact, the construction of a dam, a lake and a semi-urban residential area from which the majority of cases came from districts located on the edge of the new hill lake and comprising several irrigated plots. The inhabitants reported a recent proliferation of meriones and sandflies.

Morphometric identification is a very important criterion for distinguishing between two species of rodents. Our species identification agrees with the study realized by [23] conducted in a zone of the large Chott Ech Chergui and which was mainly based on the relationship between the rodents and the plant biotope. These authors noted that *Psammomys* are not restricted by a limited diet. They revealed the more salinity increases due to the Chott Ech Chergui which is most often inundated with salty water, the more the grassulaceous plants gain the wetland and the more these rodents find food, the less they find it difficult to settle down. [7] reported also that *Psammomys obesus* is a strict herbivore fond of succulent Chenopodiaceae. We think that the low number of *Meriones shawi* caught compared to *Psammomys obesus* is mainly due to their strictly granivorous diet and therefore they are obliged to migrate to neighboring farms characterized by extensive cereal farming. [24] supported this observation and added that the *Meriones* is a migratory species by nature.

[25] reported that the months of July to August are devoted for females to suckling their young rodents in the nest particularly in the *Meriones* species which coincide with our study period and facilitated their trapping in large numbers compared to males.

[26] realized a study on human ZCL and highlighted the spread of *L. major* from the arid zones towards the semi arid areas, particularly in the village of El M'hir, located south, about 180 km of Algiers and on the north side of the chain of the Tell Atlas, in the basin of the Soummam. He reported that on the eight captured *Psammomys obesus* showing lesions on ears, five strains were isolated and identified to belong all to *L. major* MON-25. In our study, among the captured *Psammomys obesus*, only four showed skin lesions on the external ears and the surroundings of the eyes. In parallel to our study, the vector research team has trapped sand fly and identified *Phlebotomus papatasi* in the same study area [27]. The prescapular lymph nodes drain small sores of the ears. They serve as a no specific mechanism by filtering noxious agents such as protozoan with the help of macrophages. The microscopic observation showed medullary macrophages of lymph nodes with numerous amastigotes inside the cytoplasm seen as small intracellular rounded bodies. Their kinoplast were not clearly seen, probably due to chemical aggressions during the histological process. [28] reported that after the female bite, the inoculated promastigotes are phagocytized by macrophages where they change into amastigotes inside these cells then migrate with macrophages to multiply in cells of various tissues. These last phases represent the diagnostic stages of leishmaniasis using the Giemsa and Immunoperoxidase staining. [29]

The presence of weasels in the burrows has been confirmed by [13]. In fact, this author added that by their agility, these carnivores can slip into burrows of 2 cm of diameter and exercise their hunting mode considered as the most effective control on the population of small rodents. The author also reminded that in the antiquity, the weasel played the role of the cat in the house.

Actually, the fight against the reservoir is difficult. The use of poisonous baits is to be avoided because of the lack of a bait presentation technique compatible with the rodent behavior, non-target species and predators. Also the development of a strong physiological resistance to coumatetralyl under antagonistic K vitamin exposure in rodents which may be related to metabolic enzymes [30]. Similarly, the use of herbicides against Chenopodiaceae is prohibited because steppe areas rich in *Psammomys* are also used as pasturelands for cow, sheep and goat.

Our successful introduction of weasel in the endemic areas by using the predator effect of weasel against the reservoir of ZCL is necessary knowing the fact that the climate changes and desertification observed in the steppe area northern Sahara further the extension of the disease. As far as we know, such biological rodent control through the use of wild carnivores has been rarely used [31]. A common vole named *Microtus arvalis* and introduced a few years ago in the Tershelling islands has been eradicated and regulated at a low and constant density after the voracious effect of the weasel.



Fig. 1: Satellite view, the area of Ain Skhouna



Fig. 2: Study area showing rodents and its biotope



Fig. 3: Catching of life specimens after burrow water flooding



Fig. 4: Captured weasel



Fig. 5: Biometric measurements of rodents

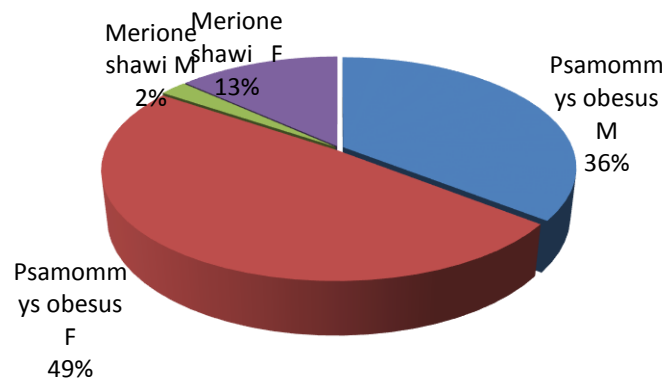


Fig. 6: Sex ratio of captured rodents



Fig. 7: *Mustela nivalis* showing its aggressive canines

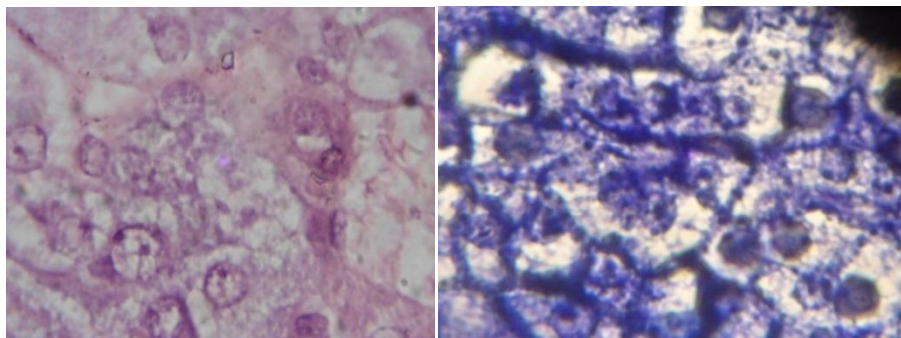


Fig. 8: Medullary macrophages with intracellular amastigotes X 100

Conclusion:

Our study realized in the area of Aïn Skhouna highlighted the role of the reservoir and the favorable environmental conditions in the expansion of ZCL to northern western territories of the pre-Saharan regions after crossing the mountain of the Tellian Atlas. The influx of vulnerable human populations and ecological and environmental changes of the Chott leading to a multiplication of the reservoir population caused epidemic outbreaks in this endemic zone during the recent years. The establishment of a biological preventive program using weasels which eliminates the rodent reservoir is essential and will control better this pathogenic complex.

ACKNOWLEDGEMENTS

This article is based on research supported by the cooperation project Algero-Canadian CRASC/CRDI (Leïla Houti) Code 1057738-011: Exploration of the adaptation scenario: Cutaneous Leishmaniasis and climatic changes in Algeria. Warm thanks are due to Z. Harrat, Parasitology Department, Pasteur Institut Algiers.

REFERENCES

- [1] Alvar, J., I.D. Velez, C. Bern, M. Herrero, P. Desjeux, J. Cano, et al., WHO leishmaniasis control team. Leishmaniasis worldwide and global estimates of its incidence. *PLoS One* 012; 7(5): e35671.
- [2] BACHI, F., 2006 Aspects épidémiologiques et clinique des leishmanioses en Algérie. La lettre de l'infectiologue. Tome XXI, n°1.
- [3] ROHDAIN, F., 2000 Impacts sur la santé : le cas des maladies à vecteurs. In : Impacts potentiels du changement climatique en France au XXIe siècle, Mission interministérielle de l'effet de serre, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Paris : pp: 122-127.
- [4] CHEMKHI, J., H. SOUGUIR, I.B.H.ALI, M. DRISS, I. GUIZANI, S. GUERBOUJ, 2015. Natural infection of Algerian hedgehog, *Atelerix algirus* (Lereboullet 1842) with *Leishmania* parasites in Tunisia. *Acta tropica*, 150, pp: 42-51.
- [5] DELATTRE, P., J.M. DUPLANTIER, É. FICHET-CALVET, P. GIRAUDOUX, 1998. Pullulation de rongeurs, agriculture et santé publique. *Cahiers Agricultures*, 7(4): 285-298.
- [6] WILSON, H. et al., 1993- Mammals species of the world, a taxonomic and geographic reference. Ed. Smithsonian Institut Press., Washington., pp: 206.
- [7] DUPLANTIER, J.M., P. ORSINI, M. THOHARI, J, 2002. Cassaing...-Echantillonnage des populations de Muridés, Influence du protocole de piégeage sur les paramètres démographiques. *Mammalia*, pp: 129-141.
- [8] DENYS, C., M. ADAMOUDJERBAOUI, H. CHABA., *et al*, 2013. Étude du régime alimentaire d'un rongeur nuisible (*Meriones shawi* Duvernoy, 1842, Mammalia, Rodentia) en Algérie. *Lebanese Science Journal*, 14(1): 35-38.
- [9] Djelaila, Y., 2008. Biosystématique des Rongeurs de la région d'El-Bayed, Magistère, Institut National Agronomique, Alger (El Harrach), pp: 149-150-151.
- [10] CHARLOTTE, M., S. GRONS, E. PETTER, 1965. Les rongeurs du Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique Chérifien -Rabat*.
- [11] JUBB, K.V.F., P.C. KENNEDY, P. NIGEL, 1992. Pathologie of domestic animals, Forth Edition, 3: 59-50.
- [12] IZRI, A., J. DEPAQUIT, P. PAROLA, 2006. Phlébotomes et transmission d'agents pathogènes autour du bassin méditerranéen. *Médecine tropicale*, 66(5): 429-435.
- [13] GROJEAN, B., J.M. BARRAT, 2001. Les petits mammifères " nuisibles" représentent-ils un risque pour l'homme? (Doctoral dissertation).
- [14] SADDIKI, A., 2000. La surveillance des rongeurs réservoirs parasites des leishmanioses. Séminaire national sur la lutte contre les rongeurs (SNSLR), Marrakech, pp: 37-52.
- [15] AULAGNIER, S., M. THEVENOT, 1986. Catalogue des mammifères sauvages du Maroc Institut Scientifique Charia Ibn Batouta BP.703. Rabat-Agdal. pp: 61-68- 70-72- 76- 78- 80- 82- 84-90- 94.
- [16] DUPLANTIER, MMJM, L. GRANJON, D. FONTENILLE, "TITRE: Systématique, écologie et dynamique de populations de petits rongeurs potentiellement réservoirs ou hôtes de virus au Sénégal., 5: 127.
- [17] HAMDINE, W., M. THEVENOT, J. MICHAUX, 1998. Histoire récente de l'ours brun au Maghreb. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie*, 321(7): 565-570.
- [18] BEBBA, K., 2008. Les micromammifères dans la vallée d'Oued Righ. *Mémoire Ing.Agr., Univ. Kasdi Merbah, Ouargla*, pp: 122.
- [19] LIPSCOMB, M.F., G.B. TOEWS, C.R. LYONS, J.W. UHR, 1981. *J.Immunol.*126,286.Lodinova,R. ,and Jouja,V.1977.*Acta Paediatr.Scand.*, 66,209.
- [20] Manuel of Veterinary Investigation Laboratory, Histology Techniques, 1984, Vol 2, Reference Book 390, London.
- [21] BOUNOUA, L., K. KAHIME, L. HOUTI, T. BLAKEY, L. EBI. KRISTIE, L. PING ZHANG, M. MAR C.J. IMHOF, T. KURTIS, D. CLAIRE, A. SALAHSAHABI, M. MESSOULI, B. MAKHLOUF, A. LAAMRANI, A. BOUMEZZOUGH, 2013. Linking Climate to Incidence of Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis (*L. major*) in Pre-Saharan North Africa. *Int. J. Environ. Res.*, 10.: 31-74-75.
- [22] AOUN, K., G. HALIMA, T. AHMED, N. BEN ALAYA, I. BEN SGHAIER, B. NADIA, C.HANENE, M. BEN ABID, Z. HARRAT, M. RAOUANE, OURATBINE, 2016. Investigation et analyse d'une épidémie de leishmaniose cutanée à Ksar Ouled Dabbab, Tataouine (Tunisie), 2012-2013. *Medecine et Sante Tropicales*, 26: 39-44.
- [23] BELGAT, S., C. KEBAILI, L. HOUTI, 2015. *Psammomys Obesus* Diet, Tank of the Cutaneous Leishmaniose, Zoonotic Disease of arid and Semi-arid Areas. 154702-8484- IJBAS-IJENS 2015 – pp: 11.12.13.14.
- [24] SEKOUR, M., 2002. Relations trophiques entre quelques espèces animales de la réserve naturelle de Mergueb (M'sila). Institut national agronomique El Harrach, pp: 56-61.
- [25] OUZAOUIT, A., B.D. MESSAOUDI, 1984. Situation des rongeurs au Maroc. Etude au champ de la reproduction de la mérione de Shaw (*Merione shawi*) et identification dissection des rongeurs au laboratoire, 32.

- [26] BOUDRISSA, A., K. CHERIF, K.I. KHERRACHI., *et al*, 2012. Extension de *Leishmania major* au nord de l'Algérie. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 105(1): 30-35.
- [27] ALLAL-IKHLEF, A.B., Z. HARRAT, 2012. Rapport de l'Etude Vecteur de Ain Skhoua, pp: 25-26.
- [28] BOUSSAA, S., 2008. Epidémiologie des leishmanioses dans la région de Marakech, Maroc :effet de l'urbanisation sur la région de Marekech,Maroc :effet de l'urbanisation sur la répartition spatio-temporel des phlèbotomes et caractérisation moléculaire de leurs population
- [29] ALI-ZAHARANI, M., 1988. Epidemiology of the leishmaniasis in southwest Saudi Arabia. pp: 293-296.
- [30] JULIE ANDRU., 2012. Les populations invasives de rongeurs en milieu agricole:Thèse de doctorat: une étude menée dans des cultures de grande échelle, les plantations de palmiers à huile en Indonésie- Approche paysagère, génétique et écotoxicologique. pp: 123.
- [31] VAN WIYNGAARDEN, A., M.E. MORZER BRUIJNS, 1961. de hermelijn (*Mustela erminea* van Terscheling.lutra, pp: 35-42.