

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Ferhat Abbas-Sétif 1-
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة فرحات عباس سطيف 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALE

N°...../SNV/2021

THÈSE

Présenté par :

FELLAHI Amina

Pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT 3^{ÈME} CYCLE

Filière: BIOLOGIE

Spécialité: ECOLOGIE ANIMALE

THÈME

**INVENTAIRE, BIOLOGIE ET ECOLOGIE DES
RONGEURS RESERVOIRS DE LA
LEISHMANIOSE CUTANEE ZOONOTIQUE DANS
LA REGION DE SETIF**

Soutenue publiquement le 23/01/2022

DEVANT LE JURY

Président :	Bounechada Mustapha	Pr. UFA Sétif 1
Directeur :	Djirar Nacer	Pr. UFA Sétif 1
Co-directeur :	Boudrissa Abdelkarim	MCA Institut Pasteur M'Sila
Examineurs :	Benia Farida	Pr. UFA Sétif 1
	Djenidi Rédha	Pr. UBordj Bou Arreridj

Laboratoire d'Amélioration et de Production Végétale et Animale

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

1522

قال تعالى:

يرفع الله الذين آمنوا منكم

والذين آمنوا وتوا العلم درجات

ناصر

Antel JA220

Dédicaces

*Avant tout, louange à « Allah » qui m'a donné la force, le courage et la
Patience pour ce travail.*

Aux êtres les plus chers à mon cœur : mes parents.

*À mon très cher père : **Ahmed** qui surclasse tous les pères, qui m'a donné sa
confiance depuis ma naissance et durant mes études, j'espère que tu trouveras
dans ce travail toute la fierté que peut éprouver une fille pour son père.*

*À ma très chère mère : **Malika** ; symbole de patience, de courage et de sacrifice,
qui m'a toujours entouré d'amour et d'affection, et m'a poussé pour
continuer le chemin de la science.*

*À mon mari : **Redha** qui m'a soutenue durant mon parcours, et à*

*Mes enfants **Jana, Islam** et **Djawad Abderrahmene***

*À mon cher frère : **Walid** et sa famille*

*Une dédicace particulière pour toute la famille **Fellahi** et **Serhane**.*

*À toute la famille **Boulfoul**.*

À toute mes chères amies de la faculté des sciences de la nature et de la vie

*A tous les enseignants de département de Biologie
et Physiologie Animale.*

A tous ceux que j'ai connus.

Amina

Remerciement

Je tiens à remercier avant « DIEU » le tout puissant de m'avoir guidé et permis la réalisation de cette thèse, en me donnant la force, la patience et la volonté pour arriver à mon but.

Remerciement infini et respects les plus sincères à mon encadreur Monsieur :

*Le Professeur **DJIRAR Nacer**, pour son écoute sa confiance et son encadrement bénéfique.*

*À mon co-encadreur Monsieur le Docteur **BOUDRISSA Abdelkarim** pour ses conseils, son assistance, sa disponibilité et sa vaillance sur le bon déroulement de ma thèse.*

*À monsieur **CHERIEF Abdelkader** et Madame Eddaikra **Naouel** pour m'avoir aidé dans la réalisation de ce travail.*

*Je remercie vivement messieurs **BOUNECADA Mustapha** d'avoir bien voulu présidé le jury de cette thèse.*

*Grand merci à Madame **BENIA Farida** et à Monsieur **DJENIDI Rédha** pour avoir accepté d'examiner ce travail et pour l'honneur qu'ils m'ont fait en participant au jury de cette thèse.*

Je remercié toute l'équipe de l'Institut Pasteur Annex M'Sila, qui soit associé à ces remerciements, l'équipe de service Eco-épidémiologie parasitaire de l'Institut Pasteur d'Algérie.

À toute l'équipe de laboratoire d'Amélioration et Développement de la Production Végétale et Animale (LADPVA) de Sétif.

Je remercie également l'ensemble du corps enseignant de département de Biologie et Physiologie Animale, ainsi les enseignants de département de microbiologie et de Biologie et Ecologie végétale.

Je remercie également tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉS.....	I
LISTE DES ABREVIATIONS.....	IV
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES FIGURES	IX
INRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
1. Historique	4
2. Généralités sur la leishmaniose cutanée zoonotique.....	6
2.1. La leishmaniose cutanée zoonotique dans le monde.....	6
2.2. La leishmaniose cutanée zoonotique au Maghreb.....	7
2.2.1. La leishmaniose cutanée zoonotique en Algérie.....	8
2.2.2. La leishmaniose cutanée zoonotique en Tunisie.....	11
2.2.3. La leishmaniose cutanée zoonotique au Maroc.....	11
2.2.4. La leishmaniose cutanée zoonotique en Lybie.....	12
2.2.5. La leishmaniose cutanée zoonotique en Egypt.....	12
3. Epidémiologie.....	13
3.1. Parasite.....	13
3.1.1. Taxonomie du parasite.....	13
3.1.2. Morphologie du parasite.....	13
3.1.2.1. Forme amastigote.....	14
3.1.2.2. Forme promastigote.....	14

3.1.3. Ultrastructure du parasite.....	15
3.1.4. Biologie du parasite.....	15
3.1.5. Reproduction du parasite	15
3.2. Vecteur	16
3.2.1. Taxonomie du vecteur.....	17
3.2.1.1. Systématique sommaire dans l’ancien monde.....	17
3.2.1.2 Systématique sommaire dans le nouveau monde.....	17
3.2.2. Morphologie du vecteur.....	17
3.2.3. Biologie du vecteur.....	18
3.2.4. Pouvoir pathogène du vecteur.....	19
3.3. Réservoirs.....	20
3.3.1. Définition.....	20
3.3.2. Les Rongeurs, porteurs de maladies.....	20
3.3.3. Caractères zoologiques.....	21
3.3.4. Biologie des rongeurs.....	22
3.3.5. Ecologie des rongeurs.....	22
3.3.6. Pullulation et fertilité.....	24
3.3.7. Processus d’invasion.....	24
3.3.8. Les Rongeurs entrent en concurrence alimentaire avec les Hommes.....	25
3.3.9. Les Gerbillidés.....	26
3.3.9.1. Les Mériones.....	27
3.3.9.2. Les Psamommys.....	28
3.3.9.3. Les Gerbillidés et la transmission de la leishmaniose cutanée en Algérie..	28

4. Cycle évolutif des <i>leishmania</i>	29
5. Facteurs de risque.....	31
5.1. Changements climatiques.....	31
5.2. Changements environnementaux.....	32
5.3. Conditions socioéconomiques.....	33
5.4. Mobilité de la population.....	33
6. Rôle des facteurs environnementaux dans le maintien et l'installation de la leishmaniose.....	33
6.1. Impact de l'environnement sur les phlébotomes.....	33
6.2. Impact de l'environnement sur les rongeurs.....	36
7. L'intérêt du piégeage dans l'étude des populations de petits Mammifères.....	37
8. Recherche du parasite.....	38
8.1. Recherche du parasite par frottis.....	38
8.2. Recherche de l'ADN parasitaire par PCR dans les rongeurs.....	38
9. Lutte et prophylaxie.....	38
9.1. Contrôle et lutte contre les rongeurs réservoirs.....	39
9.1.1. La lutte biologique.....	39
9.1.2. La lutte écologique.....	39
9.1.3. La lutte physique.....	41
9.1.4. La lutte chimique.....	41
9.1.4.1. Rodenticides Anticoagulants.....	42
9.1.4.2. Chloralose.....	43
9.1.4.3 Rodenticides en cartouches fumigènes.....	43

CHAPITRE II : ZONE D'ETUDE

1. Présentation de la région de Sétif.....	46
1.1. Situation géographique et attitude.....	46
1.2. Topographie.....	46
1.2.1. La zone montagneuse.....	47

1.2.2. Les hautes plaines.....	47
1.3. Climat.....	47
1.4. Hydrologie.....	48
1.5. Végétation.....	48
1.6. Elevage.....	48

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

1. Surfaces prospectées et sites d'études retenues.....	50
1.1. La collecte des données.....	50
1.2. Les sites choisis.....	50
2. Etude rétrospective de la leishmaniose cutanée à Sétif.....	52
3. Données climatiques de la wilaya de Sétif.....	53
4. Capture et Echantillonnage des rongeurs.....	53
4.1. Capture manuelle (Capture par inondation).....	53
4.2. Capture mécanique (Capture par piégeage).....	53
4.2.1. Capture à l'aide des pièges Sherman.....	53
4.2.2. Capture à l'aide des pièges grillagés.....	53
5. Etude Eco biologique des rongeurs et leurs milieux.....	55
5.1. Les facteurs biotiques.....	55
5.2. Les facteurs abiotiques.....	55
6. Etude de l'impact de l'environnement sur la population des rongeurs.....	56
6.1. Climat saisonnière.....	56
6.2. Type de végétation.....	57
7. Traitement des captures.....	57
7.1. Déclaration d'éthique.....	58
7.2. Identification des espèces de rongeurs.....	58
7.3. Estimation de l'âge des rongeurs.....	59

7.4. Inventaire des rongeurs.....	60
7.5. Prélèvement des échantillons sur des lésions (Frottis).....	60
7.6. Extraction d'ADN et électrophorèse.....	61
7.6.1. Lyse cellulaire.....	61
7.6.2. Extraction de l'ADN de <i>Leishmania</i> au phénol/chloroforme.....	62
7.6.3. Amplification de l'ADN.....	63
7.6.4. Electrophorèse.....	64
8. Analyse statistique.....	65
8.1. Etude cartographique.....	65
8.1.1. Collecte des cartes et images des sites de piégeage.....	65
8.1.2. Collecte des cartes et des images de répartition des rongeurs.....	65
8.1.3. Traitement des images et cartes.....	65

CHAPITRE IV: RESULTATS ET DISCUSSION

I. Résultats.....	67
1. Epidémiologie et statistiques.....	67
1.1. Incidence de la leishmaniose cutanée en Algérie.....	67
1.2. Incidence de la leishmaniose cutanée à Sétif.....	67
1.3. Prévalence de la Leishmaniose cutanée dans la région de Sétif.....	69
1.3.1. Prévalence de la Leishmaniose cutanée dans les trois zones de Sétif....	71
1.4. Répartition de la LCZ par sexe à Sétif.....	71
1.5. Répartition de la LCZ par tranche d'âge à Sétif.....	72
2. Relation entre la LCZ et le facteur climatique (Pluviométrie).....	74
3. Relation entre LCZ et altitude.....	75
4. Relation entre LCZ, température, pluviométrie, altitude et les spécimens capturés dans les trois zones de la région de Sétif.....	75
5. Traitement des rongeurs au laboratoire.....	78

5.1. Identification et inventaire qualitatif et quantitatif des espèces de rongeurs et leur distribution.....	77
5.2. Détail des espèces relevées.....	78
5.2.1. Caractères morphométriques des rongeurs.....	79
5.3. Etude morphométrique.....	87
6. Biologie et ecologie des Gerbilles.....	94
6.1. Habitats favorables.....	94
6.2. Nourriture.....	96
6.3. La cohabitation.....	96
6.4. Influence des conditions de vie (isolement et surpopulation) sur le comportement des mériones.....	97
6.5. Reproduction.....	97
7. Etude de l'impact de l'environnement sur la population des rongeurs.....	98
7.1. Climat saisonnière.....	98
7.1.1. Température.....	98
7.1.2. Hygrométrie.....	98
7.2. Végétation.....	98
8. Frottis sur les lésions.....	100
9. PCR.....	100
10. Relation entre les cas de LCZ et les mériones capturés et infectés.....	102
II. Discussion et interprétation.....	104
1. Epidémiologie et Incidence de la leishmaniose cutanée.....	104
2. Relation entre la leishmaniose cutanée zoonotique et les facteurs climatiques : température et pluviométrie.....	104
3. Relation entre LCZ, température, pluviométrie, altitude et les spécimens capturés dans trois zones de la région de Sétif.....	107
4. Relation entre la LCZ et l'Altitude.....	108
5. Biologie et ecologie des rongeurs réservoirs.....	109

6. Inventaire et dispersion des espèces des rongeurs capturés.....	112
7. Examen des frottis.....	112
8. Relation entre LCZ et le taux d'infection par <i>leishmania</i> chez les rongeurs.....	113
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	117
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	119
ANNEXES.....	136
PUBLICATION.....	148

جرد، بيولوجيا و ايكولوجيا القوارض خزانات داء الليشمانيات الجلدي الحيواني المنشأ في منطقة سطيف

ملخص

داء الليشمانيات الجلدي الحيواني المنشأ هو أكثر الأمراض استتانا في الجزائر. الثدييات الخزانات الرئيسية للطفيل ليشمانيا العامل الممرض الرئيسي هي على وجه التحديد القوارض البرية لعائلة الجربوعيات ، بما في ذلك ميريونيس شاوي و بسامو ميس اوبيسوس. أصبحت سطيف في الجزائر بؤرة نشطة للغاية لهذا المرض الحيواني. أجريت دراستنا في الفترة من يناير 2017 إلى يناير 2019 في عشر محطات تمثيلية لمنطقة الدراسة، من أجل تحديد ارتباط الأمراض الحيوانية المنشأ مع أنواع الخزانات المضيفة. تم التقاط مائة و اثني عشر (112) عينة من القوارض، وتم تحديد المواصفات الشكلية بما في ذلك *Mus musculus* ؛ (2.67 %)=(112/3) *Psammomys obesus* ؛ (76.78 %)=(112/86) *Meriones shawi* ؛ (4.46 %) = (112/5) *Rattus rattus* ؛ (10.71%)=(112/12) *Gerbilus gerbilus* ؛ (3.57 %)=(112/4) *Pachyuromys duprasi* =(112/2) (1.78 %). تم تلطيخ الآفات السطحية بصبغة جيمسا. بالإضافة إلى ذلك ، تم اختبار الكبد والطحال من أجل د ن ي ليشمانيا باستخدام PCR ITS1. أكدت نتائجنا وجود ميريونيس شاوي في جميع بلديات منطقة سطيف تقريباً وكان أعلى عدد مع 50 عينة في الوسط والجنوب (58.13%). أظهرت نتائج الACP ارتباطاً سلبياً بين تساقط الامطار وتواتر داء الليشمانيات الجلدي الحيواني المنشأ. أظهر الكشف المجهرى والجزئى لمرض الليشمانيا إصابة كبيرة في معظم عينات ميريونيس شاوي بنسبة %37.20 فيما لم يتم الكشف عن اي إصابة في بسامو ميس اوبيسوس مما يؤكد دور ميريونيس شاوي كمخزن رئيسي لانتقال هذا النوع من داء الليشمانيات في منطقة سطيف ، في حين كان بسامو ميس اوبيسوس شبه غائب.

كلمات المفتاح: داء الليشمانيات الجلدي الحيواني المنشأ ، الخزان المضيف ، القوارض ، الإنتشار ، سطيف

Inventaire, Biologie et Ecologie des rongeurs réservoirs de la leishmaniose cutanée zoonotique dans la région de Sétif

Résumé

La leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) est la maladie la plus endémique en Algérie. Les principaux réservoirs mammaliens du parasite *Leishmania major* l'agent pathogène sont spécifiquement les rongeurs sauvages de la famille des *Gerbillidae*, notamment *Meriones shawi* et *Psammomys obesus*. La Wilaya de Sétif en Algérie est devenu un foyer très actif pour cette zoonose. Notre étude a été menée de janvier 2017 à janvier 2019 dans dix stations représentatives de la région d'étude, dans le but d'identifier l'association de la zoonose avec les espèces hôtes réservoirs. Cent douze (112) spécimens de rongeurs ont été capturés, et les caractères morphométriques ont été déterminés dont : *Meriones shawi* (86/112)=(76.78 %), *Psammomys obesus* (3/112)=(2.67 %), *Mus musculus* (5/112)=(4.46 %), *Ratus ratus* (12/112)=(10.71 %), *Gerbilus gerbilus* (4/112)=(3.57 %) and *Pachyuromys duprasi* (2/112)=(1.78 %). Les lésions superficielles ont été soumises à des frottis colorés au Giemsa. En outre, les foies et les rates ont été testés pour l'ADN de *Leishmania* en utilisant la PCR ITS1. Nos résultats ont confirmé la présence de *Meriones shawi* dans presque toutes les communes de la région de Sétif et la population la plus élevée avec 50 spécimens (58.13%) se trouvait dans le centre et le sud. Les résultats de l'ACP ont montré une association négative entre les précipitations et l'incidence de la LCZ. La détection microscopique et moléculaire de *Leishmania* a montré une forte infestation dans la plupart des spécimens de *Meriones* (32/86) avec un taux de 37.20 %, cependant aucune infestation chez *Psammomys* n'a été détectée, ce qui confirme le rôle de *Meriones shawi* comme principal réservoir (76.78 %) pour la transmission de cette forme de leishmaniose dans la région de Sétif, puisque *Psammomys obesus* était presque absent (2.67 %).

Mots clés : Leishmaniose cutanée zoonotique, Hôte réservoir, Rongeur, extension, Sétif

Inventory, Biology and Ecology of Rodent Reservoirs of Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis in the Setif Province.

Abstract

Zoonotic cutaneous leishmaniasis (ZCL) is the most endemic disease in Algeria. *Leishmania major* is the causative agent, and Gerbils *Meriones shawi* and *Psammomys obesus* are the main reservoir hosts. The department of Setif in Algeria has become a very active focus for this zoonosis. Our study was carried out from January 2017 until January 2019 in ten representative stations of the study region, in an aim to identify the association between the zoonosis and the reservoir host species. One hundred and twelve (112) rodent were captured, and the morphometallic characters were determined including: *Meriones shawi* (86/112)=(76.78 %), *Psammomys obesus* (3/112)=(2.67 %), *Mus musculus* (5/112)=(4.46 %), *Ratus ratus* (12/112)=(10.71 %), *Gerbilus gerbilus* (4/112)=(3.57 %) and *Bachyuromus duprasi* (2/112)=(1.78 %). Superficial lesions were subjected to Giemsa stained smears. In addition, Livers and spleens were tested for *Leishmania* DNA using ITS1 PCR. The results showed the presence of *M. shawi* in almost of communities of Setif region and the highest population with 50 specimens (58.13%) was in the center and south. The microscopic and molecular detection of *Leishmania* showed high infestation in most specimens of *Meriones* (32/86) with a rate of 37.20 %, however no infestation in *Psammomys* has been detected. The PCA results showed a negative association between rainfall and ZCL cases; however, positive association was found between temperature and the human CL cases. Also, positive association was demonstrated between ZCL in south and center of Setif region and *Meriones* captured. Our finding, confirm that *M. shawi* is the principal reservoir host (76.78%) of the ZCL in Setif region, since *P. obesus* was nearly absent (2.67%).

Keywords: Zoonotic cutaneous leishmaniasis, Host reservoir, Rodent, extension, Setif

Liste des abréviations

Symboles

% : pour cent

ACP : Analyse en Composantes Principales

ADN : Acide désoxyribonucléique

ATB : antibiotique

BET: Bromure d'éthidium

C : corps

C° : Degré Celsius

CHU : Centre Hospitalier Universitaire

DO : Densité optique

Echan : Echantillon

h : Heure

IPA : Institut Pasteur d'Algérie

l : largeur

L : longueur

L.major: *Leishmania major*

LC : Leishmaniose Cutanée

LCZ : Leishmaniose Cutanée Zoonotique

M.shawi: *Meriones shawi*

MGG : May-Grünwald Giemsa

min : Minute

NaCl : Chlorure de sodium

nm : nanomètre

NNN : Novy, McNeal, Nicolle

O : oreille

O.M.S: Organisation Mondiale de la Santé

P. obesus : *Psammomys obesus*

P. papatasi: Phlébotome papatasi

P. sergenti: Phlébotome sergenti

Pb : Paire de base

PBS: Phosphate Buffered Saline

PCR: Polymerase Chain Reaction

PCR: Polymerase Chain Reaction

Pg : Poids en gramme

PM : Poids moléculaire

Po : pavillon de l'oreille

Pp : pattes postérieurs

Q : queue

REM: Relevé épidémiologique mensuel

Rpm : Round per minute (tour par minute)

SDS : Sodium Dodecyl Sulfate

T : tête

TAE: Tris Acide Acétique EDTA

TE : tampon

tr : tour

UV : Ultra-violet

μl: Microlitre

Liste des tableaux

Page

Tableau 1 : Coordonnées des sites de piégeage des rongeurs, Région de Sétif (Algérie).....	51
Tableau 2 : Nombre des cas de la LCZ et de la population en Algérie (2008-2018).....	67
Tableau 3 : Nombre des cas de la LCZ à Sétif et le nombre des habitants (2008-2018).....	68
Tableau 4 : Variation des cas de la Leishmaniose cutanée dans la région de Sétif (2008-2018).....	69
Tableau 5 : Nombre des cas de la Leishmaniose cutanée au nord, centre et sud de Sétif.....	71
Tableau 6 : Variation des cas de la Leishmaniose cutanée dans la région de Sétif selon le sexe (2008-2018).....	71
Tableau 7 : Répartition de la LCZ par tranche d'âge à Sétif.....	72
Tableau 8 : Nombre des spécimens de <i>Meriones shawi</i> capturés chaque mois (2017,2018).....	78
Tableau 9 : Caractéristiques de l'espèce <i>Merione shawi</i>	79
Tableau 10 : Caractéristiques de l'espèce <i>Meriones libycus</i>	79
Tableau 11 : Caractéristiques de l'espèce <i>Psamomys obesus</i>	80
Tableau12 : Caractéristiques de l'espèce <i>Gerbilus gerbilus</i>	80
Tableau 13: Caractéristiques de l'espèce <i>Ratus ratus</i>	81
Tableau 14: Caractéristiques de l'espèce <i>Mus musculus</i>	82
Tableau 15: Caractéristiques de l'espèce <i>Pachyuromys duprasi</i>	83
Tableau 16: Inventaire des rongeurs présents dans la région de Sétif.....	84
Tableau 17: valeurs en cm des mensurations morphologiques des individus appartenant au <i>Meriones shawi</i>	87

Tableau 18: valeurs en cm des mensurations morphologiques des individus appartenant au <i>Ratus ratus</i>	90
Tableau 19: valeurs en cm des mensurations morphologiques des individus appartenant au <i>Mus musculus</i>	91
Tableau 20: valeurs en cm des mensurations morphologiques des individus appartenant au <i>Psammomys obesus</i>	92
Tableau 21: valeurs en cm des mensurations morphologiques des individus appartenant au <i>Gerbilus gerbilus</i>	92
Tableau 22: valeurs en cm des mensurations morphologiques des individus appartenant au <i>Pachyuromys duprasi</i>	93
Tableau 23: Nombre des <i>Mériones</i> capturés et infectés dans les trois zones de Sétif.....	102
Tableau 24: Nombre des <i>Meriones shawi</i> capturés et des spécimens infectés par <i>leishmania</i> pendant la période 2017-2018.....	103
Tableau 25: <i>Meriones shawi</i> capturés et spécimens infectés par <i>leishmania</i> par sexe, au cours de la période 2017-2018.....	103

Liste des figures

Page

Figure 1 : Aspect de quelques lésions de la leishmaniose cutanée zoonotique (Photos personnelles).....	06
Figure 2 : Répartition mondiale des zones d'endémies de la leishmaniose cutanée zoonotique à <i>L.major</i>	12
Figure 3 : Forme amastigote de <i>leishmania</i> dans les macrophages (Ripert et al., 1996).....	15
Figure 4 : Forme promastigote de <i>leishmania</i> (Ripert et al., 1996).....	15
Figure 5 : Ultrastructure de <i>Leishmania</i> (Boudrissa, 2012).....	16
Figure 6 : Phlébotome femelle (Ripert et al., 2007).....	18
Figure 7 : Phlébotome femelle prenant un repas sanguin (Ripert et al., 2007).....	18
Figure 8 : Cycle évolutif de <i>leishmania</i> (Gibson-Corley, 2010).....	30
Figure 9 : La région de Sétif ECHELLE : 1/25000.....	46
Figure 10 : Localisation de Sétif, Algérie et ses limitrophes avec les wilayas endémiques et les sites choisis (Arc GIS 10.6).....	51
Figure 11 : Les sites de piégeage. (a) Beni Aziz, (b) Ain Kbir, (c) Bougaa, (d) Guidjel, (e) Guellal, (f) Bir Haddada, (g) El Eulma, (h) Hamma, (i) Rasfa, (j) Boutaleb (Photos personnelles).....	52
Figure 12 : Préparation des pièges à installer (Photo personnelle).....	54
Figure 13 : piège Sherman (a) et piège grillagé (b) placés près des ouvertures des terriers des rongeurs (Photos personnelles).....	54
Figure 14 : Traces des crottes des rongeurs près de leurs terriers (Indices de présence) (Photos personnelles).....	54
Figure 15 : Terriers actifs (a), (b), (c) et non actifs (d), (e), (f) des rongeurs (Photos personnelles).....	55

Figure 16 : Rongeurs mis dans des cages (Photos personnelles).....	58
Figure 17 : Traitement et identification des rongeurs (Photos personnelles).....	60
Figure 18 : Préparation des frottis à partir des lésions chez les rongeurs (Photos personnelles)...	61
Figure 19 : Etapes de la lyse cellulaire (Photos personnelles).....	62
Figure 20 : Extraction de l'ADN de <i>Leishmania</i> au phénol/chloroforme (Photos personnelles)...	63
Figure 21 : Amplification de l'ADN (Photos personnelles).....	64
Figure 22 : Electrophorèse des produits d'amplification PCR obtenus (Photos personnelles)....	64
Figure 23 : Evolution du nombre de cas et de l'incidence de la LCZ en Algérie et à Sétif de 2008 à 2018.....	68
Figure 24 : Évolution de la leishmaniose cutanée à Sétif durant la période 2008–2018.....	69
Figure 25 : Courbe d'évolution temporelle (annuelle) de la leishmaniose cutanée (2008-2018) dans la wilaya de Sétif.....	70
Figure 26 : La distribution de la leishmaniose cutanée et le nombre de cas déclarés (zones critiques pour la leishmaniose cutanée zoonotique) à Sétif.....	70
Figure 27 : Répartition de la Leishmaniose cutanée dans la région de Sétif (2008-2018), selon le sexe.....	72
Figure 28 : Répartition de LCZ par tranche d'âge à Sétif.....	73
Figure 29 : Nombre de cas de LCZ signalé à Sétif par sexe et par âge, durant la période 2008-2018.....	73
Figure 30 : Analyse en composantes principales de la variation du nombre de cas de la LCZ et de la pluviométrie sur dix ans dans la région de Sétif (2008 à 2018). Le nombre de cas de la LCZ et la pluviométrie sont négativement corrélés.....	74
Figure 31 : Analyse en composantes principales de la variation du nombre de cas de LCZ, de la température et de la pluviométrie pour les spécimens capturés dans trois zones de la région de Sétif. (A) Variables, (B) Observations et clusters de régions (jaune pour le sud, vert pour le centre et bleu pour le nord).....	76

Figure 32 : Carte de cooccurrence de <i>Meriones shawi</i> infecté (les rongeurs hôtes réservoirs de la LCZ (Arc GIS 10.6).....	77
Figure 33 : Nombre des spécimens de <i>Meriones shawi</i> specimens capturés, 2017, 2018.....	78
Figure 34 : <i>Meriones shawi</i> (Photos personnelles).....	84
Figure 35 : <i>Psammomys obesus</i> (Photos personnelles).....	85
Figure 36 : <i>Gerbillus gerbillus</i> (Photos personnelles).....	85
Figure 37 : <i>Ratus ratus</i> (Photos personnelles).....	85
Figure 38 : <i>Mus musculus</i> (Photos personnelles).....	86
Figure 39 : <i>Pachyuromys duprasi</i> (Photos personnelles).....	86
Figure 40: Femelle de <i>Mérimones shawi</i> gestante avec cinq embryons (Photo personnelle).....	87
Figure 41: Analyse en composantes principales des indices morphométriques chez <i>Meriones shawi</i>	93
Figure 42: Terriers actifs des rongeurs (Photos personnelles).....	95
Figure 43 : Terriers non actifs des rongeurs (Photos personnelles).....	95
Figure 44 : <i>Mérimones shawi</i> avec des pattes coupées (Photos personnelles).....	96
Figure 45 : Petits de <i>Meriones shawi</i> (Photos personnelles).....	97
Figure 46 : (a) Guidjel, Mai 2017 (terre avant inondation), (b) Guidjel, Mai 2018 (terre après inondation) (Photos personnelles).....	99
Figure 47 : ADN parasitaire obtenue après amplification (Photos personnelles).....	101
Figure 48 : Profil obtenu avec la paire d'amorce R221-R332, qui cible une séquence de 603pb de l'ADN ribosomal du parasite <i>Leishmania</i> (Sur échantillons foie de rongeurs) (Photos personnelles).....	101
Figure 49: Analyse en composantes principales de la variation du nombre de cas de LCZ et les <i>Mérimones</i> capturés et infectés (2008 à 2018).....	102

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Les rongeurs qui vivent à proximité de l'homme sont réservoirs de plus de 60 zoonoses. De plus, pour ces maladies et bien d'autres encore, nous sommes les victimes involontaires d'agents pathogènes qui circulent, souvent de manière cryptique, au sein des populations de ces rongeurs (Mills et Childs, 1998; Ostfeld et Holt, 2004; Plyusnina et *al.*, 2009). Ils ont un rôle important dans la transmission des maladies (Bernard 1977; Teka et *al.*, 2002 ; Derbali et *al.*, 2012). Parmi ces nombreuses maladies, la plus connue est la leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) ; c'est une maladie à transmission vectorielle et l'une des plus importantes maladies parasitaires des mammifères et des humains, qui est provoquée par l'infestation des cellules de la peau (Harrat et *al.*, 1995 ; Barkati et *al.*, 2019 ; Tababi, 2019). Cette forme représente 75% de toutes les leishmanioses (Ferreira et *al.*, 2015). Elle est classée en tant qu'importante maladie tropicale négligée et vient après la malaria en termes de mortalité par maladie parasitaire et considérée comme une menace pour la santé publique (Alvar et *al.*, 2006 ; Yavar et *al.*, 2011; Toumi et *al.*, 2012).

Leishmania major (*L. major*), un parasite intracellulaire obligatoire, est connu pour être l'agent causal largement répandu dans les populations de rongeurs où il se multiplie dans leurs corps (Bounoua et *al.*, 2013; Aoun et Bouratbine, 2014; Chaara et *al.*, 2014; Izri et *al.*, 2014). Le vecteur est un insecte femelle *Phlebotomus papatasi* (*P. papatasi*) (Izri et *al.*, 1992). Les principaux réservoirs mammaliens du parasite *Leishmania major* sont spécifiquement les rongeurs sauvages de la famille des Gerbillidae, notamment *Meriones shawi* (*M. shawi*) et *Psammomys obesus* (*P. obesus*), qui sont étroitement associés à l'Homme (Belazzoug, 1986 ; Reithinger et *al.*, 2007; Aoun et Bouratbine, 2014; Akhoundi et *al.*, 2016). La maladie de la LCZ est un problème majeur de santé publique, qu'environ 10 000 nouveaux cas sont signalés chaque année, et environ deux tiers des cas se produisent en Afghanistan, Colombie, Syrie, Brésil, Iran et Algérie (Alvar et *al.*, 2012 ; Mohamedbeigi et *al.*, 2019 ; OMS, 2019). Elle est difficile à traiter car aucun vaccin n'est encore disponible (Seid et *al.*, 2014). Cette forme de leishmaniose est endémique dans de nombreuses zones des régions tropicales et subtropicales et dans le bassin méditerranéen, couvrant généralement plus de 98 pays (Reithinger et *al.*, 2007 ; Alvar et *al.*, 2012 ; WHO, 2019). En fait, cela signifie qu'il y a environ 350 millions de personnes à risque depuis de nombreuses années, où le taux d'incidence dépasse largement les milliers de cas par an (Pratlong et *al.*, 2009; Alvar et *al.*, 2012 ; Eddaikra et *al.*, 2018; OMS, 2019).

L'Algérie est considérée comme l'un des dix pays les plus touchés par la leishmaniose cutanée dans le monde, et elle représente le deuxième foyer, après l'Afghanistan, avec une incidence de 28,19 cas pour 100 000 habitants en 2017 (Eddaikra et *al.*, 2018 ; WHO, 2019). Ainsi, la leishmaniose cutanée zoonotique est endémo-épidémique dans les zones arides et semi-arides de l'Algérie. La première identification du parasite a eu lieu dans le département de Biskra en 1910 (Sergent et *al.*, 1931). Ces dernières années, il a été rapporté une augmentation de la prévalence du LCZ et une extension vers le nord du pays (Harrat et *al.*, 1996; Alvar, 2012). La maladie se propage rapidement et crée de nouveaux et importants foyers comme ceux de M'Sila, Batna, Bechar, El Oued, Ghardaia, Bordj Bou Arreridj, Djelfa, Saida et Setif (Belazzoug, 1982; Boudrissa et *al.*, 2012; Benelmouffok et *al.*, 2017). Notre intérêt se porte plus particulièrement sur la région de Sétif. La région de Sétif est limitrophe des foyers épidémiologiques de la LCZ, notamment ceux du Hodna qui est considéré comme un foyer permanent. Jusqu'à présent, aucun travail éco-épidémiologique sur la LCZ n'a été réalisé ; sur cette base, une étude d'intervention sur les hôtes réservoirs est nécessaire pour mieux connaître la LCZ à Sétif. En raison de l'importance de ces gerbilles dans le maintien de *Leishmania major*, cette étude visait à identifier la relation entre *Meriones shawi* et la prévalence de la LCZ dans la région de Sétif afin d'établir une stratégie de contrôle préventive et efficace basée sur l'hôte réservoir en période endémique.

L'objectif de l'étude est de trouver une relation entre l'incidence des cas de la LCZ et les réservoirs infectés par le parasite *Leishmania* dans la région de Sétif et l'importance de la discrimination entre les espèces de rongeurs réservoirs dans l'épidémiologie de cette zoonose, et les facteurs climatiques favorisant le maintien du cycle.

Aussi un inventaire a été réalisé dans la région de Sétif afin de déterminer les espèces présentes. Ces résultats peuvent également être utilisés pour établir une cartographie appropriée de la surveillance de cette zoonose, aussi les méthodes moléculaires pourraient être considérées comme une étape préliminaire dans le contrôle de la LCZ.

Cette thèse est organisée en 5 chapitres

- Le chapitre I : est une synthèse bibliographique consacrée à leishmaniose cutanée zoonotique dans le monde et en Algérie, aux vecteurs et aux rongeurs réservoirs, le rôle des facteurs climatiques dans le maintien et l'installation de la leishmaniose et l'intérêt du piégeage dans l'étude des populations des rongeurs.
- Le chapitre II : est consacré à la présentation de la zone d'étude, sa position géographique, son cadre physique, sa classification bioclimatique et ses indicateurs socio-économiques.

- Le chapitre III : présente la partie matériel et méthodes appliqués tour à tour dans l'étude du réservoir en basant sur l'échantillonnage, la capture et les techniques d'identification des rongeurs capturés et les prélèvements réalisées pour la detection des parasites leishmanies.
- Le chapitre IV : présente la partie résultats et discussion.
Enfin une conclusion et perspectives.

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Historique

Parmi toutes les parasitoses, les leishmanioses sont une des premières décrites au moins dans leurs formes cutanées. La constatation des lésions remonte à la plus haute antiquité aussi bien dans l'ancien que dans le nouveau monde, alors que l'individualisation des formes viscérales et la mise en évidence des agents pathogènes n'ont pu se faire qu'au XIX^{ème} siècle (Dedet, 1999).

Historiquement, avant l'arrivée des espagnols sur les côtes du Nouveau Monde, il y avait déjà des affections cutanéomuqueuses très proches des leishmanioses connues aujourd'hui puisque une sculpture Inca de la civilisation Mochica représente une femme et sa maladie mutilante du nez et des lèvres, rappelant la leishmaniose cutanée latino-américaine décrite sous le nom d'uta. Les premiers espagnols observaient des éruptions et des ulcérations chez les indiens d'Amérique, surtout chez les habitants des hautes vallées andines, de l'Equateur au Pérou.

En 1882, Naught fait la première description de la maladie.

Al Boukhari, médecin arabe du X^{ème} siècle décrivit les leishmanioses tégumentaires de l'ancien monde cette affection cutanée connue depuis très longtemps, et Avicenne l'attribuait à une piqûre de moustique. La première description clinique moderne est celle de Mc Naught en 1882.

En 1885, Cunnigham découvre l'agent causal, la leishmanie, chez un patient atteint de "bouton d'Orient".

Cunnigham en 1885 qui a découvert les parasites dans un prélèvement de bouton d'Orient (Dedet, 1999).

En 1891, Firth a proposé la dénomination de sporozoa furoncuosa pour la cellule parasitée, renfermant de nombreuses leishmanies, qu'il croyait être des « spores ».

En 1903, Marchand met en évidence des leishmanies dans la rate d'un sujet mort de Kala-azar. Le genre *leishmania* est établi par Ross la même année.

En 1903 William Leishman, médecin anglais observa le premier des leishmanies dans un frottis de rate d'un soldat mort à Calcutta en Inde.

Durant la même année, un médecin Irlandais, Donovan observe ces mêmes formes provenant de ponctions de rate d'un malade (Dedet, 1999).

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

En 1909, Lindenberg et Carini attribuent aux leishmanies toutes les lésions ulcéreuses observées chez les habitants du Brésil.

En 1910, Pedrosa et Da Silva réussissent à cultiver pour la première fois *Leishmania braziliensis* sur le milieu de NNN.

En 1911, Viannia observe et décrit chez l'homme une lésion ulcéroproliférative du visage, chez des habitants du Brésil. Cette forme de leishmaniose à *Leishmania braziliensis* porte le nom portugais du lieu de son observation, à moins que ne soit celui du docteur Victor Brazil, peu connu encore à cette époque.

En 1912, Lviran et Nattan appellent *Leishmania tropica* l'agent du bouton d'Orient.

En 1913, Velez et Lopez parlent pour la première fois de *Leishmania peruana* pour désigner le parasite de l'uta.

En 1921, Baupere et Arago décrivent le rôle du phlébotome dans la transmission des leishmanioses forestières américaines.

En 1925 et 1926, Klieger et Noguchi démontrent qu'il existe trois espèces différentes de *leishmania*.

En 1941, Pessoa et Couthinho transmettent l'infestation par inoculation de leishmanies aux singes Rhésus via *Phlebotomus migonei*, *Phlebotomus withmani* et *Phlebotomus pessoai*, expériences réalisées dans la région de forte endémicité de São Paulo (Brésil).

En 1948, Hertzog et Fairchild, mettent en évidence deux vecteurs de leishmanioses au Pérou : *Leishmania verrucanum* et *Leishmania peruviana* (Euzéby, 1994).

En 1979, l'OMS estimait que 400 000 nouveaux cas apparaissent chaque année dans la seule région des Amériques et des Indes, depuis l'époque précolombienne, continuent à appeler les leishmanioses cutanées et cutano-muqueuses par leurs noms vernaculaires espundia et uta (Ripert et al., 1996).



Figure 1 : Aspect de quelques lésions de la leishmaniose cutanée zoonotique (Photos personnelles)

2. Généralités sur la leishmaniose cutanée zoonotique

2.1. La leishmaniose cutanée zoonotique(LCZ) dans le monde

Une maladie de la peau à transmission vectorielle qui provoque 1,5 à 2 millions de nouveaux cas par an dans le monde (Desjeux, 1996). Elle est considérée comme un problème majeur de santé publique (Merzougui et *al.*, 2013, Moradi et *al.* 2018; Hijawi et *al.* 2019); qu'environ 10 000 nouveaux cas sont signalés chaque année (Cherif et *al.*, 2012). Cette leishmaniose est endémique dans de nombreuses régions tropicales et subtropicales et dans le bassin méditerranéen, couvrant généralement plus de 98 pays (Ready, 2010 ; Alvar et *al.*, 2012). Il y a environ 350 millions de personnes à risque (Alvar et *al.*, 2012), où elle est considérée comme un problème majeur de santé publique (Saghafipour et *al.*, 2017)

Les leishmanioses sont devenues ainsi des maladies à déclaration obligatoire.

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

Environ 95 % des cas de la LC surviennent en Amérique, dans le bassin méditerranéen, au Moyen-Orient et en Asie centrale. Plus des deux tiers des nouveaux cas de LC surviennent dans six pays : L'Afghanistan, l'Algérie, le Brésil, la Colombie, l'Iran et la Syrie. On estime que de 0,7 à 1,3 million de nouveaux cas surviennent chaque année dans le monde (OMS, 2016).

La leishmaniose cutanée est endémique dans de nombreuses régions du monde comme l'Amérique latine, le bassin méditerranéen et l'Asie occidentale, du Moyen-Orient à l'Asie centrale (Alvar et *al.*, 2012). Au Nord d'Afrique, la maladie est très répandue au Maroc, L'Algérie, la Tunisie et la Libye.

Les évaluations antérieures sur l'incidence de la leishmaniose cutanée dans le monde sont de 12 millions de personnes infectés et 350 millions de personnes dans le risque d'en attraper. Ces nombres, sont probablement sous-estimés. Le fardeau de la leishmaniose est plus grand dans les pays en voie de développement où la sous déclaration est flagrant. Seulement 32 pays déclarent régulièrement de cas de leishmaniose (WHO, 2010).

D'après l'Organisation mondiale de la santé, 350 millions de personnes sont exposées au risque de contracter une leishmaniose (Desjeux, 1996) et 12 millions de sujets sont infestés dans le monde. Parmi eux, il y en a 3 millions qui souffrent de formes cliniques (Ripert et *al.*, 1996).

2.2. La leishmaniose cutanée zoonotique(LCZ) au Maghreb

La leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) était largement confinée à plusieurs oasis situées dans les régions arides pré-sahariennes, où la maladie était généralement sporadique et suivait parfois une épidémie modèle. Depuis les années 1980, une réactivation des anciens foyers ainsi qu'une extension de la LCZ au-delà de son écorégion naturelle ont été observés en Libye, en Algérie, en Tunisie et au Maroc. En conséquence, des foyers s'élevant à plusieurs milliers de cas ont été signalés à plusieurs reprises (Bounoua et *al.*, 2013).

Dans le bassin méditerranéen, la leishmaniose cutanée zoonotique causée par *Leishmania major* est endémiques dans de vastes zones des tropiques et des régions subtropicales et dans le bassin méditerranéen, couvrant globalement plus de 98 pays et territoires. Il y a environ 350 millions de personnes à risque de leishmaniose et environ 12 millions de cas dans le monde, avec une incidence annuelle estimée à $0,7 \pm 1,2$ million de cas de LC (Alvar et *al.*, 2012).

La région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord abrite environ 15 % de la charge mondiale de la leishmaniose exclusivement attribuable à la LC (WHO, 2012), alors que la maladie pose un problème de santé publique de plus en plus grave problème dans la région du Maghreb (Marry et *al.*, 2011).

2.2.1. La leishmaniose cutanée zoonotique(LCZ) en Algérie :

La leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) du sud à *Leishmania major* inféodée aux régions steppique et saharienne (Harrat et *al.*, 1996), la leishmaniose cutanée chronique à *L. killicki* (*L. tropica*) limitée à Ghardaia au sud du pays (Harrat et *al.*, 2009) et la leishmaniose cutanée sporadique du nord (LCS) à *L. infantum* dans la région du Tell (Harrat et *al.*, 1996).

La leishmaniose cutanée causée par *L. major* est la plus dominante. Elle est distribuée sur une large bande à travers les zones arides du sud (Boudrissa et *al.*, 2012). La leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) causée par *L. major* est dominante et répartie sur une large bande dans les zones arides du sud, avec environ 10 000 cas enregistrés chaque année (Alvar et *al.*, 2012; Mansouri et *al.*, 2012).

La leishmaniose cutanée fût signalée pour la première fois en 1860 à Biskra par le docteur Hamel. Une seconde observation de la maladie dénommée alors « clou de Biskra » fût publiée deux années plus tard à Laghouat. Après la création de l'Institut Pasteur d'Algérie en 1905 et la mise en place de ces différentes antennes, plusieurs autres cas de Bouton d'orient furent publiés.

Dès lors qu'on pensait que la maladie était inféodée au Sahara, des cas autochtones de leishmaniose cutanée sont signalés au Nord du pays, dans le littoral algérien à Ténès et Boumerdes en 1909.

En 1921, le rôle vecteur des phlébotomes est découvert, grâce aux travaux des frères Sergent à l'Institut Pasteur d'Algérie et qui ont diagnostiqué de nombreux cas à Mila en 1923, ont remarqué la petite taille du parasite, ils attribuèrent le nom de « Clou de Mila » à cette forme clinique, juste pour la différencier de celle du Sud, caractérisée par la grande taille des parasites.

Le premier recensement de cas de LC effectué en 1926 dénombrait 112 cas en dix ans (1915-1925), les deux tiers étaient localisés au Sud. Parallèlement au dépistage de la maladie de nombreux travaux concernant le parasite et son mode de transmission, furent entrepris à l'IPA. C'est ainsi qu'en 1926 fût découvert pour la première fois le vecteur de la maladie. Les frères sergent et quelques volontaires en expérimentant sur eux même le développement de la maladie en faisant inoculer dans leur peau le broyat de quelques femelles de *P. papatasi* capturées vivantes à Biskra, ont pu reproduire la lésion chez l'homme (Sergent et *al.*, 1926).

A cette époque, le réservoir du Bouton d'orient était inconnu, par contre pour la forme cutanée du Nord plusieurs auteurs ont suspecté le chien suite aux observations de quelques

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

individus canins porteurs de lésion cutanées et vivant dans les habitations où des cas de la maladie furent diagnostiqués.

Sergent affirmait en 1927 « Le bouton d'orient plus communément désigné en Algérie sous l'appellation du clou de Biskra, est loin de sévir uniquement dans la région des Zibans, on sait qu'au contraire, la leishmaniose cutanée, existe sur tout le territoire de la colonie, depuis le bord même de la mer jusqu'aux Oasis sahariennes ».

Le nombre de cas de bouton d'orient reconnus, que ce soit dans les régions sahariennes ou dans le Tell augmentait au fur des années, comme si la leishmaniose essaimait peu à peu à travers tout le pays. Au Sahara les recherches systématiques des médecins des territoires du Sud, guidés en cela par l'Institut Pasteur d'Alger, ont établi la répartition géographique du bouton d'Orient dans le Sud de l'Algérie suivant une chaîne, qui partant de Bou Anane (Maroc orientale), aboutit à Gafsa dans le Sud tunisien. Elle passe à la limite méridionale des Hauts Plateaux, au pied des derniers contreforts de l'Atlas, en bordure du désert et est jalonnée le long de ce trajet par les foyers algériens de Colomb- Béchar, Figuig, Laghouat, Ouled Djellal, Biskra et El Oued. (Sergent et *al.*, 1926). A partir de 1955, le pays entier paraissait comme un immense foyer de LC dont la limite Sud de l'aire de distribution, s'étendait jusqu'à Tamanrasset, où de rares cas furent rapportés. Cependant l'affection évoluait sous un mode endémique avec quelques pics épidémiques bien circonscrits dans les Oasis de Biskra, du Souf et de Béni Abbes.

En deux ans (1982-1983), près de 8000 cas ont été recensés dans la seule Wilaya de M'sila.

Durant l'hiver de l'année 1986, l'extension de la maladie a touché la localité de Ksar Chellala (Wilaya de Tiaret) où plus de 600 cas ont été rapportés. Au décours de ces épidémies, l'identité du parasite et la nature de l'hôte réservoir furent établis (*L. major*, *P. obesus*, *M. shawi*) (Belazzoug, 1983 et 1986).

La leishmaniose cutanée est connue dans le bassin du Hodna sous forme de cas sporadique depuis 1924. Cette forme sévit à l'état endémo-épidémique au niveau des zones arides et semi-aride. (Parrot et Foley, 1925). Les débuts de l'épidémie dans le bassin du Hodna remontent à 1981 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, 1982). L'épidémie ne se limita pas à la région de M'sila puisque les wilayates 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, Sétif, etc.

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

Le foyer de Biskra reste le plus ancien mais M'sila connu en 1983 une épidémie de plus de 8000 cas et depuis la région de M'sila est devenue un foyer très actif de leishmaniose cutanée évoluant sous forme endémique entrecoupées par des poussées épidémiques.

A l'instar de Biskra (ancien foyer), les wilayas de Batna, Bechar, M'Sila, El-Oued et Ghardaia avaient enregistré des taux d'incidence élevés. Toutes ces wilayas sont situées dans les régions steppiques à sahariennes avec des climats semi-arides à per arides et sont le terrain propice au déroulement du cycle parasitaire de la LCZ dont le principal agent est *L. major* (Bachi, 2006 ; Mihoubi et *al.*, 2006; Boudrissa et *al.*, 2012; Garni, 2012).

Depuis 1980, le développement de la leishmaniose en Algérie a été marqué par une augmentation considérable de nombre de cas de leishmaniose cutanée (plus de 2000 cas par an). De nouveaux foyers de *L. major* sont apparus au nord et au sud du pays. Au cours de cette période, 100 souches de *Leishmania* isolées chez l'homme, d'autres mammifères et des phlébotomes ont été identifiés. La présence de *L. major* MON-25 a été approuvée chez *Psammomys obesus* et *Phlebotomus papatasi*. Ces espèces ont été respectivement identifiées comme étant le principal réservoir et le vecteur de la leishmaniose cutanée zoonose (Harrat et *al.*, 1996). Les différents foyers du pays ont été étudiés de manière intensive par différents auteurs à l'Institut Pasteur en Algérie et leurs caractéristiques épidémiologiques bien établies (Dedet et *al.*, 1977).

Après 1986, d'autres foyers nouveaux ont émergé : Oued Souf (400 cas, 1994), Bordj Bou Arredj (1000 cas en 1995), Saida (500 cas en 1999), Djelfa (750 cas, 2002) ; Hassi Behbah, nouveau foyer avec près de 1000 cas en 2006 INSP.

En l'absence d'un véritable programme national de recherche et de lutte contre les zoonoses, la liste de nouveaux foyers ne cessera malheureusement de s'allonger.

2.2.2. Les leishmanioses cutanées en Tunisie

En Tunisie, le CL était historiquement confiné dans l'oasis de Gafsa et ses environs (Sud-Ouest de la Tunisie) où la maladie était généralement sporadique et parfois épidémique, en particulier dans les soldats français qui campaient dans la région de Gafsa les fins du XIXe siècle. Cette affection cutanée était appelée "nuage de Gafsa". En 1982, une épidémie de LC s'est produite près du barrage de Sidi Saad (gouvernorat de Kairouan, Tunisie centrale). Une diffusion continue à l'ouest, à l'est et à Les zones voisines du sud ont ensuite été observées au cours de quelques années avec l'émergence de nouveaux foyers chaque année. Par conséquent, une augmentation drastique du nombre de cas de LC a été observée, avec incidence annuelle des cas allant de 1 à 10 000 cas en fonction des facteurs climatiques et de l'immunisation cyclique des populations. Ce formulaire LC a été identifié comme LCZ (Bouratbine, 1988). Actuellement, LCZ est distribué dans le centre et le sud de la Tunisie, où elle se produit sous forme d'épidémies saisonnières et représente la forme de LC la plus significative en termes d'incidence et de morbidité. Bien que la LC soit généralement auto-guérissante et ne mette pas la vie en danger, les cas individuels peuvent être psychologiquement et socialement préjudiciables et les épidémies sont considérées comme une priorité majeure de santé publique.

Depuis le début des épidémies, un programme national a été et une ligne directrice pour la gestion clinique des a été élaborée. Contrôle de *P. obesus* et *Meriones sp* au voisinage des villages par le tirage manuel des chénopodes, la destruction profonde des colonies de rongeurs ou par empoisonnement ont également été recommandées (Bouratbine, 1988). Toutefois, ces actions sont exigeantes et coûteuses, et sont donc souvent partiellement et de façon intermittente (Bousslimi et al., 2010).

2.2.3. Les leishmanioses cutanées au Maroc

Depuis les années 80, une augmentation drastique de l'incidence de la LC a été observée au Maroc, où le nombre actuel de cas varie de 4 000 à 6 000 par an (Rhajaoui, 2010). Dans ce pays, les données épidémiologiques montrent que les caractéristiques du LC sont très différentes de celles rencontrées dans d'autres pays du Maghreb. Cependant, la LCZ reste la forme la plus répandue, avec des de foyers s'élevant à plusieurs milliers de cas. Le site Les principales zones de transmission de *L. major* sont situées en bordure du Sahara désert de l'Est du pays dans une large bande comprenant du Nord au Sud Oujda, Errachidia, Ouarzazate, et Tata (Rhajaoui, 2007 ; Rhajaoui, 2011). Les principaux centres d'activité sont ceux de Fès et Taza au nord, Boulemane et Beni Mellal au centre, et Taroudant et Chichaoua dans le Sud (Rhajaoui, 2011; Rhajaoui,

2012; Ajaoud et *al.*, 2013). Dans ces foyers actifs, des épidémies de centaines de cas ont été signalés (Rhajaoui, 2011).

2.2.4. Les leishmanioses cutanées en Libye

La plupart des rapports publiés en Libye concernent le LCZ, qui est en grande partie la forme principale dans ce pays. Les principaux centres d'intérêt du LCZ sont situés dans le nord-ouest du pays à Tripoli, Yafran, Djebel Neffoussa, et les régions de Nalut [30, 31]. Une propagation à la province de Syrte au centre a été récemment observée (Fathi, 2009).

2.2.5. Les leishmanioses cutanées en Égypte

La leishmaniose cutanée n'est pas une maladie de santé publique majeure en Égypte. L'incidence de la maladie reste faible malgré l'endémicité élevée dans tous les pays voisins, à savoir la Libye en à l'Ouest, et la Palestine et la Jordanie à l'Est. Rapports récents révèlent que le désert de la péninsule.

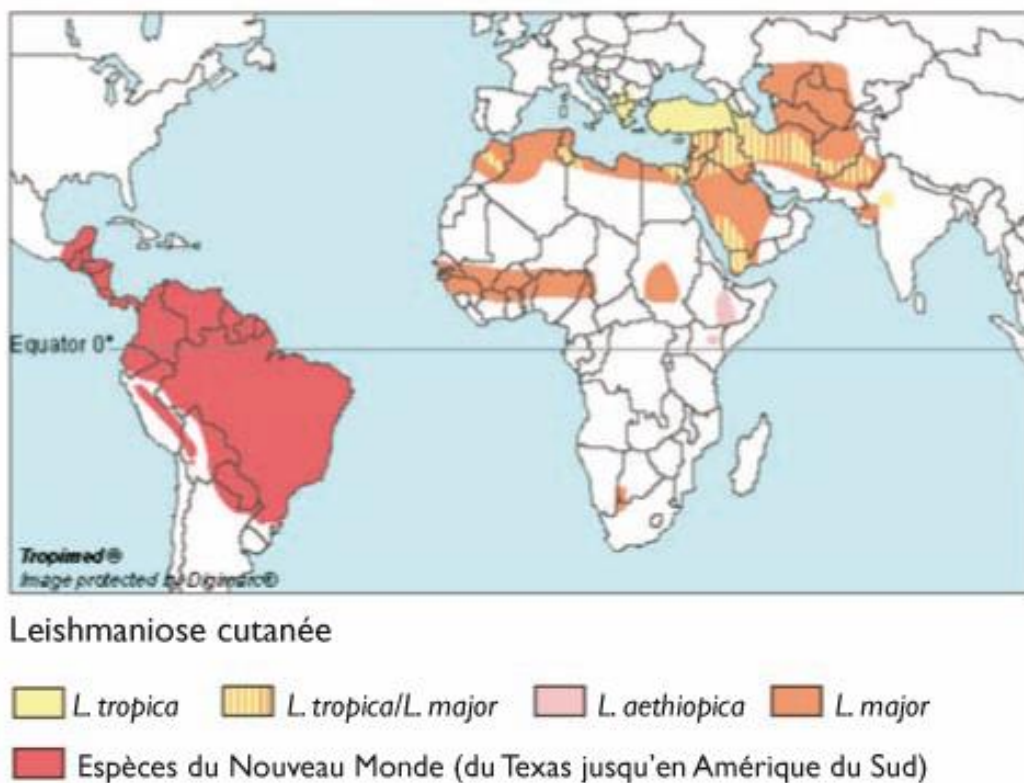


Figure 2 : Répartition mondiale des zones d'endémies de la leishmaniose cutanée zoonotique à *L. major* (D'après [Hhttp://www.microbiology.wustl.edu](http://www.microbiology.wustl.edu))

3. Epidémiologie

3.1. Parasite

3.1.1. Taxonomie du parasite

Sous-règne : Protozoa

Phylum : Sarcomastigophora

Sous-phylum : Mastigophora (Ripert et *al.*, 1996)

Classe : Zoomastigophorea

Ordre : Kinetoplastida

Sous-ordre : Trypanosomatida

Famille : Trypanosomatidae

Genre : *Leishmania*

Espèce : *Leishmania major* (Peters et *al.*, 1987)

La classification du genre *Leishmania* d'après Levine et *al.*, (1980) est la suivante

Règne : Protista (Haeckel, 1866)

Sous-règne : Protozoa (Gold FUSS 1817 ET Enend Siebold 1848)

Phylum : Sarcomastigophora (Honigberg Et Balanuth, 1963)

Sous-Phylum : Mastigophora (Diesting, 1866)

Classe : Zoomastigophora (Calkins, 1999)

Ordre : Kinetoplastida (Honigberg 1963 et Enend Vickerman 1976)

Sous-Ordre : Trypanosomastina (Kent, 1880)

Famille : Trypanosomatidea (Doflein Enend, Grobben 1905)

Genre *Leishmania* (Ross, 1903)

3.1.2. Morphologie du parasite

Les *Leishmania* se présentent chez leurs hôtes successifs (mammifères et insectes) sous deux stades morphologiques distincts : les amastigotes et les promastigotes (Figure 3, Figure 4)

Les leishmanies se présentent sous deux formes différentes:

3.1.2.1. Forme amastigote

La forme amastigote (ou forme *leishmania*) est une cellule arrondie mesurant 2 à 6 μm , avec un gros noyau et contour cellulaire net, un appareil flagellaire rudimentaire appelé rhizoplaste,

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

attaché à un blépharoplaste, un flagelle interne et un corpuscule parabasal (Figure 2). C'est la forme intracellulaire rencontrée chez l'homme et les mammifères vertébrés. Elle parasite les cellules du système des phagocytes mononuclées (Hoare et *al.*, 1966 ; Ripert et *al.*, 1996).

Le cytoplasme renferme un volumineux noyau arrondi et un kinétoplaste bacilliforme très visible après coloration au M.G.G qui donne une couleur bleu azur au cytoplasme et rouge violet au kinétoplaste. A ce stade, les *Leishmania* sont immobiles et situées à l'intérieur des cellules du système de phagocytes mononuclés du vertébré mammifère. Cette forme se retrouve dans les histiocytes, macrophages et les cellules de Küpffer, au sein d'une vacuole parasitophore. On retrouve donc ces parasites dans la peau, les noeuds lymphatiques, les cellules souches de la moelle osseuse et divers organes tels que le foie ou la rate (Nozais, 1999).

3.1.2.2. Forme promastigote

La forme promastigote (ou forme leptomonas), est allongée et fusiforme, munie d'un long flagelle, mesurant entre 15 et 20 μm . Le noyau est approximativement central, le kinétoplaste est situé en position antérieure (Figure 3). La coloration au Giemsa montre en Microscopie optique un cytoplasme bleu pâle, un noyau rouge violacé et un kinétoplaste en forme de bâtonnet de la même couleur ou parfois plus foncé que le noyau près duquel s'insère le flagelle (Antoine et *al.*, 1999). La paroi des leishmanies est constituée d'une membrane externe et d'une membrane interne et renferme des composants jouant un rôle important dans l'endocytose des parasites et dans les phénomènes immunologiques accompagnant les infections leishmaniennes. (Dedet, 2009). C'est la forme libre et mobile (Hoare et *al.*, 1966), rencontré dans le tube digestif de la femelle phlébotome et dans les milieux de culture. (Ripert et *al.*, 1996).

Le complexe *Leishmania major* comprend plus de 12 zymodèmes, mais seuls deux zymodèmes, MON-25 et MON-269, provoquent la forme cutanée zoonotique (LCZ) en Algérie (Harrat et *al.*, 1996 ; Pratloug et *al.*, 2009).

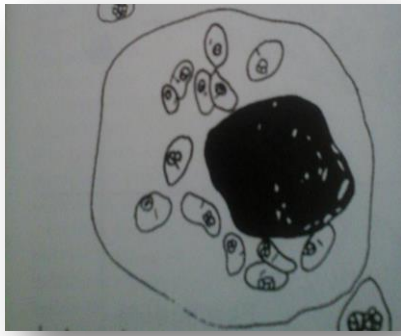


Figure 3: Forme amastigote de *leishmania* dans les macrophages (Ripert et *al.*, 1996)

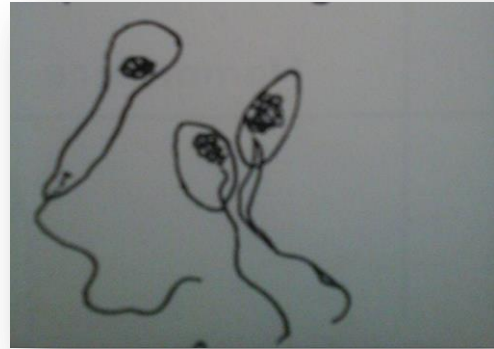


Figure 4: Forme promastigote de *leishmania* (Ripert et *al.*, 1996)

3.1.3. Ultrastructure du parasite

Les *Leishmania* sont des protozoaires relativement évolués chez lesquels on peut observer la plupart des organites caractéristiques des cellules eucaryotes supérieures. Comme chez toutes les trypanosomatidés, la membrane plasmique est bordée sur sa face interne par un corset des microtubules stables, arrangées en spirales et qui assurent le maintien de la forme cellulaires. Le flagelle qui émane de la partie antérieure des parasites est également riche en microtubules stables. On note également la présence d'un organite caractéristique des kinétoplastidés, le kinétoplaste, une portion particulière de l'unique mitochondrie. Comme dans toutes les cellules eucaryotes complexes, on a pu identifier dans les *Leishmania*, de nombreux organites bordés par une membrane et participant soit à la biosynthèse des constituants parasites comme le réticulum endoplasmique rugueux, soit à la dégradation des composants parasites ou exogènes (organites de type lysosomal). A noter enfin la présence d'un autre organite caractéristique des kinétoplastidés : le glycosome. Ces compartiments sont de petites tailles, sphériques ou allongés au nombre de 10 à 15/cellules sont apparentées aux peroxysomes et aux glyoxysomes des cellules eucaryotes supérieures. Ils jouent un rôle important dans le métabolisme parasite (Killick-Kendrick, 1988).

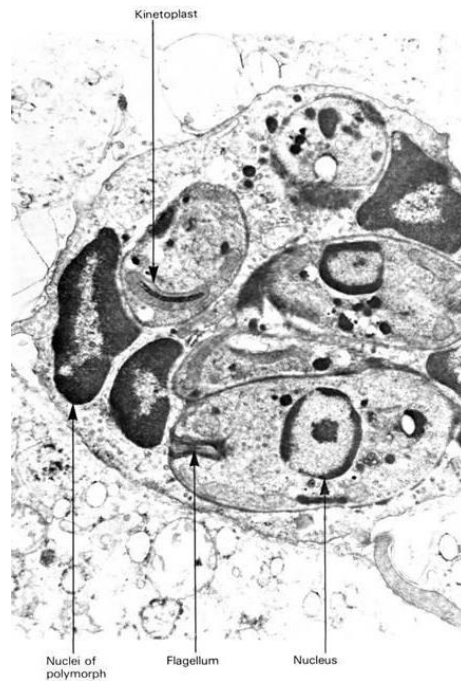


Figure 5 : Ultrastructure de *Leishmania* (Boudrissa, 2012).

3.1.4 Biologie du parasite

Les leishmanies vivent au sein des macrophages, en particulier dans la lymphe dermique, les noeuds lymphatiques, la rate, le foie et la moelle osseuse. Pour leur métabolisme, les leishmanies utilisent les protéines des cellules-hôtes et leur ADN est synthétisé à partir des précurseurs de l'ARN de ces cellules. Elles survivent à la phagocytose et à l'agression oxydative du macrophage et se multiplient par division binaire longitudinale. Cette multiplication peut engendrer la lyse du macrophage; les parasites sont alors libérés puis phagocytés par d'autres macrophages. Ceci conduit à la diffusion des leishmanies dans l'organisme (Bussieras et Chermette, 1992) (Figure5).

3.1.5. Reproduction du parasite

C'est principalement par reproduction asexuée que se multiplient les *Leishmania*. Les leishmanies se multiplient aux deux stades (promastigote et amastigote) par division binaire simple. Toutefois, des échanges génétiques rares ont pu être observés et semblent participer de façon significative à la structuration des populations par l'apparition de nouveaux hybrides (Akopyants, 2009).

3.2. Le vecteur

Les phlébotomes sont connus pour transmettre les parasites, les bactéries et les parasites *Leishmania* qui affectent les humains et les animaux dans de nombreux pays du monde (Lafri et al., 2016).

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

L'immense Embranchement des Arthropodes renferme environ un million d'espèces dont certaines jouent un rôle considérable en pathologie humaine et comparée, soit par leur agressivité, leurs piqûres venimeuses ou leur pouvoir pathogène propre, soit par le nombre et la gravité des maladies qu'ils transmettent comme vecteurs de virus, bactéries et parasites (Ripert et *al.*, 2007).

Les phlébotomes sont des diptères hématophages de petite taille, considérés comme le pivot central de l'épidémiologie des leishmanioses dont ils sont les vecteurs exclusifs. Toutes les hypothèses relatives au rôle secondaire, voire accidentel d'autres arthropodes (en particulier les Ixodidae) dans la transmission de ces affections se sont révélées fausses. C'est l'exemple même de la maladie à focalisation vectorielle : sans phlébotomes pas de leishmaniose (Ripert et *al.*, 2007).

3.2.1. Taxonomie du parasite

Les phlébotomes constituent au sein de la famille des Psychodidae (Bigot, 1845), la sous-famille des Phlebotominae (Kertész, 1904), et renferme environ 700 espèces actuellement décrites (Tab.1). Ils sont les vecteurs exclusifs dans la transmission des leishmanioses, mais peuvent également transmettre à l'homme les arbovirus responsables du groupe des fièvres à phlébotomes, les toxanavirus et Bartonella bacilliformis, agent de la verruga péruvienne et de la fièvre d'Oroya (Leger et Depaquit, 2001).

3.2.1.1. Systématique sommaire dans l'ancien monde

Toutes les espèces intéressant la santé humaine appartiennent au genre phlebotomus, caractérisé par la présence d'un groupe de soies sur le mésoépistème en position antéro-inférieure, un cibarium inerme et, chez le male par un style porteur de 5 (plus rarement 4) épines, dont au moins deux non terminales (Ripert et *al.*, 2007). Nous donnons ici une clé simplifiée des principaux sous-genres renfermant des espèces anthropophiles. Cette clé n'a d'autre but que d'attirer l'attention des épidémiologistes sur les espèces suspectes. Elle ne s'adresse pas aux entomologistes confirmés (Yong et *al.*, 1994).

3.2.1.2. Systématique sommaire dans le nouveau monde

Un caractère est commun à tous les phlébotomes américains : la présence de deux groupes de soies sur le mésoépistème, un inféro-antérieur, l'autre en position post-stigmatique (caractère partagé seulement avec les pavidens et les Grassomyia de l'ancien monde) (Ripert et *al.*, 2007).

3.2.2. Morphologie

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

Les phlébotomes ou mouches des sables (Gentilini, 1995) sont des petits insectes diptères nématocères Psychodidae, mesure 2 à 5 mm de long (Ripert et *al.*, 2007), Il est d'aspect bossu, à peine coloré. Le corps, les ailes et les pattes sont velues. Les yeux sont nettement visibles (Ripert et *al.*, 1996) dont seule la femelle est hémaphage (Léger et *al.*, 1999).

Environ 800 espèces actuellement décrites dans le monde (Ripert et *al.*, 2007).



Figure 6: Phlébotome femelle (Ripert et *al.*, 2007)

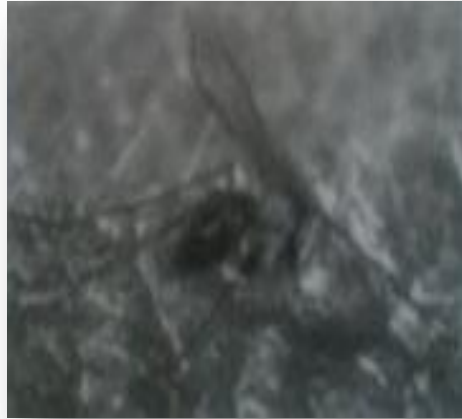


Figure 7: Phlébotome femelle prenant un repas sanguin (Ripert et *al.*, 2007)

3.2.3. Biologie du parasite

Les phlébotomes vivent dans les pays tempérés et tropicaux. La larve vit dans les décombres, la couche supérieure meuble du sol, le substrat des vieux murs, les terriers. Elle se nourrit de substances organiques constituées de déchets animaux ou végétaux (Ripert et *al.*, 1996). Seule les femelles (Figure 6) sont hémaphages, sont des telmophages qui puisent sucer le sang, maintenu liquide grâce à l'injection d'une salive anticoagulante, dans la petite mare obtenue par dilacération de la peau à l'aide des mâchoires et des mandibules. Ils sont nocturnes et commencent à s'agiter au prépuscule, à condition que la température soit suffisante (19-20°C) et qui n'y ait pas de vent (limite : 1m/seconde).

Certaines espèces sont attirées par la lumière, le plus souvent de faible intensité. Certaines sont endophiles et pénètrent volontiers dans les maisons et les étables, d'autres exophiles.

De nombreuses espèces affectionnent les terriers. C'est dans ces gîtes de repos que sont déposés les œufs qui, au bout de quelques jours, donne naissance à des larves qui muent trois fois (4 stades larvaires) avant de se transformer en nymphe fixées au substrat par l'intermédiaire de la dernière exuvie larvaire qui persiste à la partie postérieure de l'abdomen.

Sept à dix jours plus tard, l'adulte émerge. Le développement total de l'œuf à l'adulte dure de 35 à 60 jours, en l'absence de phénomènes de diapause qui peuvent intervenir lorsque les conditions sont défavorables (période hivernale pour les phlébotomes des régions tempérées).

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

La copulation intervient avant ou après le premiers repas sanguin, qui dure de 30 secondes à 5 minutes.

Le développement d'une même ponte est asynchrone (Ripert et *al.*, 2007).

Les repas peuvent être pris sur des mammifères, oiseaux, reptiles ou amphibiens. Les préférences trophiques sont rarement strictes et les contacts écologiques avec les hôtes potentiels jouent certainement un rôle prédominant. La pique est douloureuse car ces insectes dilacèrent les téguments avec leurs pièces buccales pour aspirer le sang.

Elle vit un à plusieurs mois, mue 4 fois et c'est le dernier stade qui passe l'hiver dans nos régions avant de donner la nymphe (Ripert et *al.*, 1996).

La durée de vie des adultes est fonction de la température (plus celle-ci est basse plus la durée de vie est élevée) et de l'humidité (plus l'hygrométrie est élevée, plus la durée de vie est élevée) (Dedet et *al.*, 2003).

Les adultes ont le plus souvent une activité crépusculaire et nocturne. Dans la journée, ils se dissimulent dans les recoins obscurs et tous endroits où ils trouvent une humidité suffisante. Le soir, ils sont attirés par la lumière crépusculaire. Ils se déplacent en volant par petits bonds avec une grande agilité. Leur capture est difficile. Ils ne peuvent effectuer leurs déplacements que par temps calme, lorsqu'il n'y a pas de vent (ou très peu). Leur dispersion autour des gîtes larvaires peut atteindre 1,5 km mais elle est plus généralement de courte portée.

L'accouplement dure 2 à 4 mn et se produit généralement de nuit. Seules les femelles sont hématophages. Après un repas sanguin suffisant, elles déposent des œufs isolément ou par petits groupes dans les gîtes où se développent les larves. Le nombre d'œufs pondus est assez variable et peut dépasser la centaine.

Le vol est silencieux, d'où le nom de «pappataci» que leur donne les Italiens.

Dans les pays tempérés de l'hémisphère Nord, les phlébotomes sont actifs d'avril à septembre. Dans les pays tropicaux, de grandes variations saisonnières existent aussi. En zone équatoriale, ces insectes sont actifs toute l'année (Ripert et *al.*, 1996).

3.2.4. Pouvoir pathogène propre

La pique de phlébotomes, dont nous avons vu plus haut le mécanisme, est assez douloureuse et s'accompagne de l'inoculation d'une salive venimeuse. Lors des périodes de pullulations, elle peut être une véritable nuisance pour les populations locales. L'intensité des réactions observées (douleur, apparition d'une papule ou d'une tache hémorragique) varie en fonction de l'espèce en cause et de la sensibilité individuelle des victimes. Celles-ci peuvent se sensibiliser

progressivement et présenter des réactions anaphylactiques plus ou moins violentes avec prurit, exanthème étendu, œdèmes (de la face en particulier), troubles généraux (fièvre, nausées, malaise, troubles du rythme cardiaque. En outre, les personnes qui manipulent des phlébotomes (captures à l'aspirateur, élevages) peuvent se sensibiliser à l'inhalation des poils qui couvrent le corps de ces insectes et développer une allergie respiratoire (Ripert et *al.*, 2007).

3.3. Les rongeurs

3.3.1. Définition

Les rongeurs constituent le plus grand ordre de mammifères tant par le nombre des espèces que par les effectifs des populations (Chaline et Mein, 1979). Les rongeurs constituent l'ordre le plus important de la classe des mammifères, représentant presque la moitié de ceux-ci (2021 espèces de rongeurs sur 4629 de Mammifères répertoriées, Wilson et Reeder, 1993).

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 (Ouzaout, 2000).

L'ordre des rongeurs (Rodentia) est le plus nombreux de tous les Mammifères. Plus de la moitié des espèces de Mammifères actuellement vivantes lui appartiennent, mais, en ce qui concerne maintes espèces de Rongeurs, le nombre des individus est également supérieur à celui qu'on trouve dans tous les autres groupes de Mammifères. On comprend alors pourquoi le rongeur a depuis toujours joué un rôle considérable dans la vie de l'Homme. Les Souris et les Rats, de même que les puces, les poux, les punaises, les Mouches et les Moustiques aussi bien que tout ce qui les accompagne, virus, bactérie, parasites unicellulaires, ont contribué davantage à décider du destin des peuples que l'arc et la flèche, les épées et les lances, et peut-être biens aussi les mitrailleuses et la dynamite (Grzimek, 1975).

Les rongeurs appartiennent à l'ordre des Rodentia qui compte 35 familles avec 389 genres différentes à peu près 1700 espèces. Ils constituent 40 % des espèces de mammifères connues dans le monde. Ils occupent tous les milieux terrestres (Petter, 1991).

Les rongeurs sont à la fois des animaux de compagnie et de laboratoire. Dans ces domaines, ils sont appréciés pour leurs qualités. En tant que rongeur sauvage, le rat a une importance en santé publique, raison pour laquelle il a parfois et à juste titre, mauvaise réputation. En effet, il est notamment détesté du fait de son portage de maladies et parasitoses graves autant que réservoirs.

3.3.2. Les Rongeurs, porteurs de maladies

Les risques de contaminations par différentes maladies restent cependant importants, car les maladies véhiculées par les rongeurs peuvent facilement passer d'une espèce à l'autre,

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

notamment contaminer l'homme (Lasseur et *al.*, 2008). Ainsi, dans le domaine de la santé, l'implication des rongeurs est fréquente. La richesse de leur parasitofaune fait qu'ils constituent, pour de nombreux parasites, des hôtes intermédiaires ou définitifs, mais sont aussi impliqués dans le cycle de différents virus en tant qu'hôtes réservoirs ou vecteurs. Les maladies associées aux rongeurs peuvent être classées en trois catégories (Duplantier, 1992) : celles qui sont directement ou indirectement transmises à l'homme, celles qui sont transmises aux animaux domestiques et enfin celles qui n'affectent que les rongeurs eux-mêmes (Hubert et *al.*, 1981 ; Poulet et *al.*, 1980).

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.

Au cours des dernières années, le nombre de nouvelles maladies humaines associées aux réservoirs de petits Mammifères, notamment les rongeurs ont augmenté de façon spectaculaire, ce qui a stimulé un regain d'intérêt pour la recherche de ces derniers.

Les études de réservoirs sont une composante essentielle de toute réponse intégrée de santé publique pour établir les maladies zoonotiques émergentes (Mills and Childs, 1998).

Un certain nombre de Rongeurs jouent un rôle très important comme porteurs de maladies. En tout premier. Les Rongeurs sont des réservoirs non seulement de leishmaniose cutanée, mais encore et aussi de beaucoup d'autres maladies contagieuses (Grzimek, 1975).

Deux familles sont considérées comme rongeurs d'importance agronomique et médicale : Les *Muridae* et les *Gerbillidae* (Petter et *al.*, 1965 ; Lasseur et *al.*, 2008).

Ils sont en relation permanente avec l'homme, ils ont une importance agronomique et médicale (Grans et Petter, 1965), ce qui leur permet de jouer un rôle important dans la transmission des maladies (Bang et *al.*, 1999).

3.3.3. Caractères zoologiques

Leur taille varie de celle du Rat des maisons à celle du Capybara. LT 12 à plus de 100 cm, poids de 4g à 50 kg. Un grand nombre d'espèces ont une longue queue souvent peu garnie de poils. Corps cylindrique bas sur pattes, membres postérieurs fréquemment plus longs que les membres antérieurs. Cou épais. Tête vue de profil apparaissant comme tronqué par suite de la denture très caractéristique. Pilosité corporelle extrêmement variable. La queue principalement, mais également les membres portent les traces de revêtement écailleux. Herbivores ou omnivores. Pour la totalité de cet ordre, denture caractéristique de Rongeurs : une paire d'incisive (dents rongeurs) à chaque maxillaire supérieur et inférieur, un grand espace vide (diastème) résultant de l'absence de canines et de prémolaires. L'orifice buccal est clos par une lèvre supérieure

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

souvent fendue (bec de lièvre). Caecum très gros, gros intestin long. Foie à cinq lobes. La vésicule biliaire peut manquer (Grzimek, 1975).

La dimension des yeux dépend du mode de vie. Les espèces fouisseuses ont les yeux petits au point. Par contre les animaux nocturnes et crépusculaires ont des yeux particulièrement grands. L'acuité visuelle est généralement moyenne et n'est vraiment perçante que chez un petit nombre d'espèces ayant une activité diurne. La plupart des Rongeurs, par suite de l'implantation des yeux sur les faces latérales de la tête, peuvent voir aussi bien en avant qu'en arrière. Chez les espèces qui vivent sous terre, le pavillon de l'oreille est très petit.

Les petits Rongeurs sont capables, de percevoir des ultrasons (jusqu'à 100 000 Hz chez les Muridés). Odorat excellent chez un grand nombre d'espèces. Le sens tactile est parfois très développé et s'exerce par l'intermédiaire de poils tactiles à corps caverneux situés à la tête, aux membres antérieurs, à la poitrine et au ventre ; ils suppléent souvent au sens de la vue pour l'orientation dans l'espace. Chez beaucoup de Rongeurs, des vibrisses (poils tactiles) sont animées de mouvements rythmés d'avant en arrière et permettent ainsi de sonder l'espace environnant. L'aiguisage des dents est utilisé comme un mouvement expressif, caractéristique et commun à tous les Rongeurs.

Orientation basée sur le principe du radar (méthode d'orientation par l'écho chez les Muridés ou par la position du soleil ou du ciel (par exemple chez le Mulot rayé, le Campagnol des champs, le Mulot ordinaire et le Campagnol roussâtre) (Grzimek, 1975).

Les cris qu'ils émettent dans des fréquences relativement élevées sont directionnels et leur portée ne dépasse pas quelques mètres ; au contraire, le volume d'air contenu dans les bulles favorise les vibrations de grande amplitude du tympan et la réception de sons de fréquence basse, de l'ordre de 2000 Hz : de tels sons ne sont pas très directionnels mais peuvent être perçus à des distances relativement grandes. On peut alors imaginer que les rongeurs perçoivent comme nous les bruits de leur environnement et que, grâce à eux, ils peuvent se repérer lors de leurs déplacements à distance. Mais ce sont plus vraisemblablement les bruits qu'ils émettent eux-mêmes en certaines circonstances qui sont en cause dans ce processus ; il semble bien en effet que tous les rongeurs à bulles hypertrophiées du Sahara, et en particulier les Gerbillidés, soient capables de tambouriner sur le sol au moyen de leurs pattes postérieures et d'émettre ainsi des signaux spécifiques que l'on peut parfois entendre à plusieurs dizaines de mètres de distance (Petter, 1961).

3.3.4. Biologie des Rongeurs

Si les rongeurs sont avant tout phytophages, leurs incisives spécialisées pour ronger et leurs grosses molaires leur permettent également de concasser de la nourriture végétale grossière et

même de casser des noix. Au moyen de leurs pattes et de leurs dents, ils décortiquent habilement des graines de céréales et pèlent des semences. Les rats et les souris mangent parfois des insectes ou d'autres produits animaux (œufs, oisillons, charognes). Les rats et souris domestiques apprécient également les restes alimentaires humains (compost, déchets). Les rats font preuve d'une extrême circonspection dans le choix de leur nourriture. Quand un rat trouve un aliment nouveau ou un appât empoisonné, il n'en mange que très peu. Si au bout de quelques heures, voire d'une journée, il se sent mal, il ne consommera plus jamais cet aliment ou appât. Pendant ce temps, les congénères de la même colonie observent de très près le comportement de leur «testeur» et éviteront par la suite cette nourriture indigeste ou cet appât. Par conséquent, les poisons contre les nuisibles à effet rapide ne sont pas efficaces avec les rats dont la prudence innée ne peut être trompée que par l'apparition tardive des symptômes d'intoxication.

3.3.5. Ecologie des rongeurs

Au cours des dernières années, le nombre de "nouvelles" maladies humaines associées aux réservoirs de petits mammifères ont augmenté de façon spectaculaire, ce qui a stimulé un regain d'intérêt pour la recherche sur l'écologie des réservoirs (Mills et Childs, 1998).

Ils constituent un ordre très diversifié, doté de grandes capacités d'adaptations écologiques qui les amènent à proliférer dans tous les milieux..

3.3.6. Pullulation et fertilité

Les rongeurs sont, la plupart du temps, des animaux polyoestriens qui se reproduisent selon un rythme saisonnier. Les petits Rongeurs se reproduisent avec une extrême rapidité, par générations se succédant sans arrêt. Les derniers-nés sont encore à la mamelle que déjà la mère est pleine à nouveau. Le taux de reproduction dépasse celui de la plupart des insectes (Grzimek, 1975).

La majorité des espèces de rongeurs qui sont considérés comme rongeurs nuisibles peuvent, grâce à des gestations de courte durée et des portées nombreuses se reproduire extrêmement vite voire de façon explosive lorsque les conditions sont favorables (par ex. offre de nourriture). En d'autres termes, les animaux éliminés par les mesures de lutte contre les rongeurs sont très rapidement remplacés et la densité de la population retrouve en quelques semaines seulement sa taille originale. En milieu naturel, la reproduction des rongeurs comme celle de la majorité des mammifères africains est liée au rythme annuel des pluies Cette liaison n'est bien entendu pas directe : les pluies conditionnent l'importance de la production végétale et donc des ressources disponibles. Classiquement, et en particulier chez les *Muridae*, on observe le début de l'activité sexuelle chez les males avec les premières pluies, les femelles semblent un peu plus tardives et les premières mises-bas ne sont constatées que dans la deuxième partie de la saison des pluies.

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

En fin de saison des pluies, le taux de femelles gestantes est pratiquement de 100 % (Granjon, 2009).

La reproduction est fonction de la quantité et de la qualité des ressources alimentaires (Hubert et *al.*, 1981 ; Poulet et *al.*, 1980), tandis que la mortalité dépend de la prédation (Poulet, 1985) et des maladies (Hubert et Adam, 1975). Les variations d'abondance annuelles ou pluriannuelles sont la résultante des rapports entre natalité et mortalité. La reproduction est fonction de la quantité et de la qualité des ressources alimentaires (Poulet et *al.*, 1980 ; Hubert et *al.*, 1981), tandis que la mortalité dépend de la prédation et des maladies (Poulet, 1985).

Les rongeurs sont extrêmement fertiles. La maturité sexuelle se situe généralement à l'âge de trois mois chez les rats et de un mois et demi pour la souris ; la durée de gestation est de 22 à 23 jours pour les rats et de 20 jours pour la souris (Latteur, 2000).

Le nombre de jeunes par portée varie de 5 à 12. De plus, les femelles redeviennent fécondes juste après la mise bas, de sorte qu'elles peuvent avoir une nouvelle portée aussitôt après le sevrage de la précédente (Latteur, 2000). Les mesures de densité ont par exemple permis de caractériser les cycles de pullulation.

L'étude de toute dynamique de population nécessite la connaissance de paramètres démographiques de base: natalité, mortalité, taux de reproduction, etc. (Hubert, 1982).

Les variations de la durée et de l'intensité de la reproduction se manifestent au niveau des densités, c'est-à-dire que les fortes densités sont observées après des périodes de reproduction intenses et longues, avec participation des jeunes à cette reproduction (Hubert, 1982).

3.3.7. Processus D'invasion Biologique

Une population invasive peut spontanément coloniser un nouvel habitat ou son habitat d'origine ayant subi des modifications (Van Auken, 2000). Les mammifères à l'origine de populations invasives à travers le monde sont principalement des rongeurs (Aplin et *al.*, 2003).

Les facteurs biotiques concernent l'ensemble des entités biologiques présentes dans le milieu. Les espèces végétales constituent par exemple les ressources alimentaires et les habitats (biomes) nécessaires à la survie des populations des rongeurs (Sax & Brown, 2000 ; Vilà & Weiner, 2004). La définition d'une espèce d'invasive varie selon les auteurs et les disciplines de recherche.

De façon générale, le terme « espèces invasives » fait référence à des espèces dont l'abondance relative est localement dominante et/ou la distribution géographique est étendue (Colautti & MacIsaac, 2004). La plupart des études font référence à des espèces exogènes, c'est-à-dire des espèces qui ont été introduites dans une aire biogéographique différente de leur aire native (Richardson *et al.*, 2000). Toutefois, certaines espèces endémiques peuvent devenir

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

envahissantes dans leur aire native suite à des perturbations environnementales (Mooney & Hobbs 2000 ; Van Auken, 2000). Le phénomène d'invasion biologique peut donc concerner à la fois des espèces endémiques et des espèces introduites. Il est à noter que pour une même espèce introduite, la population peut devenir ou non invasive selon le contexte environnemental. Dans l'attente d'un consensus, et en considérant l'espèce dans sa globalité, le terme « population invasive » sera préférentiellement utilisée dans le reste de l'introduction.

Une population invasive peut spontanément coloniser un nouvel habitat ou son habitat d'origine ayant subi des modifications (Van Auken, 2000). Elle peut également y être introduite, volontairement ou involontairement, par les activités humaines. Une étude intéressante a mis en évidence l'association des voies de colonisation d'une espèce de rat asiatique *Rattus exulans* avec celles de l'homme dans l'archipel polynésien (Matisoo-Smith & Robins, 2004).

Une population doit survivre à chaque étape pour se reproduire et se propager. Ainsi, avant d'envahir un nouvel environnement, une population doit traverser plusieurs filtres représentés par des barrières géographiques, des barrières environnementales (abiotique et biotique), des barrières reproductives, des barrières de dispersion locales, et parfois des barrières climatiques (Richardson *et al.*, 2000). La « règle des dix » élaborée par Williamson et Fitter (1996) estime que sur 1 000 espèces importées, 100 pourront être considérées comme introduites, 10 seront réellement naturalisées et une seule deviendra envahissante (Figure 2). Dans sa globalité, le succès d'une invasion dépend des capacités d'adaptation de la population à un nouvel environnement et des pressions environnementales. En d'autres termes, l'invasion dépend des caractéristiques intrinsèques de la population et des contraintes extrinsèques à celle-ci.

3.3.8. Les Rongeurs entrent en concurrence alimentaire avec les Hommes

La plupart des rongeurs partagent avec l'homme son habitat et le menacent dans sa nourriture, ses biens et sa santé (Bang *et al.*, 1999).

Et en plus de tout cela, certains Rongeurs sont des agresseurs permanents de la vie humaine en gâchant ou en détruisant ses aliments, car ils consomment les grains, les semences, les légumes, les melons et bien d'autres végétaux dont nous nous nourrissons. Actuellement encore, la valeur de ce que détruisent ou endommagent ces Rongeurs en produits alimentaires accumulés dans les greniers, dans les entrepôts ou dans les maisons, ce chiffre chaque année par millions. Le bois, le papier, le cuir, les toiles et autres textiles, les tubes métalliques, les câbles sous plomb, les isolants électriques, les produits artificiels et bien d'autres choses encore ne sont nullement assurés de résister à leurs dents tranchantes (Grzimek, 1975).

Il est vraisemblable que de tout temps l'Homme a dû lutter contre la destruction et la détérioration par ces Rongeurs de ses moyens de subsistance (Grzimek, 1975).

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

Le spécialiste bien connu des Micromammifères, K. Zimmermann, écrit : «Dès l'origine des temps où l'Homme a commencé à cultiver la terre, les Muridés sont devenus un plaisir pour l'humanité (Grzimek, 1975).

De telles pullulations se constatent, comme l'a signalé Ch. Elton, non seulement dans les régions agricoles, mais également dans celles qui ne sont pas cultivées, et cela ne survient pas à un moment quelconque, mais bien à des intervalles de temps plus ou moins réguliers (Grzimek, 1975).

Disponibilité des ressources alimentaires est l'un des facteurs les plus importants reconnus pour contrôler les populations de petits mammifères (Taitt, 1981 ; Taitt et Krebs, 1981 Moen et al., 1993 ; Hornfeldt, 1994).

Les rongeurs commensaux ou péridomestique qui vivent autour ou à côté des maisons et se nourrissent à l'intérieur. Ils sont en permanente relation avec l'Homme et les rongeurs domestiques d'un côté et les rongeurs dits sauvages d'un autre côté. Ceci leur permet de jouer un rôle très important dans la transmission des maladies (Bang et al., 1999). Ils sont en relation permanente avec l'Homme, ils ont une importance agronomique et médicale (Grans, 1965) ; cela leur permet de jouer un rôle très important dans la transmission des maladies (Bang et al., 1999).

3.3.9. Les Gerbillidés

Les Gerbillidés sont des rongeurs adaptés à vivre dans des milieux ouverts semi- arides, arides et désertiques de l'Afrique et de l'Asie. Cette famille est répartie dans toute l'Afrique, en Asie, au Sud occidentale et au Sud- est de la Russie jusqu'en Chine. Caractérisées par des adaptations morphologiques, physiologiques et écologiques voisines. Ces animaux, au pelage fauve sur le dos, blanchâtre sur le ventre, ont une queue peu plus, tête au museau court et arrondi, au yeux saillants et aux oreilles moyennement longues. Ceux-ci sont répartis en six genres et dix-sept espèces. Les genres les plus représentés sont *Gerbillus*, *Meriones*, *Psammomys* et *Pachyuromys*. Toutes les gerbilles sont essentiellement nocturnes et ne sortent de leur terrier que lorsque les conditions climatiques sont favorables à l'extérieur (Petter et al., 1984).

Les Gerbillidés sont caractérisés par des yeux globuleux, une queue aussi longue que le corps, terminée par un pinceau de poils et des oreilles qui dépassent le pelage. Tous ont des bulles tympaniques très volumineuses (Petter, 1961). Les pattes postérieures sont plus longues que les membres antérieures ce qui lui permet une course rapide sur un sol sablonneux.

Ils sont fouisseurs et la plupart vivent enfouis dans des terriers où ils sont protégés durant le jour échappant aux températures extrêmes. Ce sont essentiellement des végétariens qui se nourrissent de parties succulentes des plantes (tiges, feuilles et fleurs) et ou des granivores. Ils ne dédaignent pas les insectes en particulier les orthoptères (Petter et al., 1984).

Les rongeurs de la famille des Gerbillidés sont particulièrement bien représentés dans la partie africaine de la région méditerranéenne. Certaines espèces jouent un rôle important dans l'épidémiologie maladies parasitaires comme la leishmaniose cutanée (Mills et Childs, 1998).

3.3.9.1. Les Mériones

Les gerbilles, *Meriones sp*, peuvent jouer un rôle au moins temporaire dans le maintien de la leishmaniose cutanée zoonotique (Ashford, 1996). Ils peuvent également avoir un rôle dans la propagation du parasite vers les zones peuplées.

Meriones ont tendance à habiter les régions arides, notamment d'argile ou de sable dans les déserts et les steppes, mais on les trouve aussi dans les régions plus humides. Ce rongeur est considéré comme un parasite agricole. *M. shawi* est le principal animal infecté dans le sud Maroc (Rioux et al., 1982). On a également constaté qu'il était naturellement infecté dans les deux Algérie (Boudrissa et al., 2012) et Tunisie (Rioux et al., 1986; Ghawar et al., 2011). *Meriones sp* a été également découvert infecté par le *L. major* en Tunisie et en Libye (Ashford et al., 1977 ; Ben-Ismaïl et al., 1987), et en Egypte (Morsy et al., 1991).

Depuis ces dernières années, les maladies à transmission vectorielle connaissent une nette recrudescence en Algérie. Malgré cette alerte, la lutte contre cette maladie n'a jamais réussi à établir une stratégie efficace et durable. En effet, l'élimination des hôtes réservoirs est l'un des éléments des stratégies de lutte recommandé dans le cas de la leishmaniose cutanée zoonotique. Cependant, *Psammomys obesus* (rat des sables) est une espèce protégée dans notre pays (loi du 20 août 1983). Le deuxième réservoir est péri domestique représenté par *Meriones shawi* (la mérione de Shaw) (Benelmouffok et al., 2017).

Cette gerbille est très commune dans le Cercle. En maints endroits on en trouve de véritables colonies, leurs terriers minent véritablement le sol et de longues galeries s'entrecroisant en tous sens courent à sa surface. Les colonies sont situées en des points où la nourriture abonde : à Guelmous, près du jardin du poste ; à Alemsid, au bord de l'Oued, etc.

Ces petits animaux sont très doux, s'apprivoisent facilement, vivent en bonne intelligence les uns avec les autres et se reproduisent en captivité dans une cage étroite, sans que le mâle, s'il est nourri et abreuvé, dévore les petits. Les portées que nous avons obtenues étaient de cinq à six jeunes. Nous nourrissions nos gerbilles de grains (orge, blé, avoine, maïs), de racines (carottes, navets), de fruits (dattes, glands, figues, marrons d'Inde) et aussi de pain.

La Mérione de shaw est l'espèce la plus grande du genre. Sa queue, de même longueur que le corps, est terminée par un pinceau réduit. Le pelage dorsal varie du fauve (individus des régions pré-désertiques) au gris piqué de brun (individus plus septentrionaux), le pelage ventral est

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

blanc, les ongles sont claires. Cette Mérieone affectionne les milieux cultivés et ne s'aventure guère dans les régions réellement désertiques.

La Mérieone de Shaw est une espèce qui fréquente des divers biotopes. De faite, elle est présente dans tous les étages bioclimatiques de l'humide au saharien. Elle a un régime alimentaire granivore et s'attaque fréquemment aux céréales, auxquelles elle cause d'importants dégâts lors de la pullulation (Aulanier et Thevenot, 1986).

3.3.9.2. Les psammomys

Psammomys obesus est distribué dans le semi-désert à la frange nord du Sahara, de la Mauritanie jusqu'à Maroc, Algérie, Tunisie, Libye et Égypte au centre Est. De la taille et de l'apparence d'une Mérieone, quoique légèrement plus trapu, le Rat de sable diurne ou *Psammomys* possède une queue plus courte que le corps qui se termine par un pinceau de poils noirs. Les oreilles sont courtes, les griffes fortement pigmentées. Le pelage dorsal est fauve lavé de jaune, le ventre est blanchâtre. Il vit dans des terriers denses, dans des habitats salins, notamment des steppes halophiles succulentes", ou le long des bords d'oueds, où son principal aliment, les plantes de la famille des Chenopodiaceae, pousse.

Ces chénopodes constituent son régime alimentaire strict et régissent ses distributions et l'abondance. En fait, les fortes densités de rats des sables sont associées à une végétation abondante (Ashford, 1996; Ashford, 2000). Il est présent dans les régions pré-saharienne. Le *Psammomys* est le seul Gerbillidé strictement diurne. C'est un animal qui vit souvent en petites colonies, creusent son terrier au pied d'un buisson dans un site suffisamment humide pour que des plantes succulente puissent subsister toute l'année ; en effet il se nourrit essentiellement de tiges et de feuilles des Chénopodiacées qui sont très riches en eau (84 à 88%) et en sodium (Aulanier et Thevenot, 1986).

3.3.9.3. Les Gerbillidés et la transmission de la leishmaniose cutanée en Algérie

Le réservoir de la leishmaniose cutanée zoonotique est représenté essentiellement par deux rongeurs sauvages gerbillidés. Le premier *Meriones shawi*, a été découvert naturellement infesté par *L. major* au niveau du foyer de M'sila, (Belazzoug, 1983) et le second le *Psammomys obesus*, au niveau du foyer de Ksar chellala (Belazzoug, 1986).

En Algérie, les hôtes réservoirs de *L. major*, agent étiologique de la leishmaniose cutanée, sont des rongeurs. *P. obesus* et *M. shawi* ont été prouvés comme réservoirs de *L. major*, ils ont été découverts naturellement infestés au niveau du foyer de M'sila et au niveau du foyer de

Ksar chellala (Belazzoug, 1983 et 1986). Récemment, cependant, des foyers de LC sont apparus au nord des montagnes du Tell et l'identification des parasites a montré que toutes les souches appartenaient à *L. major* MON-25. En outre les enquêtes sur les réservoirs ont montré que le rat des sables (*Psammomys obesus*) et le mérione de Shaw (*Meriones shawi*) sont les hôtes réservoirs (Boudrissa et al., 2012). *Psammomys obesus* a été démontré qu'elle a été naturellement infectée en Libye (Ashford, 1977), en Algérie (Belazzoug, 1983 ; Boudrissa et al., 2012) et en Tunisie (Ben-Ismail, 1987 ; Fichet-Calvet et al., 2003 ; Ghawar et al., 2011).

4. Cycle évolutif des *Leishmania*

Les leishmanies sont ingérées au moment du repas sanguin sous la forme amastigote, parasite intracellulaire du système réticulo-histocytaire du sang et de la peau des vertébrés par la femelle phlébotome. La rupture des cellules hôtes intervient au cours de l'ingestion et les amastigotes sont libérées. Rapidement se forme au tour du repas sanguin une enveloppe chitineuse : la membrane péritrophique, à l'intérieur de laquelle au bout de 24 à 48 heures les amastigotes se multiplient une ou deux fois, puis se transforment en promastigotes qui, à leur tour, se multiplient. Au bout de 3 à 4 jours, la membrane péritrophique se déchire et laisse échapper les promastigotes qui, gagnent l'intestin antérieur. L'intestin antérieur de l'insecte est si plein de parasites qu'il est quelquefois complètement bloqué, ainsi que le proventricule et le pharynx. Au niveau de ce site, la multiplication est active et des modifications morphologiques et biologiques interviennent, aboutissant à la différenciation de promastigotes métacycliques infestantes pour le vertébré, qui migrent vers la partie antérieure du tube digestif où elles sont prêtes à être inoculées à la faveur d'un nouveau repas sanguin (Ripert et al., 2007).

Les insectes parasités essayent par tous les moyens de prendre un nouveau repas sanguin et ils régurgitent à cette occasion en masse les formes promastigotes infestantes. S'ils ne peuvent prendre de repas, ils meurent (Schlein et al., 1991). Injectés chez le Mammifère à l'occasion d'une pique, les parasites colonisent alors les macrophages et se multiplient à l'intérieur des phagolysosomes en se différenciant en formes amastigotes. Ce cycle est complet quand l'insecte vecteur ingère des macrophages infectés à l'occasion d'un repas sanguin. Ces cellules sont dégradées dans le tube digestif et les formes amastigotes se transforment rapidement en formes flagellées (Ripert et al., 1996).

La femelle phlébotome acquiert les parasites *Leishmania* lors de la prise de repas sanguin sur un hôte Mammifère infecté afin d'obtenir les protéines nécessaires au développement des œufs (Figure 7). L'inoculation des parasites se produit lorsque le phlébotome infecté mord une partie

exposée du corps humain, généralement le visage, le cou, les bras ou les jambes. Une fois dans l'hôte humain, les parasites se transforment en amastigotes et se multiplient dans les cellules du système phagocytaire mononucléaire, entravant ainsi les mécanismes de défense immunitaire des macrophages. Après la période d'incubation, qui dure de quelques semaines à quelques mois, selon le statut immunologique de l'homme, une papule ou un nodule érythémateux apparaît à l'endroit de la piqûre du phlébotome, provoquant des lésions cutanées (Figure8).

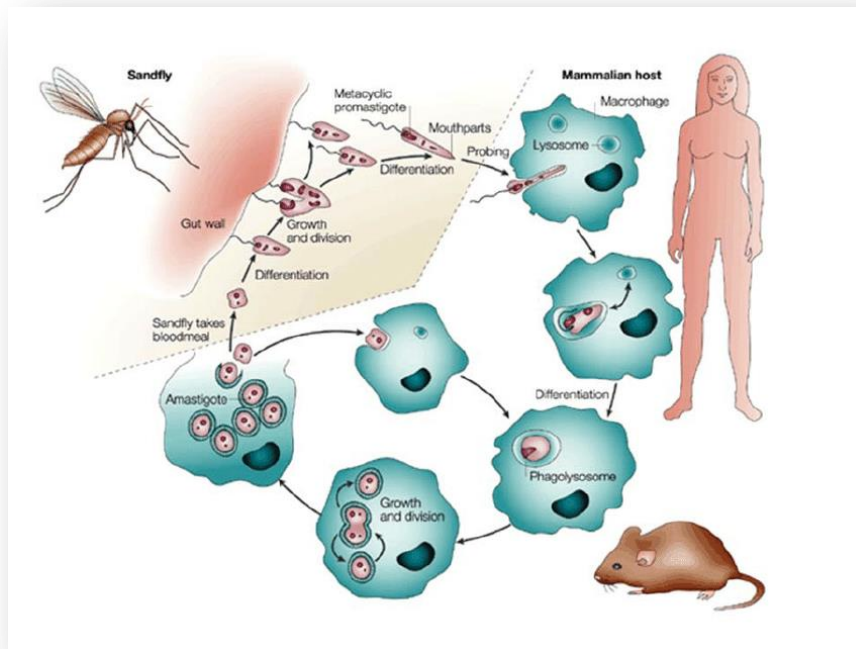


Figure 8: Cycle évolutif de *leishmania* (Gibson-Corley, 2010)

5. Facteurs de risque

5.1. Changements climatiques

Les agents pathogènes, les réservoirs et les vecteurs survivent et se reproduisent tous dans une gamme de conditions climatiques (WHO, 2010). En outre, les épidémies humaines peuvent avoir des causes diverses : exacerbation du pouvoir pathogène d'une souche parasitaire ; colonisation par l'Homme, pour des raisons économiques et/ou démographiques, pullulation du réservoir animal, liée à des variations des conditions climatologiques (pluviométrie élevée en particulier) des régions arides, responsable d'un accroissement de la végétation. Cette pullulation

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

élevée des Mammifères réservoirs entraînant à son tour une augmentation de la population phlébotomienne (Toumi et *al.*, 2012). Ces différents facteurs vraisemblablement se conjuguent pour expliquer les vagues épidémiques qui surviennent selon un mode cyclique sur un fond enzootique et qui atteignent les sujets particulièrement réceptifs (sujets jeunes non immuns ou nouveaux arrivants). En région saharienne et/ou steppique, les cycles humides bi- ou tri annuels, entrecoupés de longues périodes sèches, sont souvent responsables des vagues de LC zoonotiques à *L. major*, le processus d'épidémisation, peut être conçu comme une suite caténaire : humidité (pluies abondantes, forages, etc.), explosion de la végétation, pullulation du réservoir et du vecteur.

La température et l'humidité ont le plus d'influence, tandis que la vitesse du vent est également importante (Rioux, 2006 ; Boudrissa et *al.*, 2012).

Les cycles humides peuvent résulter de précipitations in situ ou d'orages à distance alimentant les Oueds. Dans les zones arides, la soudaineté des vagues épidémiques et la longueur des silences inter épidémiques ne peuvent être expliqués sans faire référence au régime pluviothermique peraride. Ce type climatique fait de longues périodes de sécheresse entrecoupées çà et là d'orages aussi violents qu'imprévus, marquent en effet profondément les cycles biologiques. Avec la pluie, la végétation est la première à réagir, les éphémérophytes en dormance germent en quelques jours, les chaméphytes jusqu'alors en état de vie ralentie accusent une forte poussée végétative, toutes fleurissent et fructifient ; les niveaux trophiques sous-jacents constitués par le réseau de consommateurs, se mobilisent à leur tour, décomposeurs et parasites suivent, l'épizootie précéderait l'épidémie (Rioux et *al.*, 1986). Ce type climatique fait de longues périodes de sécheresse entrecoupées çà et là d'orages aussi violents qu'imprévus, marquent en effet profondément les cycles biologiques.

Avec la pluie, la végétation est la première à réagir, les éphémérophytes en dormance germent en quelques jours, les chaméphytes jusqu'alors en état de vie ralentie accusent une forte poussée végétative, toutes fleurissent et fructifient ; les niveaux trophiques sous-jacents constitués par le réseau de consommateurs, se mobilisent à leur tour, décomposeurs et parasites suivent, l'épizootie précéderait l'épidémie (Rioux et *al.*, 1986). Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat des Nations Unies et divers autres groupes scientifiques nationaux ont évalué les conséquences potentielles du changement climatique sur la santé. Les risques pour la santé humaine émaneront de l'exposition accrue aux températures extrêmes et de l'augmentation de divers types de désastres climatiques à l'échelon régional. D'autres dangers substantiels apparaîtraient, causés par la dégradation de systèmes écologiques complexes qui déterminent les

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

zones géographiques des maladies à transmission vectorielle (telles que le paludisme, la dengue et la leishmaniose), l'aire de répartition, le cycle saisonnier, l'incidence des infections alimentaires et hydriques, le rendement agricole, l'aire de répartition des parasites des plantes, du bétail et les pathogènes. Les experts en santé publique ont dès à présent la tâche d'évaluer les répercussions futures de ces scénarios sur la santé, à l'appui d'efforts de collaboration interdisciplinaire. On a récemment eu recours aux modèles mathématiques pour évaluer comment les changements climatiques agiront sur l'aire de répartition potentielle des maladies à transmission vectorielle. La réaction de la leishmaniose cutanée zoonotique, face au changement climatique dépend à la fois du vecteur (*P. papatasi*) et des rongeurs, tous deux influencés par le climat. Dans ce cas il y'a ambivalence vecteur-réservoir. *P. papatasi* est un insecte qui préfère les zones hyperaride, plus précisément pour celui du sous-étage à hiver chaud (De la roque et Rioux, 2008). Le changement climatique joue vraisemblablement un rôle (Rogers et Randolph, 2006) notamment sur la distribution spatiale des vecteurs, la dynamique temporelle de la maladie ou l'intensité de la transmission; le changement climatique, n'est sans doute pas le facteur principal de la réémergence des maladies; les facteurs principaux seraient plutôt liés aux changements socio-démographiques et aux autres modifications environnementales (Rodhain, 2003).

5.2. Changements environnementaux

Plusieurs changements environnementaux peuvent influencer l'incidence de la leishmaniose, dont l'urbanisation, l'intégration du cycle de transmission dans l'habitat humain et l'empiètement des exploitations agricoles et des zones de peuplement sur les forêts (Boudrissa, 2012).

Ecologiques : les mises en valeur des terres, les périmètres irrigués et le développement des steppes ont favorisé la multiplication des rongeurs et par conséquent la propagation de la leishmaniose cutanée.

- ✓ 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 augmentés 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 jusqu'à sauvages et naturellement occupées par *P. obesus*, ce dernier, recrée plus loin, à la lisière, ses terriers. Par ailleurs, *M.shawi*, prédateur agricole, recolonise rapidement ces nouvelles terres mises en valeur ; ainsi s'établit des conditions optimales de transmission entre rongeurs eux même et entre rongeurs et Homme .De plus, l'Homme introduit dans le site des animaux domestiques à qui il 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).

5.3. Conditions socioéconomiques

La pauvreté accroît le risque de leishmaniose. Les mauvaises conditions de logement et les insuffisances de l'assainissement domestique (par exemple, absence de système de gestion des déchets, égouts à ciel ouvert) peuvent favoriser le développement des sites de reproduction et de repos des phlébotomes et augmenter les contacts avec l'homme. Les phlébotomes sont attirés par les repas de sang potentiels que leur offrent les logements surpeuplés. Les comportements humains (par exemple, dormir dehors ou à même le sol) sont également susceptibles d'accroître le risque, que modère l'utilisation de moustiquaires imprégnées d'insecticides.

5.4. Mobilité de la population

Les épidémies des deux principales formes de leishmaniose sont souvent associées aux migrations et à l'arrivée de personnes non immunisées dans des zones où il existe déjà des cycles de transmission. L'exposition professionnelle et l'intensification de la déforestation restent des facteurs importants. Par exemple, les personnes qui s'installent dans des terres autrefois boisées se rapprochent de l'habitat du phlébotome, ce qui peut augmenter rapidement le nombre de cas.

6. Rôle des facteurs environnementaux dans le maintien et l'installation de la leishmaniose

6.1. Impact de l'environnement sur les phlébotomes

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, 2000) :

- ✓ Une augmentation des aires de distribution des vecteurs et des foyers de maladie (en latitude et en altitude).
- ✓ Une augmentation des périodes d'activité des vecteurs au cours de l'année.
- ✓ Une augmentation possible de la densité des vecteurs jusqu'à une température optimum, au-delà de laquelle l'effet inverse pourrait être observé.
- ✓ Une augmentation de la longévité des vecteurs.
- ✓ Une diminution de la durée d'incubation des agents infectieux.

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

✓ Modification de la répartition géographique du vecteur, ou de sa densité. Si la plupart des maladies à transmission 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 (1990) a pu établir une relation entre la répartition des vecteurs majeurs et les strates bioclimatiques à l'issue de son travail effectué sur les foyers de leishmaniose 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 non seulement à l'étage saharien, mais aussi à l'étage 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 pourrait entraîner une diminution de la longévité du vecteur, du moins dans une certaine fourchette de température et en l'absence d'une nette augmentation parallèle de l'humidité, ceci diminuerait sa capacité vectorielle ;
- ✓ 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'oeufs ;
- ✓ 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 sur, 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. Mais des effets plus subtils du climat méritent aussi d'être envisagés : par exemple, l'influence que pourrait avoir la température sur la virulence des agents infectieux ou sur une répartition différente des topotypes plus ou moins virulents d'un virus donné. Il peut encore s'agir de la structure des populations, c'est à dire de la distribution de la variabilité génétique au sein d'une espèce donnée de vecteur. Les flux de gènes entraînés

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

par les déplacements d'individus, par des extinctions locales de populations suivies de recolonisations, peuvent aboutir à l'installation de nouveaux génotypes, avec des conséquences en matière, par exemple, d'éthologie, de compétence et de capacité vectorielles, ou de résistance à un insecticide. 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. 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, 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 se ferait surtout sentir sur les franges (altitudinales et latitudinales) des zones enzootiques, dans ces zones limites, instables, où les équilibres écologiques sont toujours précaires.

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. Une comparaison des situations éco-épidémiologiques du sud de la France et du Maghreb pourrait apporter des éléments prédictifs utiles (Rioux et *al.*, 2001) : en France, dans les zones où *P. ariasi* est dominant, on observe une seule période de transmission du parasite en août-septembre ; en Tunisie dans les zones où *P. perniciosus* est dominant, on observe deux périodes de transmission fin juin et en septembre-octobre (Rioux et *al.*, 2001). Il y a

donc un risque d'amplification élevé de la leishmaniose canine en France en relation avec le changement climatique, mais aussi avec le développement de la population canine et les changements de comportement des hommes (développement de la périurbanisation, contacts plus fréquents des citadins avec la nature, intensification des déplacements entre le nord et le sud). En Europe, il existe des craintes réelles d'extension de la leishmaniose à *L. tropica* et à *L. infantum* ; les régions circum-endémie dans lesquelles existe aujourd'hui un « phlébotomisme » sans leishmaniose pourraient à court ou moyen terme devenir des zones d'endémie. Le développement des phlébotomes en Europe dépend de la température. Ils présentent en général 2 à 4 générations annuelles avec diapause hivernale permettant le passage de cette saison froide (Reiter, 2008).

6.2. Impact de l'environnement sur les rongeurs

Ce sont des maladies émergentes et étroitement liées à l'état de l'environnement (Ashford, 2000), dont les changements climatiques contribuent de façon importante dans l'extension de cette maladie (Rodhain, 2000), et l'urbanisation est indiquée comme un facteur clé dans cette augmentation (WHO, 2019).

Selon l'OMS, la leishmaniose est une maladie influencée par le climat ; elle occupe un «espace climatique» caractéristique qui dépend fortement des changements des facteurs climatiques comme le degré de précipitation, la température et le taux d'humidité. La conjugaison du réchauffement mondial et de la dégradation des terres va vraisemblablement modifier l'épidémiologie de la leishmaniose par un certain nombre de mécanismes : En premier lieu, les changements affectant la température, la pluviométrie et le degré d'humidité peuvent avoir de puissants effets sur l'écologie des vecteurs et des hôtes réservoirs en modifiant leur distribution et en influant sur leur survie et la taille de leurs populations. En second lieu, de petites variations de température peuvent avoir une profonde influence sur le cycle de développement des promastigotes chez le phlébotome et permettre éventuellement la transmission du parasite dans des régions où la maladie n'était pas jusqu'ici endémique. Enfin, en troisième lieu, la sécheresse, la famine et les inondations consécutives au changement des conditions climatiques pourraient entraîner des déplacements et des migrations de grande ampleur vers des zones de transmission de la leishmaniose. Selon les prévisions, un changement climatique à long terme devrait étendre la zone où sévissent actuellement les leishmanioses et leurs phlébotomes vecteurs à des régions qui sont actuellement exemptes des unes et des autres (WHO, 2019). Les changements climatiques peuvent avoir modifié la dynamique des zoonoses cutanées la leishmaniose (LCZ) dans les zones présahariennes d'Afrique du Nord. Causée par *Leishmania major* (Bounoua et al., 2013). Les régions arides du Moyen-Orient et de l'Afrique du

Nord où des changements environnementaux importants ont eu lieu. Les références (Alvar et *al.*, 2012), (Boudrissa et *al.*, 2012) et (Mansouri et *al.*, 2012) mettent en évidence la propagation du LC à partir des zones arides algériennes vers le nord en direction des zones semi-arides et suggèrent que le changement climatique et la désertification observés en la steppe du nord du Sahara pourrait avoir joué un rôle dans cette expansion territoriale de la maladie. De même, au Maroc, la LC se propage à un rythme rapide, de la côte atlantique au sud de l'Anti Atlas à les régions du nord-est passant par les zones présahariennes au sud de l'Atlas, en notamment dans la vallée du Souss-Massa-Draa et dans la province d'Errachidia et s'étendant vers l'est dans la Territoire algérien (Rioux, 2006 ; Alvar et *al.*, 2012 ; WHO, 2012).

7. L'intérêt du piégeage dans l'étude des populations de petits Mammifères

La plupart des opérations de terrain que nous menons nécessite le matériel de piégeage comme les nasses grillagées : 280 x 100 x 100 mm, que nous destinons à la capture des rats et les pièges INRA : 160 x 45 x 45 mm, pour la capture de micro-mammifères tels que souris. Parfois, plusieurs pièges INRA peuvent être associés, et d'autres types de pièges peuvent être adjoints au poste de piégeage, tel le piège Sherman qui ressemble au piège INRA mais existe en plusieurs tailles. La plupart du temps, ces pièges sont appâtés avec un aliment appétant pour la plupart des petits mammifères.

De nombreuses études sont menées sur les populations de petits mammifères. Elles concernent différents domaines de la biologie : systématique, écologie, éthologie, épidémiologie... Elles nécessitent le plus souvent la capture par piégeage d'un certain nombre d'individus.

Le piégeage est un outil d'échantillonnage qui est appliqué selon une méthode rigoureuse, permet de recueillir des informations précieuses et de qualité sur la biologie des petits mammifères sauvages ou commensaux de l'Homme. Il permet tout d'abord de déterminer sans ambiguïté les espèces présentes et capturables du milieu étudié. Cependant, au-delà de la simple détermination spécifique, l'analyse des événements survenant sur les pièges permet d'établir des indices d'abondance. Mieux encore, lorsque la capture est associée à un marquage de l'animal selon diverses méthodes, les captures successives d'individus marqués donnent accès à des informations supplémentaires sur la densité, la dynamique des populations, les structures sociales et familiales, les comportements et les déplacements.

Enfin s'il est correctement planifié et si les protocoles sont appliqués avec rigueur, le piégeage permet des comparaisons fondées entre espèces, milieux ou saisons. Lorsque les animaux

capturés sont sacrifiés, des informations de morphologie externe, telles que les longueurs du corps, de la queue, de l'oreille ou de la patte postérieure, peuvent permettre d'affiner la détermination spécifique dans les cas délicats (Lorvelec et *al.*, 2009).

8. Recherche du parasite

8.1. Recherche du parasite par frottis après coloration

Repose sur la mise en évidence du parasite dans le prélèvement approprié (Mahjour, 1997). Il permet la recherche des amastigotes intracellulaires dans les macrophages sur frottis (Murray et *al.*, 2005). Il se fera sur les frottis de raclage de la lésion en bordure, de la face interne de l'ulcération sur sa périphérie jusqu'à ce qu'il soit légèrement teinté de sang. Les frottis seront colorés par Giemsa après fixation par May Grünwald puis examinés à l'immersion à l'objectif 100 (Keita, 2004). Les formes amastigotes paraissent sous forme de petits corps arrondis ou ovalaires, présentant un cytoplasme clair, un noyau de couleur rouge pourpre et un kinétoplaste punctiforme ou bacilliforme, pourpre plus foncé. Les corps peuvent être regroupés en amas ou dispersés dans le stroma. L'aspect typique de parasites intramacrophagiques (Amraniet *al.*, 2011).

8.2. Recherche de l'ADN parasitaire par PCR

Les techniques basées sur la PCR qui sont actuellement les plus utilisées. En effet leurs avantages résident dans leur très grande sensibilité et leur spécificité théoriquement quasi absolue. En outre, elles permettent de détecter l'ADN parasitaire dans des échantillons ou des cultures contaminées par des bactéries ou des champignons, elles assurent un résultat rapide, et offrent la possibilité de réaliser, sur le même échantillon, une identification de l'espèce de *Leishmania* en cause (Boudrissa, 2012). En outre, l'épidémiologie moléculaire consiste à appliquer des outils pour répondre à des questions épidémiologiques, en particulier pour les agents pathogènes, pour distinguer les espèces et les souches de parasites *Leishmania*. Ces outils vont de l'amplification et le polymorphisme des fragments de restriction (RFLP) ou l'analyse de la séquence d'ADN cibles multicopies de gènes. Les essais PCR amplifiant la région conservée du kinétoplaste ($\times 10000$ copies par cellule). L'avantage des approches moléculaires basées sur la PCR ou d'autres techniques d'amplification est qu'elles combinent une sensibilité élevée pour la détection directe des parasites infectants dans divers tissus humains, animaux et phlébotomes, avec une spécificité d'espèce. (Schönian et *al.*, 2003 ; Schönian et *al.*, 2010).

9. Lutte et prophylaxie

Actuellement, il n'existe pas de vaccin ou de médicament pour prévenir l'infection par les parasites ; la protection contre les piqûres de phlébotomes reste le meilleur moyen de prévenir l'infection. Aussi, parmi les mesures de protection individuelle dans les régions endémiques :

minimiser les activités nocturnes en plein air de l'aube au crépuscule, porter des vêtements appropriés et appliquer une lotion, un liquide ou un spray répulsif sur la peau exposée. Des moustiquaires appropriées offrent également une bonne protection contre les piqûres de phlébotomes (Boudrissa, 2012).

9.1. Contrôle et lutte contre les rongeurs réservoirs

Parce que les stratégies disponibles sont coûteuses et demandent beaucoup de travail, et parce que la leishmaniose cutanée est une maladie non mortelle, les stratégies de prévention et de contrôle se sont principalement concentrées sur le traitement de la maladie humaine, plutôt que sur l'élimination des réservoirs ou la réduction des contacts entre l'homme et le vecteur.¹⁶² Par conséquent, la plupart des approches se sont limitées à des études de recherche pilotes et seules quelques-unes ont été portées à l'échelle opérationnelle (Reithinger et *al.*, 2007).

Il est à noter, que la lutte contre les rongeurs se pratique uniquement au niveau des zones agricoles, ce qui ne permettra guère l'éradication définitive de ce fléau, notamment avec le développement de l'agriculture steppique (Benelmouffok et *al.*, 2017).

Au cours des siècles, plusieurs techniques de la lutte anti-rongeur ont été développées :

9.1.1. La lutte biologique

La lutte biologique consiste d'une part à introduire un prédateur naturel du nuisible, tel que la chouette effraie *Tyto alba* (Puan et *al.*, 2012). Cependant, l'introduction de ce prédateur n'est pas toujours possible. D'autre part, il peut s'agir d'utiliser un parasite naturel de l'espèce cible à une concentration létale. L'argument est que les prédateurs limitent le nombre de rongeurs, le nombre de rongeurs limite le nombre d'agents pathogènes, et l'agent pathogène chez les rongeurs déterminent ensuite l'incidence de la maladie chez les personnes. Donc les activités humaines qui réduisent le nombre de prédateurs, augmenter l'incidence des maladies zoonotiques (Ostfeld et Holt, 2004).

Tandis que les chats domestiques chassent de préférence les rongeurs de petite taille, c'est-à-dire les souris et les jeunes rats jusqu'à 200 grammes.

Carnivores contre les Gerbillidés : Racon, Fennec, Chacal et Renard.

Parmi les mammifères une seule espèce des Gerbillidés *Merionis shawi* forme l'essentiel du régime alimentaire du *Bubo ascalphus* tant en nombre 82% quand biomasse 96%.

9.1.2. Lutte écologique : Aménagement des paysages et empêchement d'accès aux ressources

C'est une activité qui consiste à détruire les rongeurs par la modification du biotope dans lequel ils évoluent par des actions physiques ou mécaniques. Ces actions consistent en :

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

- Une hygiène publique assurée par la collecte, le conditionnement et l'élimination des déchets solides et liquides ;
- Une destruction des terriers qui sont des micro-sites d'infection du phlébotome par le labour des champs.

On peut déduire de la biologie des espèces de rongeurs nuisibles les plus fréquentes que les mesures de lutte les plus efficaces sont d'empêcher les animaux d'accéder à leurs ressources, c'est-à-dire aux sources de nourriture et aux possibilités de nidification. Dans la mesure du possible, il faudrait éviter de laisser traîner des déchets. Les réserves de nourriture humaine et animale devraient être entreposées dans des récipients hermétiquement fermés aux souris. Les conteneurs de déchets devraient être nettoyés régulièrement pour éviter de dégager des odeurs attirant les rongeurs nuisibles.

S'il n'y a pas de conteneurs, les sacs de déchets ne devraient être sortis que le jour du ramassage des ordures.

La lutte biologique consiste à faire des labours profonds qui permettent la destruction des terriers actifs et aussi l'inondation des terriers pour faire sortir les adultes et leurs petits.

La régression importante du nombre de cas à cette époque et jusqu'au début des années soixante-dix, était indirectement liée aux opérations de désinsectisation, rentrant dans le cadre de la campagne nationale de lutte antipaludique, lancées à travers tout le territoire national. Quelques années plus tard, vers 1974, les grands travaux d'aménagement des périmètres agricoles (construction des barrages, mise en valeur des terres dans la vallée d'Abadla à l'Ouest et à M'sila au centre du pays), ont entraîné le déplacement de milliers de personnes vers ces régions en pleine croissance et développement agricole. Le rapprochement de ces sujets « neufs », du rongeur sauvage réservoir de la maladie, était suivi d'une explosion de LC touchant des centaines de cas à Abadla en 1976, surtout de jeunes appelés au service militaire, et près d'un millier de cas à M'sila (1981) (Belazzoug, 1982).

Des réflexions éthiques et les dispositions de la législation en matière de protection des animaux obligent, comme pour les expériences sur les animaux, à comparer les éléments négatifs et positifs au niveau éthique lors de la lutte contre les rongeurs nuisibles. Le bénéfice que l'homme et l'environnement retirent de la lutte contre les nuisibles doivent peser plus lourd que les coûts qui englobent également les souffrances infligées aux rongeurs, les conséquences et les dangers de l'utilisation de substances toxiques pour l'environnement. Lors de l'élimination des rongeurs nuisibles, le maître-mot doit être: aussi peu que possible et pas plus que nécessaire. Quand il faut lutter contre des rongeurs, parce que sinon le préjudice subi par les récoltes ou les stocks serait

trop grand ou le risque de diffusion de maladies trop présent, il faut choisir les méthodes optimales pour éviter de faire souffrir les rongeurs concernés. Cette méthode doit être utilisée de manière correcte et responsable.

9.1.3. La lutte physique

La lutte physique, ou mécanique, concerne principalement l'utilisation de pièges. Récemment le TBS (Trap-Barrier Systems), un système de barrière en plastiques agrémentées de pièges, a prouvé son efficacité (Aplin *et al.*, 2003 ; Singleton *et al.*, 2003). La fumigation ou l'inondation des terriers, et la chasse massive sont également utilisées.

9.1.4. La lutte chimique

Elle doit être programmée pendant la période de faible densité en se basant sur la courbe d'évacuation des terriers actifs. Elle doit intéresser toute la surface infestée et consiste en l'utilisation de rodenticides anticoagulants au niveau péri domestique loin des habitations, Les grains empoisonnés doivent être appliqués dans les terriers actifs en collaboration avec les services de protection des végétaux, les autorités, les collectivités locales et les associations.

Ces activités doivent être accompagnées par des séances d'éducation et de sensibilisation de la population afin qu'elle apporte un soutien aux activités de surveillance et de lutte.

La lutte chimique contient un large spectre de poisons. Les pesticides sous forme d'appâts contiennent une matière active létale après ingestion. L'utilisation de raticides à base d'anticoagulant est aujourd'hui la méthode la plus largement répandue dans le monde. Cependant, d'autres raticides moins chers, tel que le de zinc (Leung, 2007), sont encore utilisés. Des pesticides alternatifs (e.g. insecticides à base d'organophosphates ou d'endosulfan) sont utilisés lorsque les raticides légaux sont difficiles à trouver ou trop onéreux pour les fermiers. Il existe aussi des vaccins immuno-contraceptifs spécifiques de l'espèce cible qui consistent à infecter les animaux avec des protéines reproductrices générant une réponse immunitaire qui interrompt la fertilisation. Des simulations sur des populations de souris en milieu agricole montrent que l'application des vaccins immuno-contraceptifs sur deux tiers des femelles fertiles permet d'éviter les pullulations (Chambers *et al.* 1999).

Application de rodenticides entraînerait une diminution des populations d'autres rongeurs non ciblés, qui consomme de grandes quantités d'insectes pouvant détruire des quantités importantes des insectes nuisibles aux cultures.

Des études sont nécessaires pour connaître son impact à fortes doses sur l'environnement et l'homme.

Un programme national de contrôle a été mis en place depuis 2005. Le principal réservoir de la maladie en Algérie étant *P. obesus*, un projet pilote visant à supprimer Chenopodiaceae autour

des maisons dans un rayon de 300 m avant que la saison de transmission ne soit entreprise dans le Msila en 2003. Plus de 3 600 ha ont été traités et le nombre des cas a diminué de 1391 en 2003 à 965 en 2004 (Cherif et *al.*, 2012).

D'autre part, les insecticides (deltaméthrine) ont été utilisés dans l'Algérie à grande échelle à partir de 2006 dans plusieurs gouvernorats, ce qui a conduit à une baisse significative du taux d'incidence depuis 2007 (Harrat et *al.*, 2012).

Il n'y a pas de preuves scientifiques de l'impact d'autres mesures «biologiques» et «traditionnelles», telles que présentées dans les guides spécialisés.

9.1.4.1. Rodenticides Anticoagulants

La majorité des substances utilisées dans la lutte contre les rongeurs, les rodenticides, sont des anticoagulants sous forme de boulettes empoisonnées. Ils réduisent la coagulation du sang et les animaux qui ont consommé ces rodenticides meurent d'hémorragie interne parce qu'il n'y a plus coagulation du sang lors de petites lésions quotidiennes des capillaires, entraînant des hématomes internes et externes. Au bout de quelques jours, les animaux meurent, la perte de sang entraîne insuffisance cardiaque, respiratoire et / ou rénale.

Le bien-fondé éthique des anticoagulants fait en ce moment l'objet d'un débat au sein du monde scientifique. Est-ce que vraiment les animaux ne souffrent pas et se retirent, puis s'endorment, comme le mettent en évidence les fabricants, ou éprouvent-ils de la douleur en raison des souffrances et des difficultés respiratoires causées par les nombreux hématomes, comme l'ont exposé différentes publications scientifiques?

Le doute est favorable à l'accusé. Dans la perspective de la protection des animaux, il faudrait renoncer aux rodenticides autant que faire se peut; d'une part parce qu'on ne sait pas précisément dans quelle mesure les animaux concernés souffrent et, d'autre part, parce que ces substances toxiques, si elles ne sont pas correctement utilisées, représentent également un danger pour d'autres créatures vivantes. Si les appâts sous forme de boulettes sont simplement dispersés sur le sol, des animaux domestiques (chats, chiens), des animaux autochtones comme les hérissons et les renards voire des enfants peuvent absorber le poison et manifester des symptômes d'empoisonnement. Il est donc impératif de répandre les rodenticides avec circonspection et seulement là où les rongeurs nuisibles sont présents et uniquement la quantité nécessaire à leur élimination. Le mieux serait que les boulettes empoisonnées soient dispensées dans des boîtes fermées avec quelques petites ouvertures ne laissant s'y glisser que les rongeurs cibles. Malgré tout, il arrive que des chats ou des renards s'empoisonnent parce qu'ils mangent des souris empoisonnées. C'est une raison de plus de faire preuve de retenue et de contrôle dans l'utilisation des rodenticides. Autres inconvénients des rodenticides: en raison du fort risque de

contamination, il est interdit de les utiliser à l'intérieur et autour des aliments pour l'homme (cuisines, réserves de nourriture). Par ailleurs, les rongeurs empoisonnés peuvent se retirer pour mourir dans des endroits inaccessibles où ils ne sont détectés que grâce à la puanteur de leur décomposition.

9.1.4.2. Chloralose

Le chloralose n'est pas un anticoagulant, mais était au départ utilisé comme anesthésique. Chez les rongeurs, cette substance réduit l'activité cérébrale, cardiaque et la température du corps descend parfois jusqu'à 20° C. Elle cause la mort par hypothermie ou arrêt respiratoire. Son utilisation n'a de sens qu'avec des températures environnantes de moins de 16° C, tout en n'étant pas appropriée aux rats car la température descend moins vite dans un corps d'une certaine taille. A la différence des anticoagulants, le chloralose ne cause probablement pas de douleurs, mais éventuellement un mal-être. Il agit vite (15 min.) et entraîne la somnolence, l'inconscience et le coma. Pour les animaux assez grands comme les rats, on observe des convulsions. Il y a un risque d'empoisonnement pour leurs prédateurs (buses, milans). Mais en général ce risque est considéré comme faible.

9.1.4.3 Rodenticides en cartouches fumigènes

A. Oxydes de soufre et autres oxydes gazeux

Les cartouches fumigènes en vente libre contiennent généralement du soufre et du nitrate de potassium. Elles sont enfoncées dans les galeries des souris, allumées et les galeries sont bouchées. Lorsque les cartouches brûlent, les gaz toxiques suivants se dégagent: oxyde d'azote, oxyde de soufre et monoxyde de carbone. L'oxyde de soufre par exemple réagit avec les membranes humides des yeux et des voies respiratoires et se transforme en anhydride sulfureux et en acide sulfurique dont le fort effet irritant endommage considérablement les voies respiratoires et les poumons: destruction des épithèles, crampes, rétrécissement des voies respiratoires, hémorragies, accumulation de liquide, collapsus pulmonaire et arrêt respiratoire. La mort est causée par l'asphyxie.

Jusqu'à la mort survenant entre 20 minutes à 5 heures après, la détresse respiratoire entraîne très probablement de fortes douleurs et de la panique. Par ailleurs, le monoxyde de carbone est également toxique pour les voies respiratoires, mais l'asphyxie se produit au niveau cellulaire.

B. Phosphide de calcium

Le phosphide de calcium, avec l'humidité de la terre, crée de la phosphine et de l'hydrogène phosphoré, qui est toxique pour les voies respiratoires, se diffuse dans les galeries souterraines des rongeurs et les tue. Ces gaz sont également très toxiques pour l'homme. Chez les rongeurs, les gaz irritent les yeux et les muqueuses des voies respiratoires entraînant détresse respiratoire,

crampes, paralysies des pattes postérieures, puis paralysie totale et mort en quelques heures. En raison de leur degré élevé de toxicité et de dangerosité, les rodenticides basés sur le phosphide de calcium ne sont en général pas vendus aux particuliers!

C. Dioxyde de carbone

Si une bonbonne de gaz au dioxyde de carbone est disponible, les rongeurs peuvent aussi être euthanasiés de cette manière. On les enferme dans un récipient hermétique dans lequel on libère par un couvercle fermé jusqu'à 6 litres de CO₂ pour atteindre une concentration de 80 % au moins. Dans le cas idéal, le gaz libéré devrait être turbiné en plaçant un objet sous l'ouverture d'entrée. Les animaux doivent être exposés pendant plusieurs minutes au CO₂ jusqu'à l'absence de toute réaction (même lorsqu'on pince une patte avec une brucelle), de battement cardiaque et jusqu'à ce que les yeux soient ternes. Attention: le CO₂ est un gaz incolore qui est plus lourd que l'air. S'il sort de manière incontrôlée, des puits [lacs] invisibles peuvent se constituer qui peuvent être mortels pour les enfants, les animaux familiers ou des personnes endormies. En utilisant de la glace carbonique au lieu du gaz CO₂, il faut faire preuve de prudence: les animaux ne doivent pas être en contact avec la glace (-78° C) sinon ils subissent des brûlures de froid très douloureuses. Il faut garantir une distance de 10 cm au moins entre les animaux et la glace. Les avis divergent sur le caractère approprié à la protection des animaux de l'utilisation du dioxyde de carbone. Le gaz déclenche une forte réaction d'aversion car il réagit de manière acide, notamment à la surface humide des muqueuses. De plus, il déclenche un malaise et une grande détresse respiratoire.

Actuellement, les autorités et les milieux scientifiques débattent de méthodes de substitution praticables et plus respectueuses vis-à-vis des animaux

D'autres méthodes ne sont ni admissibles ni praticables pour un non professionnel. Les méthodes totalement prohibées sont par exemple: l'éther, le chloroforme, le monoxyde de carbone, la strychnine, les micro-ondes, l'électricité, l'asphyxie (azote, gaz d'échappement, hélium, acide prussique/cyanhydrique), frapper l'animal sur un bord...).

CHAPITRE II :
PRESENTATION DE LA
ZONE D'ETUDE

I- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.1. Situation géographique de Sétif

La wilaya de Sétif (Figure 9) est une région semi-arid qui se situe dans les hautes plaines de l'Est algérien ($36^{\circ}11'29''N$, $5^{\circ}24'34''E$), sa superficie estimée à 6550 km² et une altitude de 1100 m, avec une population d'environ 1 489 979 habitants. Elle occupe une position centrale et constitue un carrefour entouré de six wilayas. Au Nord, elle est limitée par les wilayat de Bejaia et de Jijel, à l'Est par la wilaya de Mila, au Sud par les wilayat de Batna et M'sila et à l'Ouest par la wilaya de Bordj Bou-Arreridj. Elle est composée de 60 communes réparties en 20 daïra. Son altitude est comprise entre 900 et 2000 m (Chacha, 2011). La wilaya de Sétif est une région à vocation agricole. Elle a été depuis longtemps une région propice à la culture traditionnelle des céréales et à l'élevage ovin (Bouzerzour et al, 2006).



Figure 9 : La région de Sétif ECHELLE : 1/25000 (Benia, 2010)

1.2. Topographie

La structure naturelle de la ville de Setif se caractérise par la non homogénéité parce qu'elle se situe entre deux régions différentes l'atlas tellien dans le nord et la chaîne du désert dans le sud, et la région des plaines au milieu, cette diversité fait de la ville de Setif, en particulier une région caractérisée par la largeur et la hauteur allant à 1000 mètres.

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

Le relief de Sétif est divisé en trois grandes zones : la zone montagneuse du nord, la zone des plaines centrales et la zone basse du sud.

1.2.1. La zone montagneuse

Au Nord de la région, la chaîne de Babor s'étend sur une centaine de kilomètres, elle couvre pratiquement le Nord de la région où l'on rencontre des cimes élevées ; à savoir Djebel Babor a une altitude de 2004 mètres, Taliouine commune d'Ait Tizi atteint 1698 mètres d'altitude et Sidi Mimoune commune de Beni Aziz a une altitude de 1646 mètres (Sofrane, 2006).

1.2.2. Les hautes plaines

Dans cette zone, l'altitude varie entre 800 à 1300 mètres, émergent des mamelons et quelques bourrelets montagneux. Au Nord Djebel Megress commune de Ain Abessa se distingue par une altitude de 1737 mètres, à l'Est Djebel Barou commune de Baser Sakhra se caractérise par une altitude de 1263 mètres, au Sud Djebel Boutaleb : Aferhane commune de Boutaleb a une altitude de 1886 mètres et au centre Djebel Youcef commune Bir Haddada et Guidjel atteint 1442 mètres d'altitude (Sofrane, 2006)

1.2.3. La lisière Sud et Sud-est

Cette région renferme est composée d'une chaîne désertique et des cuvettes ou dorment des chotts. Il s'agit de Chott El Beida commune d'Oum Laadjoul, Chott El Fraine commune d'Ain Lahdjar et Chott El Melloul (Guellal).

1.3. Climat

De nombreux facteurs interviennent pour déterminer le climat de ville de Sétif, et qui sont : L'altitude estimée à 1100 m, l'éloignement de 100 Km de la mer méditerranée, sa situation sur les hauts plateaux de l'Est et le fait qu'elle soit, bien sûr, entourée de montagnes, La conjugaison de ces facteurs fait que la wilaya de Sétif jouit d'un climat continental semi-aride se caractérisant par des étés chauds et secs et des hivers pluvieux et froids (Bouzerzour et *al.*, 2006). La région enregistre en hiver une importante pluviométrie.

Les pluies sont insuffisantes et irrégulières à la fois dans le temps et dans l'espace avec des précipitations annuelles moyennes de 402 mm. Les monts de Babor sont les plus arrosés et la quantité diminue sensiblement sur les hautes plaines. Par contre, la zone Sud et Sud-est sont les moins arrosées.

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

Les températures moyennes varient selon la saison (Debeche, 2010). L'examen de l'évolution des températures moyennes montre que la température moyenne mensuelle atteint 5,8°C en janvier et 24,8°C en juillet.

Enfin, les vents sont variables avec une prépondérance des vents Ouest et Nord-ouest pendant l'hiver, le sirocco se manifeste pendant l'été (Bouzerzour et *al.*, 2006).

1.4. Hydrologie

Les eaux superficielles de la région de Sétif se résument en un apport du barrage d'Ain Zada, deux petits barrages et douze retenues collinaires, dont la quantité mobilisée s'élève à plus de 29 millions m³. Les ressources sont alimentées par un réseau d'oueds dont les principaux sont: Oued Boussellam dans la partie Nord et Nord-ouest, Oued Dehamcha et Oued Menaà dans la partie Nord-est et Oued Ftissa et Ben Dhiab dans la partie Sud de la région (Kribaa et *al.*, 2012). L'agriculture mobilise aussi des ressources souterraines sous forme de puits et de forages dont les quantités dépassent 93 millions de m³ (Direction de l'Hydraulique Agricole, 2011).

1.5. Végétation

Les précipitations et l'altitude conditionnent en grande partie l'importance et la variété de la végétation, on distingue sur les monts, les forêts de Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), le cèdre (*Cedrus atlantica*), le sapin de Numidie (*Abies numidica*), le cyprès (*Cupressus sinpervirent*), le chêne vert (*Quercus ilex*) et le chêne –liège (*Quercus suber*). Par ailleurs, la zone montagneuse demeure une région d'arboriculture et des cultures maraîchères. Par contre, la flore de la zone semi-aride est généralement pauvre, compte tenu de la qualité saline de ses sols (Barkat, 2014).

1.6. Elevage

L'élevage ovin occupe la première place avec 484640 têtes, il est suivi par l'élevage bovin dont l'effectif est évalué à 120232 têtes, dont 42833 vaches laitières. Alors que l'élevage caprin reste restreint et il est associé généralement aux troupeaux ovins. Les effectifs des petits élevages sont de 6993604 sujets de poulet de chair, et de 1701618 sujets pour le poulet de ponte, enfin 189697 est le nombre des dindes (DSA, 2011).

CHAPITRE III :
MATERIELS ET
METHODES

MATERIELS ET METHODES

1. Surfaces prospectées et sites d'études retenues

1.1. La collecte des données

Deux critères ont été utilisés pour choisir les communes cibles pour l'étude de la relation entre la leishmaniose cutanée zoonotique et les rongeurs considérés comme hôtes réservoirs: le premier est basé sur le nombre de cas de LC enregistrés et notifiés dans la région. Les données cliniques de la LCZ utilisées dans cette étude ont été obtenues par la Direction de la Santé et de la Population (DSP-Sétif) afin de déterminer le schéma de distribution de la leishmaniose cutanée zoonotique (Figure 26). Les villages avec plus de cas positifs de LCZ pendant 2017 et 2018 ont été retenus comme des meilleurs sites pour l'étude (Zones critiques de transmission de LCZ) ; et le second était lié à la distribution des rongeurs, leurs niches écologiques, et le nombre de terriers actifs, établi sur la base d'observations de terrain à la recherche d'indices d'activité et de rapports de l'IPVCT-DSA (Direction des Services Agricoles ; DSA -Sétif). Ajoutant, le critère lié aux infestations dans les zones agricoles par les rongeurs tels que *M. shawi*. Les stations cibles ont été choisies (Figure 11) pour la capture des rongeurs.

1.2. Les sites choisis

Beni Aziz : Situé à quelques dizaines de mètres du centre ville.

Ain Kebira : Autour d'une clôture (Zriba) d'animaux (moutons et de chèvres) Bergerie, paille à Dhamcha.

Bougaa : Milieu anthropisé caractérisé par la présence des habitations.

Guidjel : Douar de Mzara, où les principaux types d'habitat comprenaient des cultures (principalement salade, blé), les champs de cultures post-récoltent.

Guellal : Sagrodez. Il s'agit d'un pont au bord de la route

Bir Haddada : Ferme pilote (Sersour Salah). Il s'agit de zones de friches, de cultures de blé et de zones buissonnantes bordées de haies d'acacias. La grille de pièges a été placée dans une parcelle de blé tendre juxtaposée à une autre parcelle préparée pour la culture de l'arachide.

Des champs de blé et de poischiches à proximité d'un douar (Oulad Saïd)

El Eulma : Ferme pilote Makhloufi à Djermen. Milieu anthropisé caractérisé par la présence des buissons et bosquets. Il s'agit de la ferme Makhloufi Issa, située à proximité de la localité de

Hamma : Il s'agit des bottes de pailles autour du Douar Aadaoua. Petite agglomération, située à une trentaine de Km au sud de Sidi-Aïssa, connue pour son activité d'élevage d'ovins. La plupart des habitations renferment des étales et des bergeries. Les habitants pratiquent le petit élevage.

Rasfa: Douar Izli, autour d'une clôture d'animaux.

Chapitre III : Matériels et Méthodes

Boutaleb: Une zone rocailleuse à proximité d'une carrière, de pâturages et de champs, s'appelle Boulardjem.

Les coordonnées des sites sélectionnés ont été enregistrées par GPS (Figure 1, & Tableau 1).

Tableau 1 : Coordonnées des sites de piégeage des rongeurs, Région de Sétif (Algérie)

Site	Latitude	Longitude	Altitude
Beni Aziz	36.466720/ 36° 28' 0" N	5.65/5° 39' 0" E	775 m
Ain Kbir	36.3648/36° 21' 53" N	5.502/5° 30' 7" E	1024m
Bougaa	36° 19' 57" N	5° 05' 19" E	1050m
Guijel	36, 051058/ 36°3'3, 81" N	5, 563148/ 5°33'47,33"E	969 m
Guellal	36, 041988/ 36°2'31, 16" N	5, 354080/ 5°21'14,69"E	910 m
Bir Haddada	35, 976285/ 35°58'34, 63" N	5, 524457/ 5°31'28,04"E	951m
El Eulma	36° 9' 37.082" N	5° 41' 54.232" E	959 m
Rasfa	35, 777183/ 35°46'37, 86" N	5, 217097/ 5°13'1,55"E	833 m
Hamma	35, 655010/ 35°39'18, 04" N	5, 362670/ 5°21'45,61"E	833 m
Boutaleb	35, 642070/ 35°38'31, 45" N	5, 331040/ 5°19'51,74"E	795 m

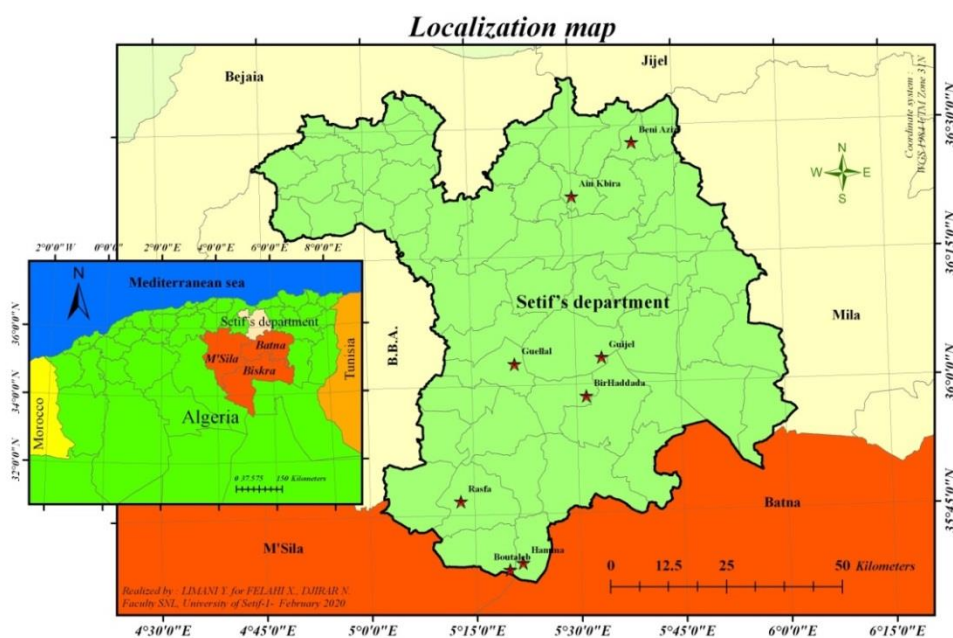


Figure 10 : Localisation de Sétif, Algérie et ses limitrophes avec les wilayas endémiques et les sites choisis (Arc GIS 10.6)



Figure 11: Les sites de piégeage. (a) Beni Aziz, (b) Ain Kbira, (c) Bougaa, (d) Guidjel, (e) Guellal, (f) Bir Haddada, (g) El Eulma, (h) Hamma, (i) Rasfa, (j) Boutaleb (Photos personnelles)

2. Étude rétrospective de la leishmaniose cutanée à Sétif

Nous avons réalisé une étude rétrospective sur l'incidence de la leishmaniose cutanée dans notre zone d'étude (Wilaya de Sétif), sur une période de 11 ans allant de 2008 à 2018. Toutes les données ont été fournies par la Direction de la santé et de la population (DSP : Direction de la santé et de la population) à partir du recueil épidémiologique annuel (REM : Relevé épidémiologique mensuel). Parmi ces données : le nombre de cas de LC a été enregistré par année, ainsi que la répartition des cas par âge et par sexe. Un cas positif de LCZ est défini comme cas déclaré et enregistré par les établissements de santé des régions étudiées au cours de la période 2008-2018.

3. Données climatiques de la Wilaya de Sétif

Afin de déterminer les liens entre la LCZ et les conditions climatiques, nous avons collecté les données de température et de pluviométrie entre 2008 et 2018, auprès de l'Office national de météorologie (ONM) de Sétif à l'aéroport international de Sétif (Organisation météoro-logique mondiale), qui ont été enregistrées quotidiennement.

4. Capture et Echantillonnage des rongeurs

Les observations d'une population de rongeurs en conditions naturelles peuvent s'avérer difficile lorsqu'il s'agit d'espèces mobiles difficiles à observer (e.g. discrète, de petite taille, nocturne). Pour ceci on utilise le piégeage. L'étude de l'activité des rongeurs a été basée sur la recherche des indices de présence (Figure 14): terriers (Figure15), fragments des végétaux frais, crottes et traces d'urines.

La période de capture des rongeurs s'est déroulée de janvier 2017 à janvier 2019 (deux ans). Les sessions de piégeage ont été réalisées en hiver, au printemps, en été et en automne.

4.1. Capture manuelle (Capture par inondation)

La capture a été faite par inondation des terriers à l'aide d'un camion-citerne. Ces derniers sont inondés à partir d'un trou élevé. Les animaux sont saisis à la main gantée à la sortie de leurs terriers.

4.2. Capture mécanique (Capture par piégeage)

La capture a été faite à l'aide de deux types de pièges, Sherman et les cages grillagés (Figure 13). Les pièges ont été placés que sur les sites favorables où la présence des rongeurs est probable.

4.2.1. Capture à l'aide des pièges Sherman

Les rongeurs ont été capturés au cours de l'année 2017 et 2018 avec des pièges de type Sherman (Figure), près des terriers. Ce type de piège permet de capturer les individus vivants. Chaque piège a été appâté avec des morceaux de pain et fromage afin d'optimiser la capture de rongeurs plutôt que d'améliorer les taux de capture avec un appât plus appétant. Huit (8) pièges ont été placés une fois par mois dans les dix sites sélectionnés l'après-midi et collectés le matin du jour suivant, ce qui fait (80) pièges au total.

4.2.2. Capture à l'aide des pièges grillagés

On a employé des pièges grillagés (28 cm x 14 cm) (Figure 13), appâtés à l'aide de morceaux constitués d'un mélange de fromage, pain, dattes et de concombre afin de limiter le stress des

Chapitre III : Matériels et Méthodes

rongeurs piégés avant les transférer au laboratoire. Leur efficacité réside dans la grande sensibilité du mécanisme de fermeture déclenché par simple frôlement du porte-appât.

Entre 4 et 6 pièges ont été disposés par site l'après-midi et relevés le lendemain matin. L'ensemble de l'échantillonnage a été conduit au cours de l'année 2017 et 2018, et durant toutes les mois des deux années (2017 et 2018).

Les pièges ont été disposés durant une nuit (période d'activité maximale des rongeurs) et les récupérer le lendemain matin.

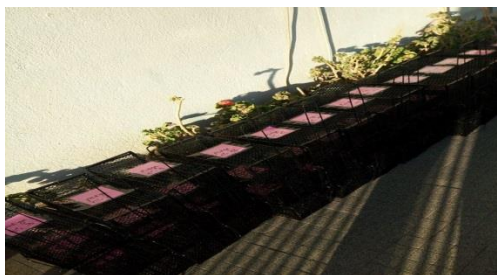


Figure 12: Préparation des pièges à installer (Photo personnelle)



Figure 13: piège Sherman (a) et piège grillagé (b) placés près des ouvertures des terriers des rongeurs (Photos personnelles)



Figure 14: Traces des crottes des rongeurs près de leurs terriers (Indices de présence) (Photos personnelles)

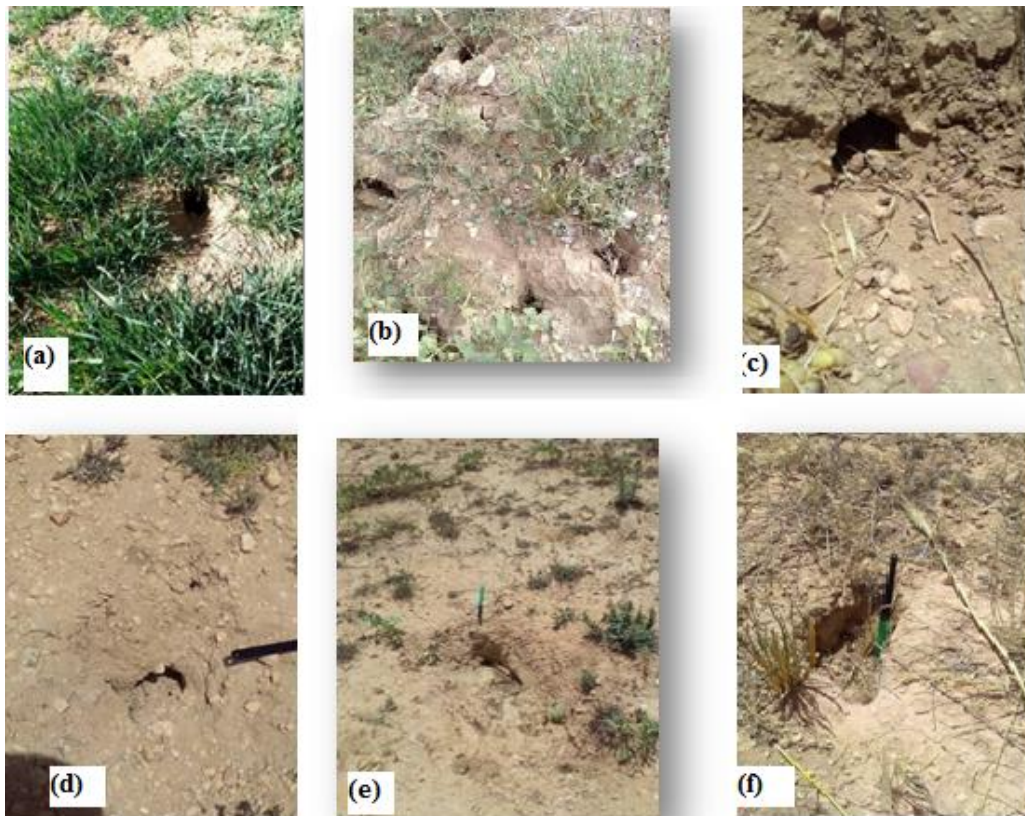


Figure 15: Terriers actifs (a), (b), (c) et non actifs (d), (e), (f) des rongeurs (Photos personnelles)

5. Etude Eco biologique des rongeurs et leurs milieux

Les populations évoluent dans un environnement qui conditionne leur survie, leur reproduction et leur dispersion. L'environnement est défini comme une matrice dans laquelle évoluent les individus d'une population. La matrice environnementale est caractérisée par deux grandes catégories de paramètres : les paramètres biotiques (biologiques) et abiotiques (physico-chimiques).

5.1. Les facteurs biotiques concernent l'ensemble des entités biologiques présentes dans le milieu. Les espèces végétales constituent par exemple les ressources alimentaires et les habitats (biomes) nécessaires à la survie des populations des rongeurs. Un réseau d'interactions complexes s'établit ainsi entre les individus d'une population introduite et le nouvel environnement dans lequel elle évolue (Sax & Brown, 2000, Vilà & Weiner, 2004).

5.2. Les facteurs abiotiques définissent les caractères non biologiques d'un environnement, tels que les caractères climatiques (e.g. températures, précipitations) et les caractères édaphiques qui représentent la nature des sols (e.g. pH, humidité). Les paramètres abiotiques sont déterminants pour la distribution des espèces. Par exemple, les températures modulent directement la survie

d'une espèce dont les gammes de tolérance sont limitées. De plus, les paramètres abiotiques exercent une pression indirecte sur les populations en influençant les paramètres biotiques de leur environnement. Il est depuis longtemps admis que la distribution des espèces végétales est dépendante des climats, à grande et à petite échelle (macroclimats et microclimats) (Humboldt, 1805).

6. Etude l'impact de l'environnement sur la population des rongeurs

Une étude ecobiologique a été menée dans dix sites dans la région de sétif aux caractéristiques écologiques différentes.

L'objectif de cette étude était de savoir l'impact des facteurs environnementaux sur les rongeurs réservoirs de la LCZ. Dans un premier temps, une collecte des données climatiques (température, pluviométrie, humidité et vent), des éléments édaphoclimatiques et de la végétation a été réalisée dans chaque site afin de déterminer la relation entre la présence de ces espèces et leur distribution avec ces éléments. Dans un second temps, une approche corrélatrice a été utilisée afin d'étudier l'influence des facteurs environnementaux sur le nombre des rongeurs présents et la relation qui peut être existante entre ces rongeurs réservoirs et l'apparition et la dispersion de la LCZ dans la région de Sétif.

6.1. Climat saisonnière

A grande échelle par exemple, les paramètres climatiques déterminent les types de couverture végétale dont dépend la survie d'une population. Les caractéristiques climatiques permettent ainsi d'identifier des catégories d'habitats quel que soit leur position géographique.

Indirectement ces paramètres sont donc très informatifs sur les populations pouvant occuper ses différents habitats.

A plus petite échelle, un type d'habitat est soumis à des conditions climatiques plus ou moins variables selon sa localité géographique. En Europe par exemple, les saisons hivernales sont plus longues et intenses au nord qu'au sud. Ainsi, une adaptation alimentaire a été suggérée chez une espèce de rongeur européen *Apodemus sp.* dont la forme des mandibules varie selon un gradient latitudinal (Renaud & Michaux, 2003). Les auteurs ont suggéré que les populations des régions nordiques, soumises à de plus longues périodes hivernales, auraient développées une alimentation plus diversifiée pour survivre à ces périodes dépourvues de graines (leur principale ressource alimentaire). Les espèces tolérantes à une grande gamme de climats et d'habitats sont de bonnes candidates à l'invasion de nouvelles régions (Swincer, 1986).

6.2. Type de végétation

Toutes les espèces de végétation trouvées dans les stations de capture des rongeurs ont été identifiées.

7. Traitement des captures

Les spécimens de rongeurs collectés ont été acheminés au laboratoire de l'Institut Pasteur d'Algérie (IPA) / annex de M'Sila pour la dissection, le prélèvement des organes internes et l'identification des espèces ont été réalisés par Pr Boudrissa et Dr Cherief. Les individus de chaque zone ont été marqué par une couleur pour les distingués facilement.

Les individus ont été placés chaqu'un dans une cage menée de nourriture et des petits biberons spéciales contient de l'eau (Figure 16) après les récupérés de la grande cage, ou ils ont été mette au début après leur récupérations des pièges de capture.



Figure 16: Rongeurs mis dans des cages (Photos personnelles)

7.1. Déclaration d'éthique

Toutes les expériences ont été réalisées conformément aux directives de la Fédération européenne des associations pour la science des animaux de laboratoire (FELASA) et approuvées par le Comité d'éthique de l'Institut Pasteur d'Alger.

7.2. Identification des espèces de rongeurs

Les spécimens de rongeurs collectés ont été sacrifiés à l'éthanol, puis identifiés selon les clés de détermination décrites par Bernard (1970) et les mesures morphométriques ont été réalisées suivant le protocole décrit dans le manuel de Herbreteau *et al.*, (2011), comme suit :

Chapitre III : Matériels et Méthodes

Quatre mesures externes ont été prises sur chaque spécimen en mm à l'aide d'un pied à coulisse micrométrique numérique (Fisherbrand) : longueur de la tête et du corps (TC), longueur des oreilles (PO), longueur de la queue (Q) et longueur des pieds postérieurs (PP). Les animaux ont également été pesés (gr) (Figure 17).

On a mis l'animal dans un bocal avec un coton imbibé d'éther pour l'endormir afin de réduire le plus possible les risques de blessures et de stress chez l'animal et assurer la sécurité des manipulateurs et voir s'il y'a des lésions au niveau des parties non poilus (oreille, museau, queue). Après, peser l'animal, déterminer son sexe et son âge, couleur de pelage, et couleur des griffes, on notant chaque fois en cas de présence des lésions. Pour les prélèvements du sang, on retire le maximum de sang par ponction cardiaque, en aspirant le sang du cœur par une seringue, et le mettre dans un tube hépariné. Euthanasier le rongeur par dislocation cervicale comme recommandé par Mills et al, par la rupture brutale du canal médullaire et confirmer la mort de l'animal par : pincement de la queue/patte, absence de rythme cardiaque, absence de mouvements respiratoires, arrêt permanent de la circulation ou début de rigidité cadavérique.

Faire placer l'animal sur un bac paraffiné et le fixer avec des épingles et commencer la dissection avec un ciseau par faire une ouverture superficielle du tégument puis de la cavité thoracique et récupération des organes (foie et rate) sans oublier de rincer des organes récupérés dans un bécher avec de l'eau distillée et les conserver individuellement dans des tubes secs avec étiquettes, puis les congeler à -20°C , aussi la charge leucocytaire qu'on a obtenu après centrifugation du sang.

7.3. Estimation de l'âge des rongeurs

En se basant sur le poids des individus capturés nous avons pu les répartir en

3 classes d'âge selon Petter, à savoir :

Les jeunes : < 15 g,

Les sub-adultes : de 16 à 22 g,

Les adultes : > 22 g.

7.4. Inventaire des rongeurs



Figure 17: Traitement et identification des rongeurs (Photos personnelles)

7.5. Prélèvement des échantillons sur des lésions (Frottis)

Les lésions léshmaniennes se localisent principalement au niveau des oreilles et des museaux chez les rongeurs. Toutes les lésions superficielles ont été soumises à des frottis pour la confirmation de l'existence de *leishmania*. Les lames ont été colorées au MGG pour l'observation microscopique des amastigotes de *Leishmania* (Gx1000) (Figure18).



Figure 18: Préparation des frottis à partir des lésions chez les rongeurs (Photos personnelles)

7.6. Extraction d'ADN et électrophorèse

Des échantillons de rate et de foie ont été obtenus à partir de tous les spécimens de rongeurs. Après la collecte, les spécimens ont été conservés dans de l'éthanol à 70% jusqu'à l'extraction de l'ADN.

7.6.1. Lyse cellulaire

Pour réaliser la méthode de la lyse cellulaire: 10 mg de tissu de rate ont été homogénéisés dans 200 μ L de solution de lyse (100mM NaCl, 10mM Tris-HCl, et 0.5% SDS, pH 8). Pour digérer les protéines, 20 μ L de protéinase K (20mg/mL) ont été ajoutés, puis les échantillons ont été incubés à 56°C pendant 12 h (Figure19).



Figure 19: Etapes de la lyse cellulaire (Photos personnelles)

7.6.2. Extraction de l'ADN de *Leishmania* au phénol/chloroforme

Une extraction phénol-chloroforme a été réalisée (Sidorova et *al.*, 2012). Toute les étapes ont été faite sous la hotechimie.

Après incubation, un volume égal de phénol saturé de tampon a été ajouté à la solution d'ADN. Les deux phases ont été mélangé 2 à 3 min jusqu'à l'obtention d'un mélange laiteux. Puis laisser agir pendant 5 min sur paillasse. Les échantillons ont été centrifugés à 10 000 tr/min pendant 15 minutes, puis la couche aqueuse a été soigneusement retirée et placée dans un nouveau tube. Un volume égal de phénol saturé de tampon : chloroforme (1:1) a été ajouté à la couche aqueuse. Après centrifugation et élimination de la couche aqueuse, un volume égal de chloroforme a été ajouté à la couche aqueuse pour éliminer par distillation puis par redistillation le phénol qui n'a pas été éliminé à l'étape précédente. Un volume égal d'alcool isopropylique est ajouté à la couche aqueuse. Après centrifugation, le surnageant a été éliminé, et le culot a été lavé avec de l'éthanol à 70 %, centrifugé à 12000 tr à 4°C pendant 15 min, puis séché à température ambiante. Le culot d'ADN final a été remis en suspension dans 20µL d'eau Milli-Q autoclavée. Une lecture de densité optique (DO) a été réalisée pour connaître la concentration d'ADN (Figure20). Cette lecture est réalisée à l'aide du spectrophotomètre Nano Drop ND-1000. Il est possible d'obtenir les valeurs de DO ainsi que les spectres de 220 à 280 nm.



Figure 20: Extraction de l'ADN de *Leishmania* au phénol/chloroforme (Photos personnelles)

7.6.3. Amplification de l'ADN

Le principe c'était d'utiliser de façon répétitive l'activité d'une ADN polymérase pour copier la séquence d'ADN à amplifier, sous forme de brin complémentaire d'un ADN servant de matrice. Le processus est initié par la fixation d'amorce oligonucléotidique, de séquences complémentaires de l'un et l'autre des brins à amplifier. Elles délimitent la longueur du fragment à amplifier.

L'ADN a été détecté après l'amplification de l'espaceur transcrit interne ribosomal 1 (ITS1 F : CTGGATCATTTCGATG ; ITS1 R : TGATACCACTTATCGCACTTA) a été contrôlé comme décrit par Schönian et al. (2003), en utilisant les amorces LITSR et L5.8S. Le mélange PCR (25 μ L) contenait 2,5 μ L d'ADN, un tampon x10, 300 μ M MgCl₂, 200 μ M dNTP, 500 nM de chaque amorce et 2U de Taq ADN polymérase (Figure21).



Figure 21: Amplification de l'ADN (Photos personnelles)

7.6.4. Electrophorèse

Les produits d'amplification PCR obtenus ont été séparés sur un gel d'agarose à 1% à 75 V pendant 35 min et ont été visualisés après coloration au bromure d'éthidium (EtBr) (Figure 22). Après l'électrophorèse, les résultats de l'ADN ont été visualisés via la documentation du gel (gel doc) dans le but de suivre la migration des fragments d'ADN à l'aide d'un transilluminateur UV.

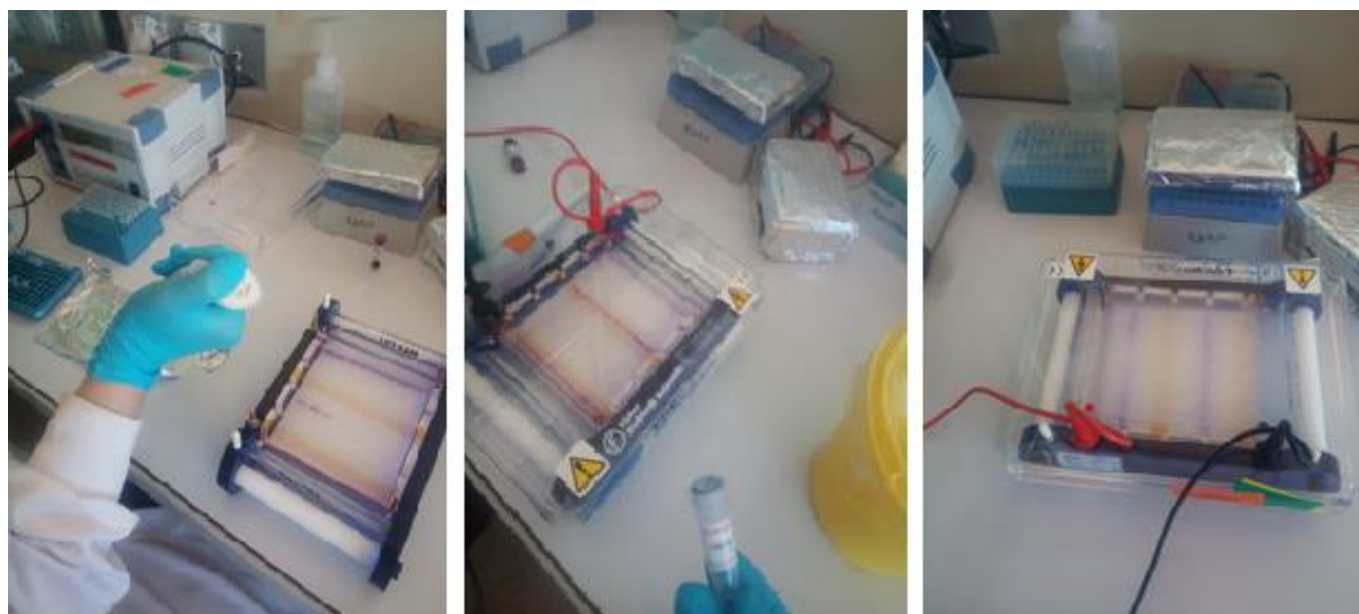


Figure 22: Electrophorèse des produits d'amplification PCR obtenus (Photos personnelles)

8. Analyse statistique

8.1. Etude cartographique

8.1.1. Collecte des cartes et images des sites de piégeage

Le GIS Quantum (Arc GIS 10.6) a été utilisé pour présenter la distribution spatiale et géographique des sites de piégeage des rongeurs les espèces capturés dans chaque site, ainsi que la frontière de Sétif avec les foyers épidémiologiques de LCZ.

8.1.2. Collecte des cartes et des images de répartition des rongeurs

La répartition des rongeurs réservoirs (*P.obesus* et *M.shawi*) a été faite par positionnement géographique et localisation des terriers actifs des rongeurs. Les niches écologiques potentiels d'abriter ces deux espèces ont été prospectées.

Pour étudier le lien entre les variables climatiques (température et pluviométrie), la leishmaniose cutanée et les rongeurs capturés dans la région de Sétif, nous avons utilisé la stat Excel 2014.5.03 pour l'analyse en composantes principales (ACP).

8.1.3. Traitement des images et cartes

Pour, le traitement des images et cartes, les logiciels Google map et ARC GIS ont été utilisés.

CHAPITRE IV:
RESULTATS ET
DISCUSSION

I. Résultats

1. Epidémiologie et statistiques

1.1. Incidence de la leishmaniose cutanée en Algérie

L'évolution de l'incidence de la LCZ en Algérie de 2008 à 2018, montre que les grands pics sont survenus en 2009, 2011 et 2017.

Tableau 2: Nombre des cas de la LCZ et de la population en Algérie (2008-2018).

Année	Nombre des cas en Algérie	Population
2008	8442	34, 730,608
2009	10666	35, 333,881
2010	10173	35, 977,455
2011	11742	36, 661,445
2012	7418	37, 383,895
2013	6428	38, 140,133
2014	5423	38, 923,692
2015	7523	39, 728,025
2016	10678	40, 551,392
2017	13106	41, 389,189
2018	10847	42, 228,408

1.2. Incidence de la leishmaniose cutanée à Sétif

En ce qui concerne la distribution annuelle de la LCZ dans la région de Sétif de 2008 à 2018, nous avons noté une augmentation de 600% (de 30 cas en 2008 à plus de 140 cas en 2018). Les cas les plus élevés enregistrés annuellement ont eu lieu en 2010, 2011 et 2018 avec 123, 116 et 139 cas respectivement.

Le taux d'incidence annuel dans le département de Sétif était de 9,46 cas pour 100 000 habitants en 2010, 8,85 cas en 2011 et 9,34 cas en 2018 (Figure23).

Chapitre IV : Résultats et discussion

Tableau 3: Nombre des cas de la LCZ à Sétif et le nombre des habitants (2008-2018).

Année	Nombre des cas à Sétif	Nombre des habitants
2008	28	1, 388,461
2009	44	1, 350,442
2010	123	1, 300,000
2011	116	1, 311,413
2012	31	1, 360,100
2013	39	1, 371,000
2014	27	1, 352,000
2015	24	1, 352,000
2016	36	1, 411,000
2017	69	1, 489,979
2018	139	1, 488,760

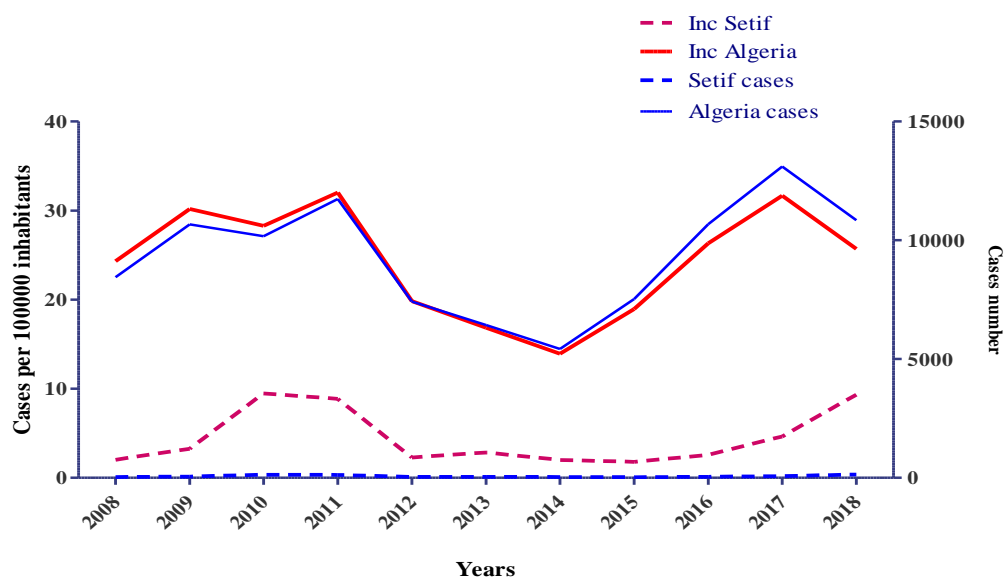


Figure 23: Evolution du nombre de cas et de l'incidence de la LCZ en Algérie et à Sétif de 2008 à 2018.

1.3. Prévalence de la Leishmaniose cutanée dans la région de Sétif

Les données fournies par la Direction de la Santé et de la Population de Sétif (DSP) depuis l'année 2008 jusqu'à l'année 2018, révèlent la fréquence de la Leishmaniose cutanée au niveau de la région d'étude (Tableau 4).

Concernant la distribution annuelle de la LCZ dans la région de Sétif de 2008 à 2018, nous avons noté une augmentation de 600% (de 30 cas en 2008 à plus de 140 cas en 2018). Les cas les plus élevés enregistrés annuellement ont eu lieu en 2010, 2011 et 2018 avec 123, 116 et 139 cas, respectivement (Figure23).

Tableau 4 : Variation des cas de la Leishmaniose cutanée dans la région de Sétif (2008-2018)

Année	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Nombre De cas	28	44	123	116	39	27	24	31	36	69	139

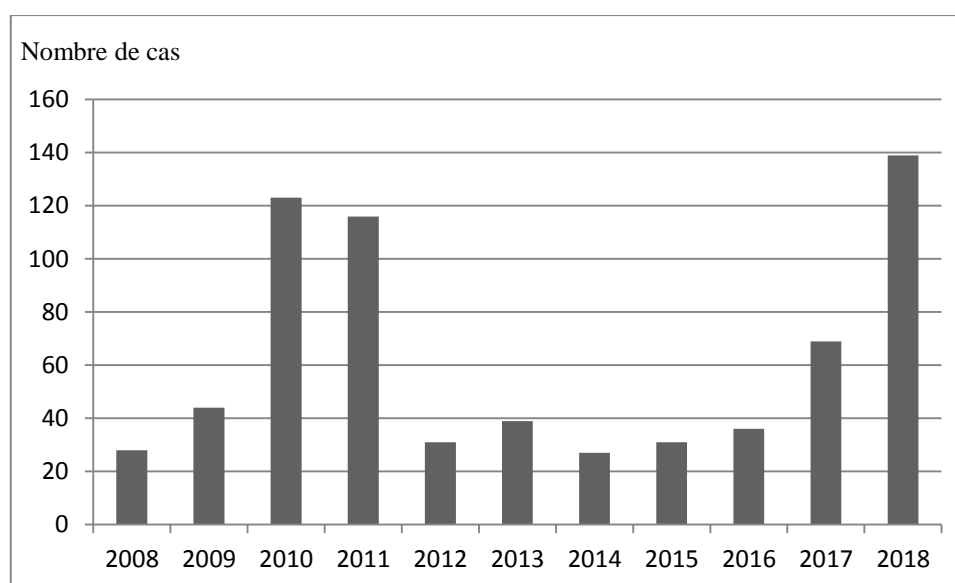


Figure 24: Évolution de la leishmaniose cutanée à Sétif durant la période 2008–2018

Pour ce qui est de la répartition annuelle de la LCZ de l'année 2008 et 2009 ont été caractérisées par un nombre total de 28 cas et 44 cas de LC, ensuite elle révèle des taux élevés en 2010 (123 cas) et 2011(116 cas), puis une chute de 2012 (31 cas) jusqu'à 2016 (36 cas) a été enregistré, pour augmenter à nouveau en 2017 avec 69 cas en atteignant un pic en 2018 avec 139 cas (Figure 24, Figure 25).

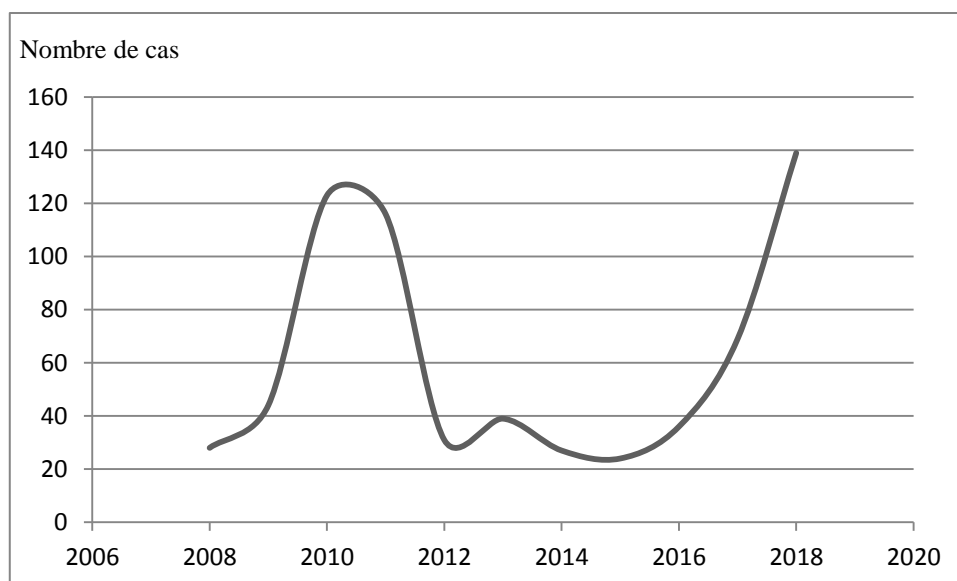


Figure 25: Courbe d'évolution temporelle (annuelle) de la leishmaniose cutanée (2008-2018) dans la wilaya de Sétif

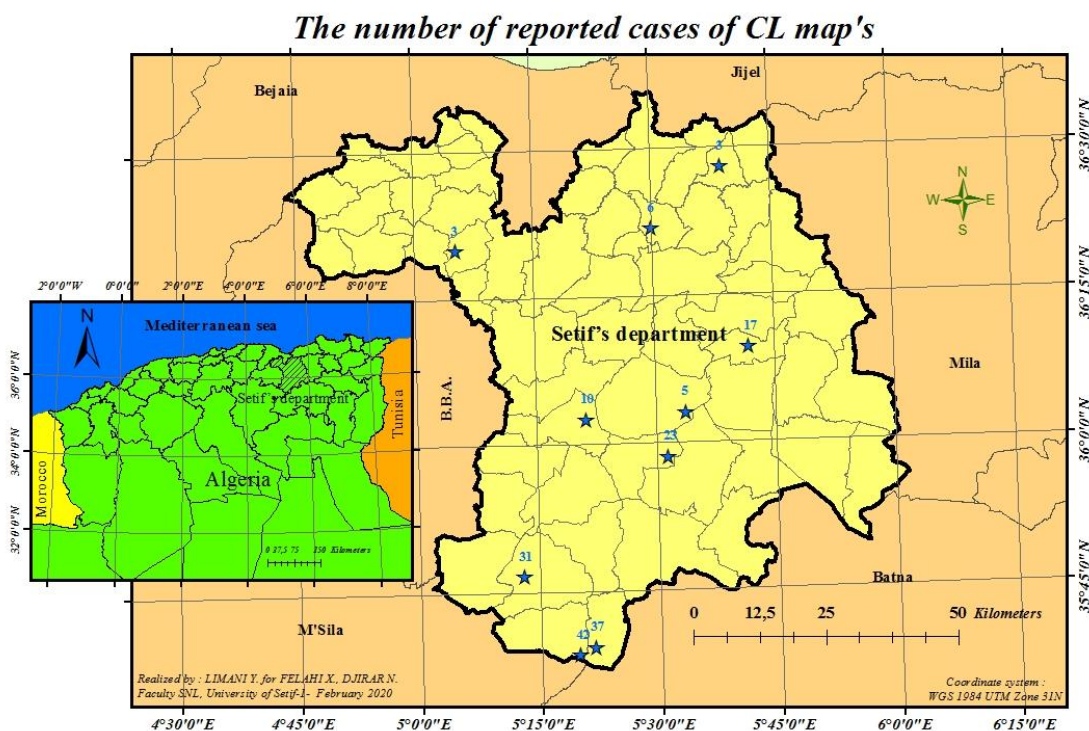


Figure 26: La distribution de la leishmaniose cutanée et le nombre de cas déclarés (zones critiques pour la leishmaniose cutanée zoonotique) à Sétif (Arc GIS 10.6)

Chapitre IV : Résultats et discussion

1.3.1. Prévalence de la Leishmaniose cutanée dans les trois zones de Sétif

Au cours de la dernière décennie (2008-2018), 676 cas de leishmaniose cutanée ont été enregistrés dans la région de Sétif. La zoonose s'est propagée dans la plupart de la région avec une prévalence plus élevée dans la zone sud, où 609 (90,08%) cas ont été enregistrés durant cette période, 55 (8,13%) cas dans la zone centrale et seulement 12 (1,77%) cas dans la zone nord.

Tableau 5: Nombre des cas de la Leishmaniose cutanée au nord, centre et sud de Sétif

	Zone nord de Sétif	Zone centrale de Sétif	Zone sud de Sétif	Total
Nombre de cas	12	55	609	676
Pourcentage (%)	1,77 %	8,13 %	90,08 %	100%

1.4. Répartition de la LCZ par sexe à Sétif

En ce qui concerne le sexe des patients, les hommes sont les plus touchés avec 451 (66,71%), cependant 225 (33,28%) femmes ont été enregistrées.

Tableau 6 : Variation des cas de la Leishmaniose cutanée dans la région de Sétif selon le sexe (2008-2018)

	Nombre de cas	Pourcentage (%)
Mâle (♂)	451	66,71
Femelle (♀)	225	33,28
Total	676	100

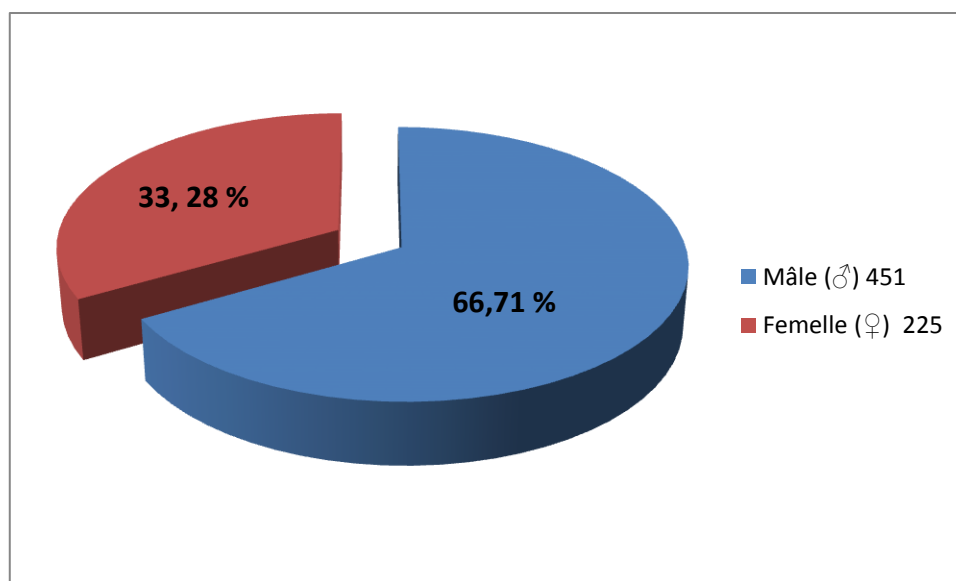


Figure 27: Répartition de la Leishmaniose cutanée dans la région de Sétif (2008-2018), selon le sexe

1.5. Répartition de la LCZ par tranche d'âge à Sétif

En ce qui concerne la répartition par tranche d'âge de la LC, la figure 27 révèle que ce sont surtout les adultes [26-50] ans et les jeunes adultes [16-25] ans qui sont les plus touchés. Elle touche tous les âges, du nourrisson à la personne âgée. Les enfants et les jeunes adultes sont les plus atteints.

Tableau 7 : Répartition de la LCZ par tranche d'âge à Sétif

	< 5 ans	6-15 ans	16-25 ans	26-50 ans	>50 ans	Total
2008	01	01	07	09	10	28
2009	00	04	23	12	05	44
2010	04	14	29	51	25	123
2011	02	08	31	43	32	116
2012	00	04	05	19	11	39
2013	01	03	04	09	10	27
2014	00	04	04	12	07	24
2015	00	01	05	02	06	14
2016	00	02	10	12	12	36
2017	01	07	09	29	23	69
2018	04	19	21	55	40	139

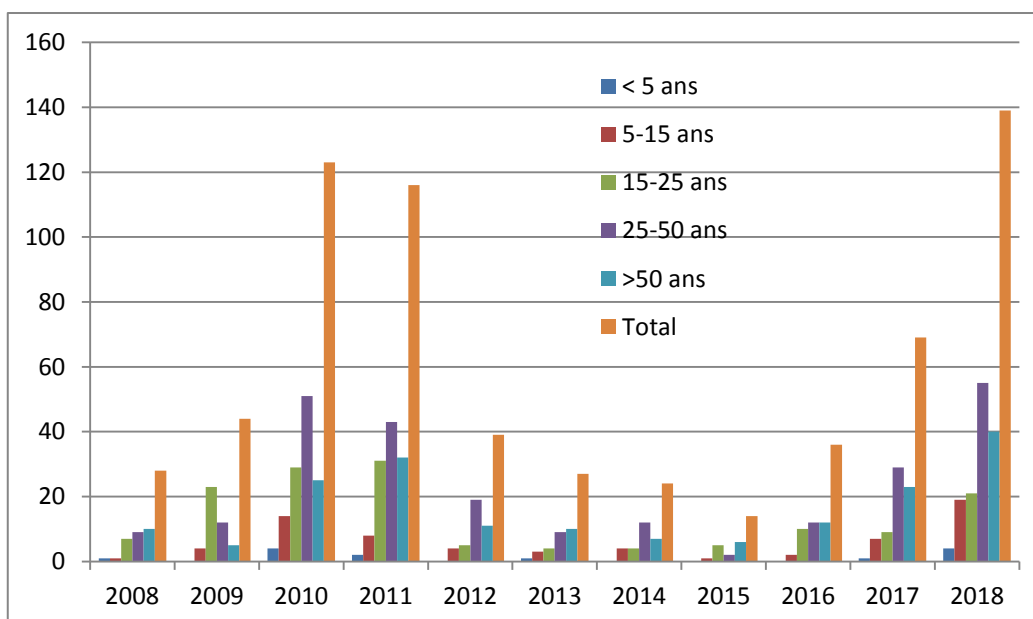


Figure 28: Répartition de LCZ par tranche d'âge à Sétif

La leishmaniose cutanée zoonotique touche tous les âges, des enfants aux personnes âgées. En ce qui concerne la répartition par âge de la LCZ, la Figure 28 montre que les jeunes adultes [16-25] et les adultes [26-50] sont les plus touchés (Figure29).

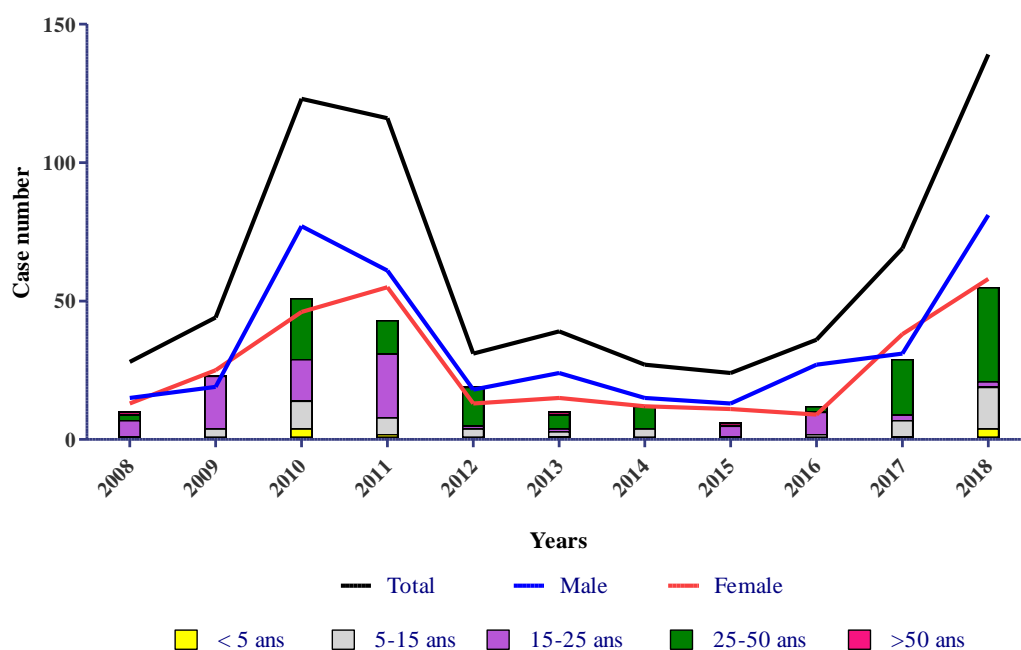


Figure 29 : Nombre de cas de LCZ signalé à Sétif par sexe et par âge, durant la période 2008-2018

2. Relation entre la LCZ et le facteur climatique (Pluviométrie)

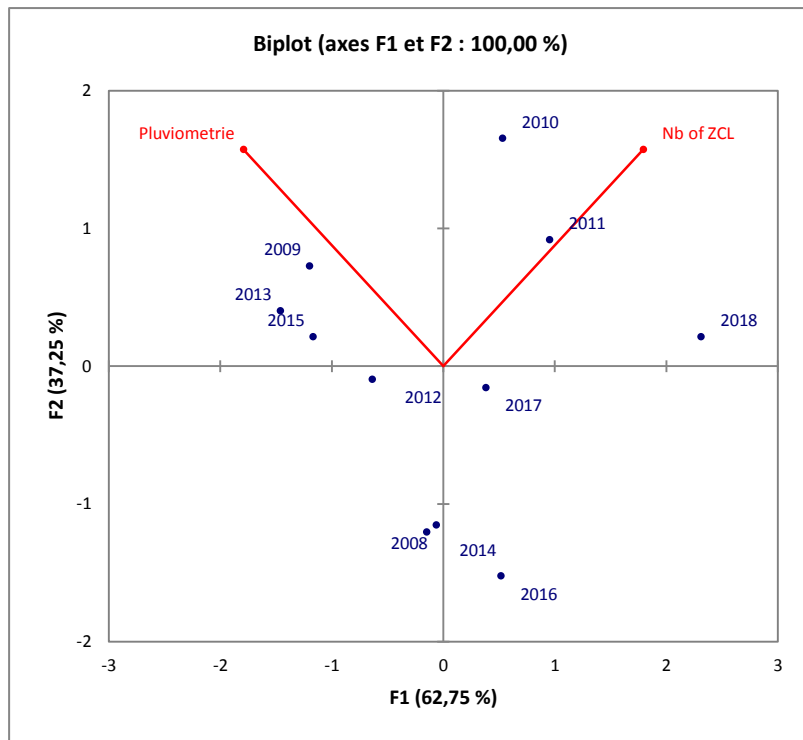


Figure 30: Analyse en composantes principales de la variation du nombre de cas de la LCZ et de la pluviométrie sur dix ans dans la région de Sétif (2008 à 2018). Le nombre de cas de la LCZ et la pluviométrie sont négativement corrélés.

L'analyse en composantes principales appliqués sur les variables pluviométrie annuelles et les cas de la LCZ enregistrés au cours de la période 2008-2018, donne une information sur la relation qui peut exister entre les deux variables. En effet nous remarquons que le facteur 1 et le facteur 2 renferme 100% de l'inertie de la variation (Figure30).

Le test de sphéricité de Bartlett renseigné sur l'absence de corrélation entre les variables (Pvalue=0.45). Nous remarquons aussi que le nombre de cas de la LCZ et la pluviométrie sont corrélés négativement par rapport à l'axe 1, qui renferme 62.75% de l'inertie (Figure 30).

Nos résultats sont assez convaincants et correspondent à ceux d'autres études menées dans la province de M'Sila. Ainsi, la LCZ est une maladie émergente, qui est liée à l'environnement affecté (Mouloua et *al.*, 2017). En effet, le changement climatique contribue de manière

Chapitre IV : Résultats et discussion

importante à l'augmentation et à la propagation de cette maladie vectorielle, (Benelmouffok et *al.*, 2017).

Les résultats ont montré qu'il y avait une relation statistiquement significative (valeur $P \leq 0,05$) entre la prévalence de la LC et les précipitations, l'humidité, la température et le vent. La plus forte probabilité de la prévalence de la LC a été prédite dans le sud de la région de Sétif. Une relation inverse a été trouvée entre la prévalence de la LC et les facteurs environnementaux.

La température et l'humidité sont les facteurs environnementaux les plus importants pour l'incidence de la maladie de Creutzfeldt-Jakob. De plus, il a été observé qu'alors que la température avait des effets directs sur l'incidence de la maladie de Creutzfeldt-Jakob, l'humidité exerçait des effets inverses (Ramezankhani et *al.*, 2017).

L'analyse en composantes principales appliquée sur les variables précipitations annuelles et les cas de LCZ enregistrés durant la période 2008-2018, donne des informations sur la relation qui peut exister entre les deux variables. En effet, on remarque que le facteur 1 et le facteur 2 contiennent 100% de l'inertie de la variation. Le test de sphéricité de Bartlett informe de l'absence de corrélation entre les variables ($Pvalue=0.45$). Nous constatons également que le nombre de cas de la LCZ et la pluviométrie sont négativement corrélés par rapport à l'axe 1, qui contient 62,75% de l'inertie (Figure 4). La pluviométrie est un facteur important dans l'activité du réservoir hôte et du vecteur, mais l'apparition de la LCZ dépend d'autres facteurs. Une association négative a été démontrée entre les précipitations et l'incidence de la LCZ, alors qu'aucune relation significative n'a été trouvée entre les précipitations moyennes annuelles et l'incidence de la LCZ, et ceci est cohérent avec les travaux précédents de Nikonahad et *al.* (2017). L'effet des précipitations a été jugé significatif ($Pvalue=0.45$).

3. LCZ et altitude

L'incidence la plus élevée des cas de LCZ a été observée dans les sites dont l'altitude est inférieure à 800 m (Hamma, Rasfa et Boutaleb). En outre, un petit nombre de cas a été trouvé dans les régions avec une altitude supérieure à 900 m. L'incidence de la LC était beaucoup plus faible dans les provinces du nord (Beni Aziz, Ain Kbira et Bougaa).

Dans la présente étude, nous avons trouvé une association positive entre la pente de la zone et l'incidence des LC.

4. Relation entre LCZ, température, pluviométrie, altitude et les spécimens capturés dans les trois zones de la région de Sétif

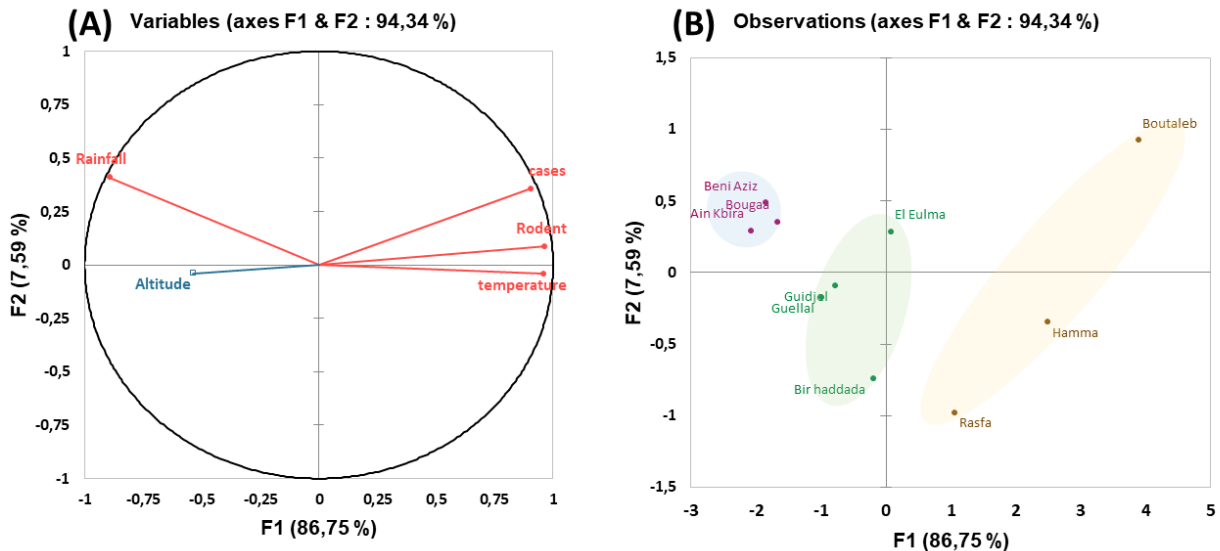


Figure 31: Analyse en composantes principales de la variation du nombre de cas de LCZ, de la température et de la pluviométrie pour les spécimens capturés dans trois zones de la région de Sétif. (A) Variables, (B) Observations et clusters de régions (jaune pour le sud, vert pour le centre et bleu pour le nord).

Pour étudier les facteurs de dispersion des rongeurs dans la région de Sétif, nous avons appliqué l'analyse en composantes principales sur les variables précipitations et températures annuelles, cas de la LCZ, nombre de rongeurs enregistrés durant la période 2017-2018 dans 10 sites de capture de rongeurs à Sétif, afin d'identifier les informations sur la relation qui peut exister entre ces variables (Figure 31). En effet nous constatons que le facteur 1 et le facteur 2 contiennent 94,34 % de l'inertie de la variation. Le test de sphéricité de Bartlett renseigne sur la corrélation entre les variables (valeur $P < 0,0001$). Les matrices de corrélation de Pearson montrent un lien positif entre les rongeurs et les cas de LCZ ($p = 0,861$), les rongeurs et la température ($p = 0,929$), les cas de LCZ et la température ($p = 0,809$) (figure 6B). On note également que le nombre de cas de LCZ et des spécimens de *Meriones* capturés et infectés et la température sont positivement corrélés par rapport à l'axe 1, qui contient 86,75% de l'inertie (figure 6A). Une association positive a été démontrée entre l'incidence de la LCZ dans la zone sud et centrale de la région de Sétif et les *Meriones* capturés et infectés, où une relation significative a été trouvée.

5.2. Détail des espèces relevées

Tableau 8 : Nombre des spécimens de *Meriones shawi* capturés chaque mois (2017,2018)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
2017	00	00	08	12	00	09	12	06	06	01	01	00	55
2018	00	00	04	06	00	08	06	04	02	01	00	00	31

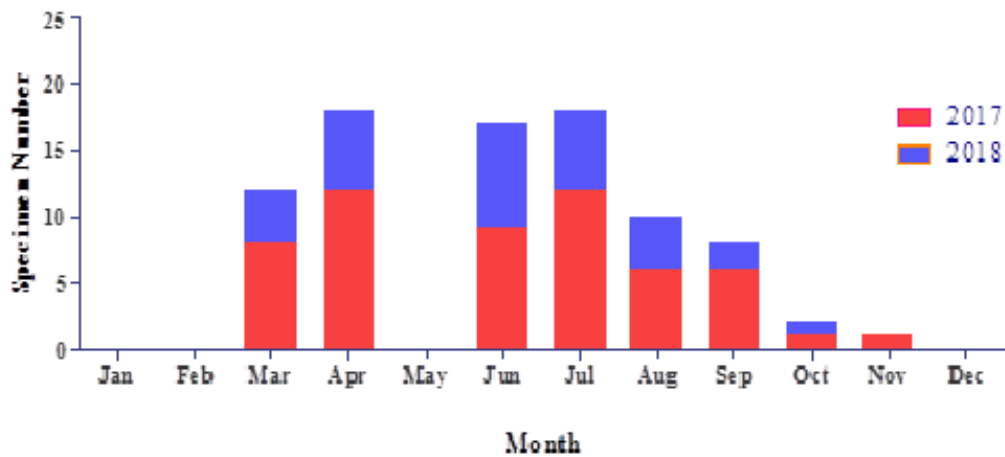
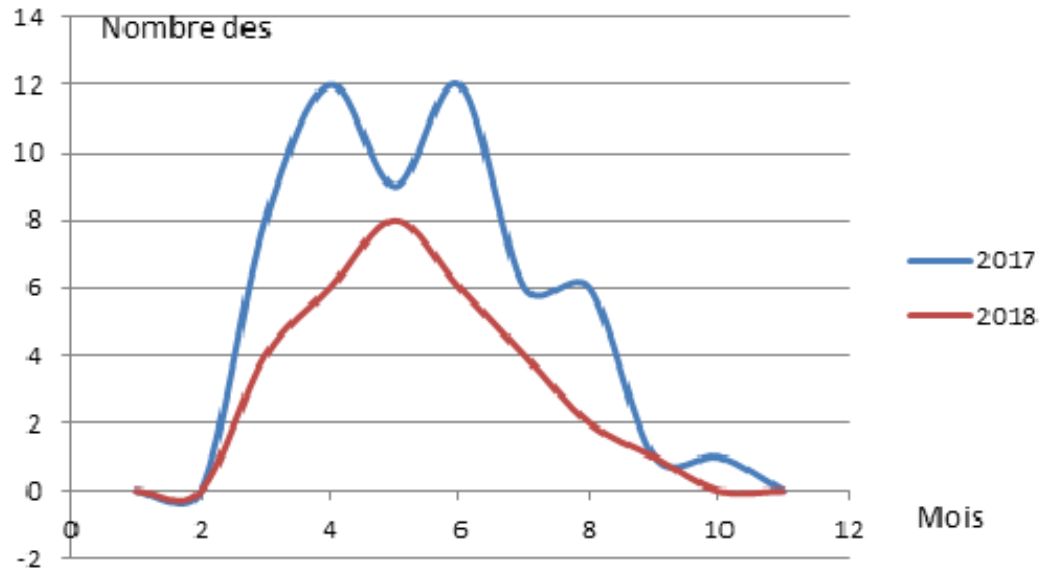


Figure 33 : Nombre des spécimens de *Meriones shawi* spécimens capturés 2017, 2018

Chapitre IV : Résultats et discussion

L'évolution du nombre des spécimens des rongeurs est due au climat et au programmes de lutte. Une campagne de lutte est décrétée tous les ans par l'Institut national de la protection des végétaux (INPV) à partir du mois d'octobre à fin mars, correspondant à la période de disette du rongeur.

Parmi les rongeurs recherchés dans l'ENS de la Vallée du Fossat, deux espèces parmi les plus répandues et les plus abondantes de cet ordre ont été observées, le rat des sable (*Psammomys obesus*) et le rat des champs (*Meriones shawi*).

5.2.1. Caractères morphométriques des rongeurs

Tableau 9: Caractéristiques de l'espèce *Merione shawi*

Pg (Poids en gramme)	/	100-250	100-108
O (Oreille en cm)	Assez larges	1-2	1-1.6
Q (Queue en cm)	(pinceau noire à la fin de la queue moins long que le corps), $Q < T+C$	12.0-18.0	6.1-13.4
T+C (Tête + corps en cm)	/	13.0-20.0	6.9-15.2
T+C+Q (Tout le corps en cm)	/	25.0-38.0	13-18.4
Pp (pattes postérieures en cm)	/	3,2 – 4,2	4.3-7.5
Couleur des ongles	Blanchâtres	/	/
Couleur du pelage	Dos fauve et ventre blanc	/	/
Forme des yeux	Rondes, larges et noires	/	/

Tableau 10: Caractéristiques de l'espèce *Meriones libycus*

Pg (Poids en gramme)	/	125-208	123-130
O (Oreille en cm)	(petites et courtes)	1-1.9	1.1-1.3
Q (Queue en cm)	(touffe noire à la fin de la queue de 1,4 cm), $Q < T+C$	9-15.0	9-9.9
T+C (Tête + corps en)	/	13 .0-18.5	17.8-18.8

Chapitre IV : Résultats et discussion

cm)			
T+C+Q (Tout le corps en cm)	/	22.0-33.5	26.8-28.7
Pp (pattes postérieures en cm)	/	2.9-6	3.1-6.2
Couleur des ongles	Blanchâtres	/	/
Couleur du pelage	Dos fauve et ventre blanc	/	/
Forme des yeux	Rondes, larges et noires	/	/

Tableau 11: Caractéristiques de l'espèce *Psamomys obesus*

Pg (Poids en gramme)	/	125-208	123-130
O (Oreille en cm)	(petites et courtes)	1-1.9	1.1-1.3
Q (Queue en cm)	(touffe noire à la fin de la queue de 1,4 cm), $Q < T+C$	9-15.0	9-9.9
T+C (Tête + corps en cm)	/	13 .0-18.5	17.8-18.8
T+C+Q (Tout le corps en cm)	/	22.0-33.5	26.8-28.7
Pp (pattes postérieures en cm)	/	2.9-6	3.1-6.2
Couleur des ongles	Blanchâtres	/	/
Couleur du pelage	Dos fauve et ventre blanc	/	/
Forme des yeux	Rondes, larges et noires	/	/

Tableau 12: Caractéristiques de l'espèce *Gerbilus gerbilus*

Pg (Poids en gramme)	/	125-208	123-130
O (Oreille en cm)	(petites et courtes)	1-1.9	1.1-1.3

Chapitre IV : Résultats et discussion

Q (Queue en cm)	(touffe noire à la fin de la queue de 1,4 cm), $Q < T+C$	9-15.0	9-9.9
T+C (Tête + corps en cm)	/	13 .0-18.5	17.8-18.8
T+C+Q (Tout le corps en cm)	/	22.0-33.5	26.8-28.7
Pp (pattes postérieures en cm)	/	2.9-6	3.1-6.2
Couleur des ongles	Blanchâtres	/	/
Couleur du pelage	Dos fauve et ventre blanc	/	/
Forme des yeux	Rondes, larges et noires	/	/

Tableau 13: Caractéristiques de l'espèce *Ratus ratus*.

Pg (Poids en gramme)	/	125-208	123-130
O (Oreille en cm)	(petites et courtes)	1-1.9	1.1-1.3
Q (Queue en cm)	(touffe noire à la fin de la queue de 1,4 cm), $Q < T+C$	9-15.0	9-9.9
T+C (Tête + corps en cm)	/	13 .0-18.5	17.8-18.8
T+C+Q (Tout le corps en cm)	/	22.0-33.5	26.8-28.7

Chapitre IV : Résultats et discussion

Pp (pattes postérieures en cm)	/	2.9-6	3.1-6.2
Couleur des ongles	Blanchâtres	/	/
Couleur du pelage	Dos fauve et ventre blanc	/	/
Forme des yeux	Rondes, larges et noires	/	/

Tableau 14: Caractéristiques de l'espèce *Mus musculus*

Pg (Poids en gramme)	/	125-208	123-130
O (Oreille en cm)	(petites et courtes)	1-1.9	1.1-1.3
Q (Queue en cm)	(touffe noire à la fin de la queue de 1,4 cm), $Q < T+C$	9-15.0	9-9.9
T+C (Tête + corps en cm)	/	13.0-18.5	17.8-18.8
T+C+Q (Tout le corps en cm)	/	22.0-33.5	26.8-28.7
Pp (pattes postérieures en cm)	/	2.9-6	3.1-6.2
Couleur des ongles	Blanchâtres	/	/
Couleur du pelage	Dos fauve et ventre blanc	/	/
Forme des yeux	Rondes, larges et noires	/	/

Chapitre IV : Résultats et discussion

Tableau 15: Caractéristiques de l'espèce *Pachyuromys duprasi*

Pg (Poids en gramme)	/	125-208	123-130
O (Oreille en cm)	(petites et courtes)	1-1.9	1.1-1.3
Q (Queue en cm)	(touffe noire à la fin de la queue de 1,4 cm), $Q < T+C$	9-15.0	9-9.9
T+C (Tête + corps en cm)	/	13.0-18.5	17.8-18.8
T+C+Q (Tout le corps en cm)	/	22.0-33.5	26.8-28.7
Pp (pattes postérieures en cm)	/	2.9-6	3.1-6.2
Couleur des ongles	Blanchâtres	/	/
Couleur du pelage	Dos fauve et ventre blanc	/	/
Forme des yeux	Rondes, larges et noires	/	/

Le tableau ci-après, résume l'inventaire des espèces de rongeurs :

Chapitre IV : Résultats et discussion

Tableau 16: Inventaire des rongeurs présents dans la région de Sétif

FAMILLES	Genres	Espèces	Localisation
<i>Gerbilidae</i>	<i>Meriones</i>	<i>shawi</i>	Boutaleb, Hamma, Rasfa, El Eulma, Bougaa, Beni aziz, Ain kbira, Guidjel, Guellal, Bir Haddada
		<i>libycus</i>	
	<i>Psammomys</i>	<i>obesus</i>	Guellal,
	<i>Gerbillus</i>	<i>gerbillus</i>	Boutaleb, Hamma, Rasfa, Guidjel, Guellal
<i>Muridae</i>	<i>Rattus</i>	<i>rattus</i>	Hamma, Rasfa, bougaa, Ain kbira, Beni aziz, El Eulma, Guidjel, Guellal
	<i>Mus</i>	<i>musculus</i>	Hamma, El Eulma, Guidjel, Guellal, ain kbira, Bougaa
	<i>Pachyuromys</i>	<i>duprasi</i>	Bir haddada



Figure 34: *Meriones shawi* (Photos personnelles)



Figure 35: *Psammomys obesus* (Photos personnelles)



Figure 36: *Gerbillus gerbillus* (Photos personnelles)



Figure 37: *Ratus ratus* (Photos personnelles)



Figure 38: *Mus musculus* (Photos personnelles)



Figure 39: *Pachyuromys duprasi* (Photos personnelles)



Figure 40: Femelle de *Meriones shawi* gestante avec cinq embryons (Photo personnelle)

5.3. Etude morphométrique

Les dimensions corporelles effectuées sur les rongeurs pour la description morphologique des spécimens sont consignées dans les tableaux suivants :

Tableau 17: valeurs en cm des mensurations morphologiques des individus appartenant au *Meriones shawi*

N	Espèce	Sexe	Mensurations morphométriques (cm)					Indices morphométriques		
			poids (g)	T+C (cm)	Q (cm)	PP (cm)	PO (cm)	Q/C+T	PP/C+T	PP/PO
1	<i>M. shawi</i>	F	141	16,00	13,00	4,30	1,80	0,8	0,3	2,39
2	<i>M. shawi</i>	F	149,77	15,50	14,00	3,80	1,90	0,9	0,2	2,00
3	<i>M. shawi</i>	F	134,8	14,50	10,00	3,30	1,60	0,7	0,2	2,06
4	<i>M. shawi</i>	M	120	15,50	13,00	3,20	1,70	0,8	0,2	1,88
5	<i>M. shawi</i>	M	110	14,8	14,70	3,60	1,96	1,0	0,2	1,84
6	<i>M. shawi</i>	F	108	14,7	14,68	3,58	1,95	1,0	0,2	1,84
7	<i>M. shawi</i>	M	125	13,6	9,80	3,80	1,45	0,7	0,3	2,62

Chapitre IV : Résultats et discussion

8	<i>M. shawi</i>	M	57	11,2	9,50	2,95	1,52	0,8	0,3	1,94
9	<i>M. shawi</i>	M	55	10,9	9,20	2,89	1,50	0,8	0,3	1,93
10	<i>M. shawi</i>	F	126	13,7	9,90	3,90	1,46	0,7	0,3	2,67
11	M shawi	F	108	14,6	14,67	3,58	1,95	1,0	0,2	1,84
12	<i>M. shawi</i>	F	132	14,2	9,98	3,40	1,47	0,7	0,2	2,31
13	M shawi	M	57	11,3	9,50	2,93	1,52	0,8	0,3	1,93
14	<i>M shawi</i>	M	57	11,2	9,51	2,94	1,52	0,8	0,3	1,93
15	M shawi	F	108	14,6	14,67	3,57	1,94	1,0	0,2	1,84
16	<i>M shawi</i>	M	135,5	14,4	10,00	3,40	1,50	0,7	0,2	2,27
17	<i>M shawi</i>	M	75	11,03	10,10	3,30	1,82	0,9	0,3	1,81
18	<i>M shawi</i>	M	100	14,6	14,20	3,40	1,93	1,0	0,2	1,76
19	<i>M shawi</i>	F	58	11,8	9,60	2,98	1,58	0,8	0,3	1,89
20	<i>M shawi</i>	F	85	13,2	12,60	3,20	1,60	1,0	0,2	2,00
21	<i>M shawi</i>	M	97	14,2	12,40	3,40	1,75	0,9	0,2	1,94
22	<i>M shawi</i>	M	85	13,1	12,70	3,57	1,89	1,0	0,3	1,89
23	<i>M shawi</i>	F	127	14,4	13,90	3,36	1,75	1,0	0,2	1,92
24	<i>M shawi</i>	M	86	12,4	13,20	3,21	1,79	1,1	0,3	1,79
25	<i>M shawi</i>	M	137	14,8	12,60	3,35	1,94	0,9	0,2	1,73
26	<i>M shawi</i>	M	96	9,6	13,00	3,60	1,90	1,4	0,4	1,89
27	<i>M shawi</i>	F	113	14,2	13,30	3,61	1,69	0,9	0,3	2,14
28	<i>M shawi</i>	F	102	15	12,61	3,39	1,60	0,8	0,2	2,12
29	<i>M shawi</i>	F	99	14,6	12,50	3,51	1,71	0,9	0,2	2,05
30	<i>M shawi</i>	M	122	15,9	13,50	3,61	1,82	0,8	0,2	1,98
31	<i>M shawi</i>		101	15,5	12,80	3,50	1,64	0,8	0,2	2,13
32	M shawi	M	96	9,6	12,90	3,60	1,90	1,3	0,4	1,89
33	<i>M shawi</i>	F	101	15	0,00	0,00	1,90	0,0	0,0	0,00
34	<i>M shawi</i>	M	140	17	12,70	3,60	1,90	0,7	0,2	1,89
35	<i>M shawi</i>	M	135	16	12,50	3,50	1,90	0,8	0,2	1,84
36	<i>M shawi</i>	F	101	15	12,80	3,10	1,80	0,9	0,2	1,72
37	<i>M shawi</i>	F	118	16	14,10	3,50	1,80	0,9	0,2	1,94
38	<i>M shawi</i>	M	157	16,7	13,00	3,60	2,00	0,8	0,2	1,80
39	<i>M shawi</i>	F	113	14,4	13,50	3,60	1,70	0,9	0,3	2,12
40	<i>M shawi</i>	F	99	14,5	12,50	3,50	1,70	0,9	0,2	2,06

Chapitre IV : Résultats et discussion

41	<i>M shawi</i>	F	101	15	12,60	3,40	1,60	0,8	0,2	2,13
42	<i>M shawi</i>	M	120	16	13,30	3,60	1,80	0,8	0,2	2,00
43	<i>M shawi</i>	F	99	15	13,00	3,80	1,80	0,9	0,3	2,11
44	<i>M shawi</i>	F	120	9,6	13,80	3,60	1,70	1,4	0,4	2,12
45	<i>M shawi</i>	M	135,5	14,4	10,00	3,40	1,50	0,7	0,2	2,27
46	<i>M shawi</i>	M	75	11,03	10,10	3,30	1,82	0,9	0,3	1,81
47	<i>M shawi</i>	M	100	14,6	14,20	3,40	1,93	1,0	0,2	1,76
48	<i>M shawi</i>	F	58	11,8	9,60	2,98	1,58	0,8	0,3	1,89
49	<i>M shawi</i>	F	85	13,2	12,60	3,20	1,60	1,0	0,2	2,00
50	<i>M shawi</i>	M	97	14,2	12,40	3,40	1,75	0,9	0,2	1,94
51	<i>M shawi</i>	M	85	13,1	12,70	3,57	1,89	1,0	0,3	1,89
52	<i>M shawi</i>	F	127	14,4	13,90	3,36	1,75	1,0	0,2	1,92
53	<i>M shawi</i>	M	86	12,4	13,20	3,21	1,79	1,1	0,3	1,79
54	<i>M shawi</i>	M	137	14,8	12,60	3,35	1,94	0,9	0,2	1,73
55	<i>M shawi</i>	M	96	9,6	13,00	3,60	1,90	1,4	0,4	1,89
56	<i>M shawi</i>	F	113	14,2	13,30	3,61	1,69	0,9	0,3	2,14
57	<i>M shawi</i>	F	102	15	12,61	3,39	1,60	0,8	0,2	2,12
58	<i>M shawi</i>	F	99	14,6	12,50	3,51	1,71	0,9	0,2	2,05
59	<i>M shawi</i>	M	122	15,9	13,50	3,61	1,82	0,8	0,2	1,98
60	<i>M shawi</i>	M	101	15,5	12,80	3,50	1,64	0,8	0,2	2,13
61	<i>M. shawi</i>	F	141	16,00	13,00	4,30	1,80	0,8	0,3	2,39
62	<i>M. shawi</i>	F	149,77	15,50	14,00	3,80	1,90	0,9	0,2	2,00
63	<i>M. shawi</i>	F	134,8	14,50	10,00	3,30	1,60	0,7	0,2	2,06
64	<i>M. shawi</i>	M	120	15,50	13,00	3,20	1,70	0,8	0,2	1,88
65	<i>M. shawi</i>	M	110	14,8	14,70	3,60	1,96	1,0	0,2	1,84
66	<i>M. shawi</i>	F	108	14,7	14,68	3,58	1,95	1,0	0,2	1,84
67	<i>M. shawi</i>	M	125	13,6	9,80	3,80	1,45	0,7	0,3	2,62
68	<i>M. shawi</i>	M	57	11,2	9,50	2,95	1,52	0,8	0,3	1,94
69	<i>M. shawi</i>	M	55	10,9	9,20	2,89	1,50	0,8	0,3	1,93
70	<i>M. shawi</i>	F	126	13,7	9,91	3,90	1,46	0,7	0,3	2,67
71	<i>M shawi</i>	F	85	13,2	12,61	3,20	1,60	1,0	0,2	2,00
72	<i>M shawi</i>	M	97	14,2	12,40	3,40	1,75	0,9	0,2	1,94
73	<i>M shawi</i>	M	85	13,2	12,70	3,57	1,89	1,0	0,3	1,89

Chapitre IV : Résultats et discussion

74	<i>M shawi</i>	F	127	14,4	13,90	3,36	1,75	1,0	0,2	1,92
75	<i>M shawi</i>	M	86	12,4	13,20	3,21	1,79	1,1	0,3	1,79
76	<i>M shawi</i>	M	136	14,8	12,60	3,35	1,94	0,9	0,2	1,73
77	<i>M shawi</i>	M	96	9,6	13,00	3,60	1,90	1,4	0,4	1,89
78	<i>M shawi</i>	F	113	14,1	13,30	3,61	1,69	0,9	0,3	2,14
79	<i>M shawi</i>	F	102	15	12,61	3,39	1,60	0,8	0,2	2,12
80	<i>M shawi</i>	F	99	14,6	12,50	3,51	1,72	0,9	0,2	2,04
81	<i>M shawi</i>	M	122	15,9	13,50	3,62	1,82	0,8	0,2	1,99
82	<i>M shawi</i>	M	101	15,5	12,81	3,50	1,64	0,8	0,2	2,13
83	<i>M. shawi</i>	F	141	16,00	13,00	4,30	1,81	0,8	0,3	2,38
84	<i>M shawi</i>	F	85	13,2	12,61	3,20	1,60	1,0	0,2	2,00
85	<i>M shawi</i>	M	97	14,2	12,40	3,41	1,75	0,9	0,2	1,95
86	<i>M shawi</i>	F	99	14,6	12,50	3,51	1,72	0,9	0,2	2,04
	Moyenne		106,17	13,93	12,26	3,42	1,74	0,9	0,2	2,0
	Max		157,00	17,00	14,70	4,30	2,00	1,4	0,4	2,7
	min		55,00	9,60	0,00	0,00	1,45	0,0	0,0	0,0
	Ecure- Type		19,65	1,40	1,41	0,25	0,13	0,1	0,0	0,2

Tableau 18: valeurs en cm des mensurations morphologiques des individus appartenant au *Ratus ratus*

		Mensurations morphométriques (cm)					Indices morphométriques			
	Espèce	Sexe	poids (g)	T+C (cm)	Q (cm)	PP (cm)	PO (cm)	Q/C+T	PP/C+T	PP/PO
1	<i>R ratus</i>	M	122	13,3	9,79	3,78	1,42	0,7	0,3	2,7
2	<i>R ratus</i>	F	390	24,2	19,90	4,40	2,00	0,8	0,2	2,2
3	<i>R ratus</i>	M	123	13,2	9,79	3,78	1,43	0,7	0,3	2,6
4	<i>R ratus</i>	M	421	25,6	21,10	4,50	2,11	0,8	0,2	2,1
5	<i>R ratus</i>	F	390	24,2	19,90	4,40	2,00	0,8	0,2	2,2
6	<i>R ratus</i>	M	123	13,2	9,79	3,79	1,43	0,7	0,3	2,7
7	<i>R ratus</i>	M	421	25,8	21,10	4,50	2,11	0,8	0,2	2,1

Chapitre IV : Résultats et discussion

8	R ratus	M	387	23	19,89	4,39	2,00	0,9	0,2	2,2
9	<i>R ratus</i>	M	122	13,3	9,77	3,77	1,43	0,7	0,3	2,6
10	<i>Rratus</i>	F	392	24,8	20,10	4,60	1,96	0,8	0,2	2,3
11	<i>R ratus</i>	F	391	24,6	20,00	4,56	1,94	0,8	0,2	2,4
12	<i>R ratus</i>	M	419	25,5	21,00	4,50	2,20	0,8	0,2	2,0
	Moyenne		308,4	20,9	16,8	4,2	1,8	0,8	0,2	2,3
	Max		421	25,8	21,1	4,6	2,2	0,9	0,3	2,7
	min		421	25,8	21,1	4,6	2,2	0,9	0,3	2,7
	Ecure- Type		123,94	5,09	4,71	0,31	0,3	0,0	0,0	0,2

Tableau 19: valeurs en cm des mensurations morphologiques des individus appartenant au *Mus musculus*

		Mensurations morphométriques (cm)					Indices morphométriques			
	Espèce	Sexe	poids (g)	T+C (cm)	Q (cm)	PP (cm)	PO (cm)	Q/C+T	PP/C+T	PP/PO
1	<i>M musculus</i>	F	19	8	7,80	1,78	1,38	1,0	0,2	1,3
2	<i>M musculus</i>	F	19	8	7,81	1,79	1,39	1,0	0,2	1,3
3	<i>M musculus</i>	F	19	8,1	7,91	1,81	1,39	1,0	0,2	1,3
4	<i>M musculus</i>	F	19	8,2	7,80	1,79	1,40	1,0	0,2	1,3
5	<i>M musculus</i>	M	19	8,2	7,90	1,81	1,41	1,0	0,2	1,3
	Moyenne		19	8,1	7,8	1,8	1,4	1,0	0,2	1,3
	Max		19	8,2	7,9	1,8	1,4	1,0	0,2	1,3
	min		19	8,0	7,8	1,8	1,4	1,0	0,2	1,3
	Ecure- Type		0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Chapitre IV : Résultats et discussion

Tableau 20: valeurs en cm des mensurations morphologiques des individus appartenant au *Psammomys obesus*

		Mensurations morphométriques (cm)					Indices morphométriques		
	Espèce	poids (g)	T+C (cm)	Q (cm)	PP (cm)	PO (cm)	Q/C+T	PP/C+T	PP/PO
1	<i>P obesus</i>	12,8	14,5	11,60	2,90	1,90	0,8	0,2	1,5
2	<i>P obesus</i>	12,8	13,5	9,50	2,90	1,10	0,7	0,2	2,6
3	<i>P obesus</i>	12,85	13,4	9,52	2,91	1,12	0,7	0,2	2,6
	Moyenne	12,8	13,8	10,2	2,9	1,4	0,7	0,2	2,3
	Max	12,9	14,5	11,6	2,9	1,9	0,8	0,2	2,6
	min	12,8	13,4	9,5	2,9	1,1	0,7	0,2	1,5
	Ecure- Type	0,0	0,5	0,9	0,0	0,4	0,0	0,0	0,5

Tableau 21: valeurs en cm des mensurations morphologiques des individus appartenant au *Gerbilus gerbilus*

		Mensurations morphométriques (cm)					Indices morphométriques		
	Espèce	poids (g)	T+C (cm)	Q (cm)	PP (cm)	PO (cm)	Q/C+T	PP/C+T	PP/PO
1	<i>G gerbilus</i>	27,3	9,81	13,30	2,70	1,30	1,4	0,3	2,1
2	<i>G gerbilus</i>	19,1	8,6	11,30	2,40	1,20	1,3	0,3	2,0
3	<i>G gerbilus</i>	27,3	9,74	13,31	2,71	1,31	1,4	0,3	2,1
4	<i>G gerbilus</i>	19,2	8,7	11,31	2,42	1,21	1,3	0,3	2,0
	Moyenne	23,2	9,2	12,3	2,6	1,3	1,3	0,3	2,0
	Max	27,3	9,8	13,3	2,7	1,3	1,4	0,3	2,1
	min	19,1	8,6	11,3	2,4	1,2	1,3	0,3	2,0
	Ecure- Type	4,1	0,6	1,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0

Chapitre IV : Résultats et discussion

Tableau 22: valeurs en cm des mensurations morphologiques des individus appartenant au *Pachyuromys duprasi*

	Espèce	Sexe	Mensurations morphométriques (cm)					Indices morphométriques		
			poids (g)	T+C (cm)	Q (cm)	PP (cm)	PO (cm)	Q/C+T	PP/C+T	PP/PO
1	<i>P duprasi</i>	F	128	14	11	3,1	1,6	0,8	0,2	1,9
2	<i>P duprasi</i>	F	131	14,2	11,4	3,2	1,6	0,8	0,2	2,0
	Moyenne		129,5	14,1	11,2	3,15	1,6	0,8	0,2	2,0
	Max		131	14,2	11,4	3,2	1,6	0,8	0,2	2,0
	min		128	14	11	3,1	1,6	0,8	0,2	1,9
	Ecare-Type		1,5	0,1	0,2	0,05	0	0,0	0,0	0,0

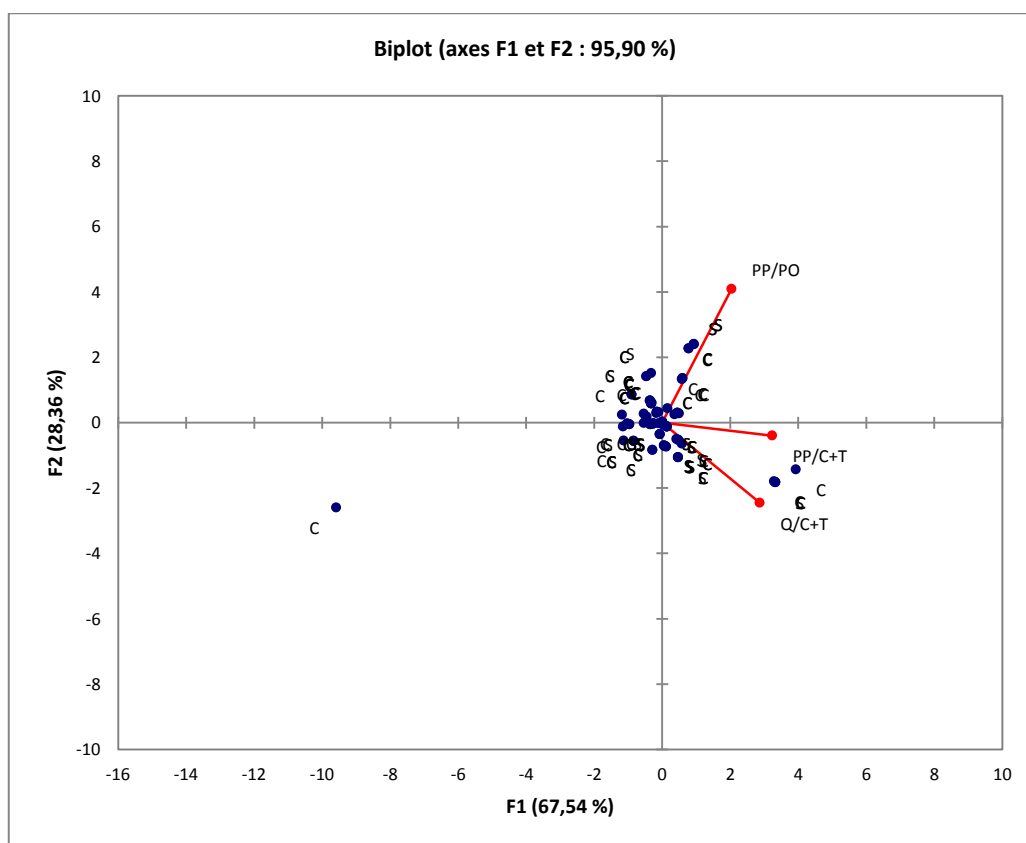


Figure 41: Analyse en composantes principales des indices morphométriques chez *Meriones shawi*

On remarque une forte corrélation entre les variables surtout les deux variables présentant les indices morphologiques Q/C+T et PP/C+T. Alors que PP/PO représente une faible corrélation.

D'après l'ACP, les individus provenant des trois zones d'étude sont regroupés au tour des axes représentant les variables étudiées (indices morphométriques) ; ceux-ci révèlent que les populations des Méridiennes se ressemblent morphologiquement. Néanmoins, des morphotypes peuvent exister au sein des populations (Figure 42, Figure 43).

6. Biologie et écologie des Gerbilles

6.1. Habitats favorables

Les territoires des rongeurs capturés (Figure 42) se superposent souvent :

M. shawi colonise préférentiellement les talus en bordure des champs de céréales et les buttes à jujubier, très fréquentes dans les dépressions, il a été capturé aussi bien en zone de montagne; il a été également capturé en pleine campagne qu'en périphérie et poches urbaines.

Cette espèce affectionne les milieux cultivés et ne s'aventure guère dans les régions arides et semi-arides. Son aire de répartition couvre presque tous les milieux de la région de Sétif du sud au nord, mais elle semble rare dans la zone nord. De fait elle peut vivre à des différentes altitudes.

Quant à *P. obesus*, ce rongeur a été capturé au niveau de sebkha (Guellal).

Ratus ratus et *Mus musculus* ont été également capturés aussi bien en proximité des habitations et aux prairies.

Gerbillus gerbillus, a été trouvé au niveau des montagnes où y a des rochers qu'en milieu urbain
Duprasi sp., a été capturé dans des fermes et prairies où subsistent des arbres et des arbustes.



Figure 42: Terriers actifs des rongeurs (Photos personnelles)



Figure 43: Terriers non actifs des rongeurs (Photos personnelles)

6.2. Nourriture

Au printemps et en été, ils consomment les graminées (céréales). Au printemps, seulement les tiges et les feuilles de graminées sont consommées car le grain n'est pas encore bien rempli. En été, le blé dur et l'orge sont fortement consommés avec tous leurs différents organes mais cependant les grains prennent une place considérable dans le régime alimentaire à cette période. En automne, ils consomment des espèces sauvages à cause de l'absence des graminées, alors qu'en hiver ils consomment les légumineuses. Néanmoins, ce rongeur consomme également toutes sortes de « mauvaises herbes » tout au long de l'année *M. shawii* est surtout phyllophage et granivore. Enfin, on peut dire que Le régime alimentaire de la mérione est très varié ; elle consomme des fruits et légumes au printemps, des céréales en automne et lorsque la source de nourriture est tarie en hiver elle peut consommer des insectes.

6.3. La cohabitation

Nous l'avons vus, les Mériones vient le plus souvent en groupes, aussi envisageable, mais ces couples monogames sont assez prolifiques. Enfin il semble admis que la cohabitation entres femelles soit plus facile qu'entre males.



Figure 44: *Mériones shawi* avec des pattes coupées (Photo personnelle)

6.4. Influence des conditions de vie (isolement et surpopulation) sur le comportement des mériones

Après l'isolement des individus des Mériones chaque fois dans des cages soit par quatre ou plus, on a remarqué une modification du comportement avec une augmentation de l'agressivité après une période et perturbation du comportement social par pousser des cris avec des combats.

Lorsque deux individus isolés sont mis en présence, ils interagissent plus entre eux qu'avec les objets. Cependant l'activité est la même dans les deux paires. Quand un animal isolé est mis en présence d'un animal non isolé, le premier s'approche du second alors que celui-ci s'intéresse plus à l'objet qu'à son partenaire. L'animal isolé va plus spontanément vers le stimulus animé. De cette attirance découle le fait que certains lots sont plus agressifs que d'autres : le lot isolé et non isolé ont des centres d'intérêts différents et donc moins d'interactions. Il n'y a pas de corrélation entre le fait de se battre, le combat n'étant pas le point culminant de toutes les rencontres.

Les femelles non isolées ont devenues plus agressives par rapport aux femelles isolées. Aussi il a été remarqué quelques-unes qui ont mangé ses petits (Figure 45) (canibalisme).



Figure 45: Petits de *Meriones shawi* (Photos personnelles)

6.5. Reproduction

Le cycle de reproduction de *Meriones shawi* a été établi en étudiant l'état physiologique des femelles. Dès la première session de piégeage (Janvier 2017), nous avons noté la présence de femelles gravides dans une population totalement adulte. L'activité reproductrice se prolongea jusqu'au septembre, avec la présence de femelles allaitantes.

Chapitre IV : Résultats et discussion

Cette activité reproductrice est variable au cours du cycle et on atteint rapidement un taux de 100 % de femelles adultes gravides, taux généralement enregistré au début de la saison de reproduction. La longue durée de la phase reproductrice (7 mois) permet aux jeunes femelles d'entrer en activité sexuelle avant que leurs mères aient cessé de se reproduire.

7. Etude de l'impact de l'environnement sur la population des rongeurs

7.1. Climat saisonnière

7.1.1. Température

Les Mériones peuvent tolérer de très larges variations de température sans hibernation ni estivation. Les températures idéales sont de 20°C à 26°C à condition que l'humidité soit basse.

7.1.2. Hygrométrie

Dans les conditions naturelles, les milieux de vie des Mériones sont particulièrement secs. Le taux d'humidité devra donc être plus bas.

La Mérione de Shaw est une espèce qui fréquente des biotopes relativement humide et sec.

Cette espèce vit dans des terriers profonds et compliqués où elles se protègent de la même façon des pertes d'eau puisque l'humidité relative y est toujours voisine de 100%, et des variations de la température puisqu'elles se trouvent à une profondeur où l'amplitude thermique est faible et où la moyenne de température est proche de 20° à 25° (Petter, 1961).

M. shawi dispose d'une grande quantité de graines dans la plupart des milieux qu'elle habite, les deux autres espèces doivent partager avec les fourmis et les oiseaux granivores les faibles ressources que le vent du désert a dispersées à la surface du sol. C'est donc finalement la densité respective des ressources dans les divers milieux qui paraît être responsable de la répartition des espèces. En effet, dans un milieu relativement riche en ressources alimentaires, l'occupation du sol par les rongeurs n'est réellement limitée que par la prédation ; la densité de leurs peuplements peut être élevée et, dans le cas de M. shawi, elle peut atteindre 10 à 20 individus à l'hectare. Au Sahara, c'est la faible quantité de graines au sol qui a certainement été le facteur déterminant.

7.2. Végétaion

La végétation est contrastée et diversifiée par les altitudes.

Beni Aziz : Le couvert végétal est représenté par : le chêne liège, le chêne vert, le chêne zéine et le pin d'Alep.

Ain Kebira : entourée d'*Aphthona euphorbiae*, *Longitarsus lateripunctatus* et *Phyllotreta atra Fabricius*.

Bougaa : entourée d' *Phyllotreta corrugata* et du thym sauvage.

Chapitre IV : Résultats et discussion

Guidjel : entourée de culture maraichère et de champs de blé.

Guellal : entourée de champs de limon.

Bir Haddada : entourée de champs de blé, de cultures de seigle et un petit potage de tomate.

El Eulma : entourée d'arbres fruitiers et couvertes d'oliveraies.

Hamma : entourée d'arbres conifères en particulier *Juniperus foetidissima*, d'arbres fruitiers *Punica granatum* (grenadier), *Ficus carica* (figuier), et de plantes sauvages telle que *Matricaria chamomilla* et *Scolymus hispanicus*.

Rasfa:

Boutaleb: entourée essentiellement de figuiers (*Ficus carica*) et armoise, en plus des plantes sauvages: *Artemisia herba alba*, *Matricaria chamomilla*, *Scolymus hispanicus*, *Centaurea calcitrapa* et *Aegilops triuncialis*.

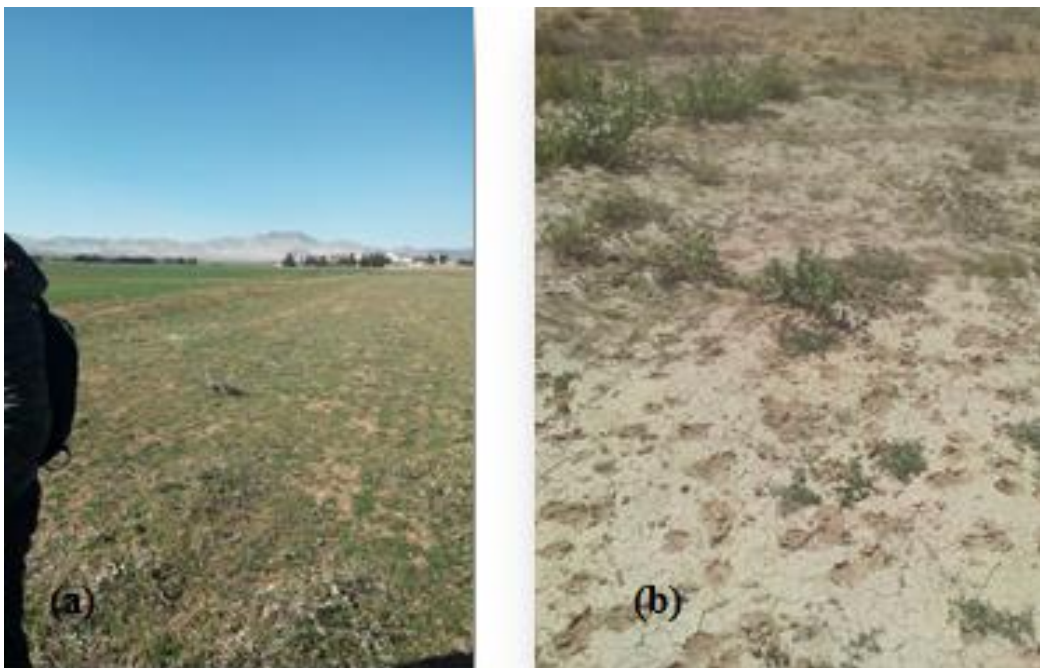


Figure 46: (a) Guidjel, Mai 2017 (terre avant inondation), (b) Guidjel, Mai 2018 (terre après inondation) (Photos personnelles)

8. Frottis sur les lésions

Les lésions de la LC ont été trouvées principalement sur les oreilles et les nez des rongeurs.

Des frottis ont été prélevés sur 32 spécimens qui présentaient des lésions. Vingt huit (28) spécimens présentaient principalement des lésions de Leishmaniose cutanée au niveau des oreilles et du nez. Bien que les amastigotes de *Leishmania* aient été trouvés après observation microscopique dans 87,5 % des frottis.

Ces résultats sont également cohérents avec les résultats d'autres études menées en Algérie, où, le premier *Meriones shawi* a été trouvé naturellement infesté par *L. major* dans l'épidémie de M'sila et le second, *Meriones shawi*, dans l'épidémie de Ksar chellala (Belazzoug, 1982 ; Belazzoug, 1986).

9. PCR

Bien que tous les animaux collectés aient été examinés par examen direct et PCR pour le parasite, seuls les *Meriones shawi* ont été trouvés infectés par *L. major*. Ainsi, les résultats ont montré une prévalence remarquable de *Leishmania* chez *Meriones*, et le plus grand nombre de cas d'infection (32/86) a été trouvé (Tableau 3).

Les résultats positifs élevés ont été rapportés chez 10 femelles et 22 mâles (soit une prévalence globale de 37%) (Tableau 4). De même, le traitement des spécimens capturés en deux ans (Figure 5) a confirmé que les zones situées au centre (43,75%) et au sud (53,12%) de la région de Sétif avaient le plus fort potentiel pour abriter cette espèce que la zone nord (3,12%). Tous les individus infestés provenaient des sites de Beni Aziz (1/32), Guellal (2/32), Eulma (9/32), Bir Haddada (3/32), Hama (5/32), Rasfa (4/32) et Boutaleb (8/32) ; cependant des spécimens non infestés ont été trouvés à Aïn Kbir, Bougaa et Guedjel (Tableau 23).

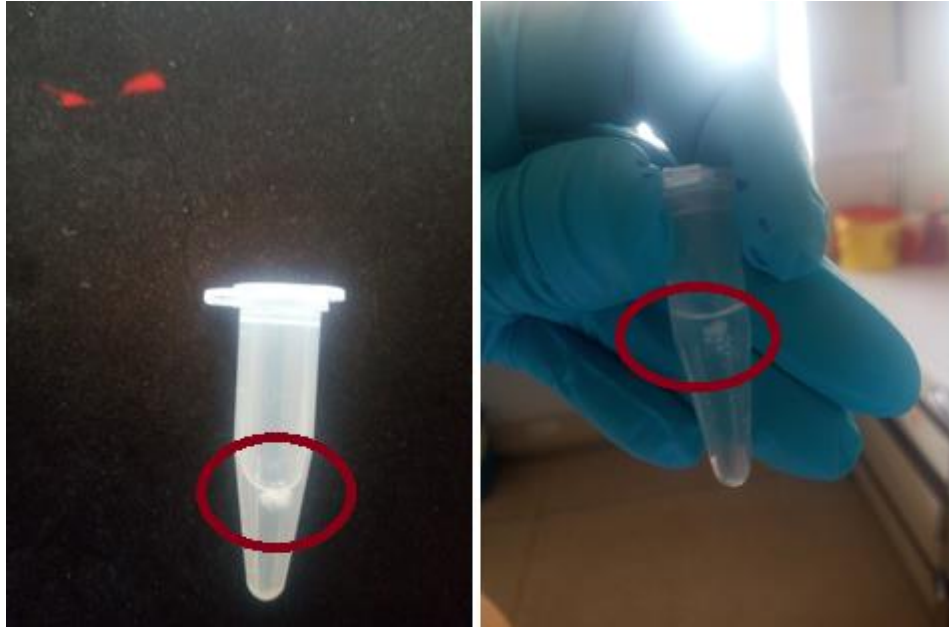


Figure 47: ADN parasite obtenue après amplification (Photos personnelles)

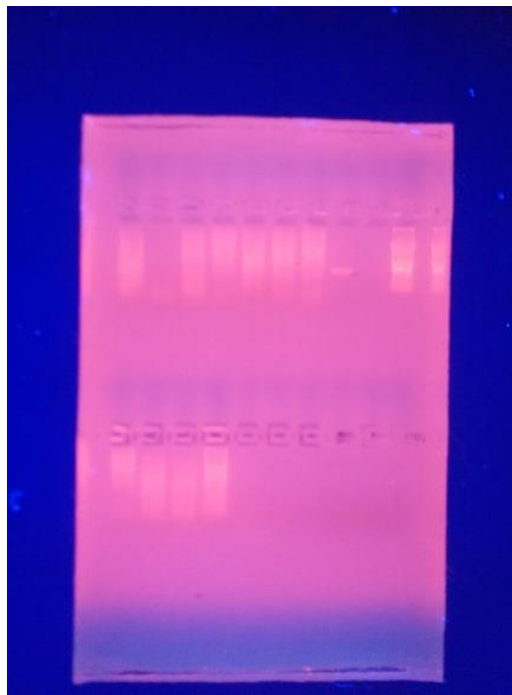


Figure 48: Profil obtenu avec la paire d'amorce R221-R332, qui cible une séquence de 603pb de l'ADN ribosomal du parasite *Leishmania*. (Sur échantillons foie de rongeurs) (Photos personnelles)

10. Relation entre les cas de LCZ et les mériones capturés et infectés

Tableau 23: Nombre des *Mériones* capturés et infectés dans les trois zones de Sétif

	Rongeurs capturés	Rongeurs infectés	Nombre des cas de LCZ
Nord	05	01	26
Centre	31	14	79
Sud	50	17	103
Total	86	32	208

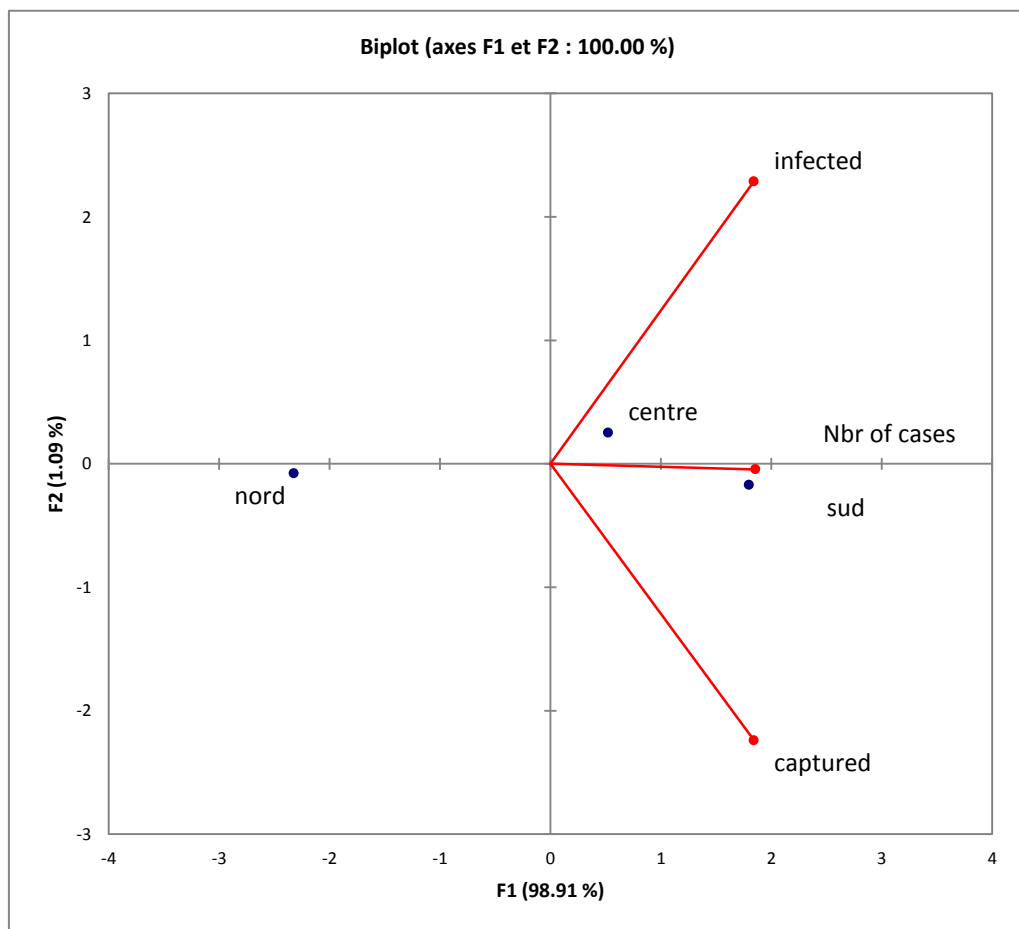


Figure 49: Analyse en composantes principales de la variation du nombre de cas de LCZ et les Mériones capturés et infectés (2008 à 2018).

Chapitre IV : Résultats et discussion

L'analyse en composantes principales appliqués sur les variables : nombre de *Meriones* capturés et infectés et les cas de la LCZ enregistrés dans la zone nord, centrale et sud de la région de Sétif au cours de la période 2017 et 2018 (Figure49), donne une information sur la relation qui peut exister entre les deux variables. En effet nous remarquons que le facteur 1 et le facteur 2 renferme 100% de l'inertie de la variation.

Le test de sphéricité de Bartlett renseigné sur l'absence de corrélation entre les variables (Pvalue= 0.45). Nous remarquons aussi que le nombre de cas de la LCZ et la pluviométrie sont corrélés négativement par rapport à l'axe 1, qui renferme 62.75% de l'énergie (Figure).

Tableau 24: Nombre des *Meriones shawi* capturés et des spécimens infectés par *leishmania* pendant la période 2017-2018.

Région		Nombre des Spécimens capturés		Pourcentage	Nombre des spécimens infectés		Pourcentage
Nord	Beni Aziz	02		5.81 %	01		% 3.12
	Ain Kbir	01			00		
	Bougaa	02			00		
Centre	Guidjel	05		36.04 %	00		% 43,75
	Guellal	05			02		
	Bir Haddada	08			03		
	El Eulma	13			09		
Sud	Rasfa	09		58.13 %	04		% 53,12
	Hamma	19			05		
	Boutaleb	22			08		

Tableau 25: *Meriones shawi* capturés et spécimens infectés par *leishmania* par sexe, au cours de la période 2017-2018.

Région	Sexe de <i>Meriones</i> capturés		Sexe de <i>Meriones</i> infectés	
	M	F	M	F
Nord	01	03	00	00
Centre	19	15	10	04
Sud	27	21	12	06
Total	47	39	22	10

II. Discussion et interprétation

1. Epidémiologie et Incidence de la leishmaniose cutanée

Au cours de la dernière décennie (2008-2018), 676 cas de leishmaniose cutanée ont été enregistrés dans la région de Sétif avec une prévalence plus élevée dans la zone sud (609 cas) et dans la zone centrale (55 cas). Ceci peut être dû aux facteurs climatiques et aux rongeurs comme hôte réservoir existant dans cette région. De plus, les migrations de la population infectée de *Meriones shawi* peuvent catalyser la propagation d'une pandémie des régions endémiques aux régions non endémiques.

L'évolution de l'incidence de la LCZ de à Sétif entre 2008 et 2014 est similaire à l'incidence du pays et de 2014 à 2018 est devenue inversement proportionnelle.

Plusieurs éléments caractérisent l'épidémiologie de la leishmaniose cutanée. Dans les zones endémiques établies, la prévalence augmente généralement avec l'âge jusqu'à 15 ans, après la prévalence se stabilise, probablement en raison de l'acquisition d'une immunité.

Parmi les facteurs de risque de la maladie, on trouve généralement le sexe (par exemple, le biais du sexe indique généralement des modèles de comportement qui augmentent l'exposition aux vecteurs), l'âge, la conception du foyer et les matériaux de construction, et la présence des rongeurs dans le milieu. Aussi, l'installation de population dans des zones d'endémie à cause de problème démographique ou manque de terres agricoles, les mouvements de populations pour raison professionnelle 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 et l'urbanisation accélérée et/ou non planifiée.

2. Relation entre la leishmaniose cutanée zoonotique et les facteurs climatiques : température et pluviométrie

La pluviométrie est un facteur important de l'activité de l'hôte réservoir et du vecteur, mais l'apparition de la LCZ dépend d'autres facteurs. En clair, il a été constaté que la prévalence plus élevée de cette zoonose est corrélée à un climat sec (zone sud de Sétif) ou semi sec (zone centrale de Sétif). En fait, l'effet des températures élevées sur l'incidence de la LC a été approuvé dans l'étude de Nikonahad et *al.*, 2017. On peut dire donc que l'augmentation de la température pourrait augmenter le nombre de cas infligés.

D'autres études ont rapporté qu'une augmentation de la température peut augmenter la tendance des cas de LC (Mokhtari et *al.*, 2016 ; Mohammadbeigi et *al.*, 2021).

Chapitre IV : Résultats et discussion

L'humidité a exercé des effets inverses sur la LCZ (Ramezankhani et al., 2017). Des résultats similaires ont également été rapportés par Ghatee et al. (Ghatee et al., 2018).

Selon nos résultats, les facteurs environnementaux, notamment les conditions météorologiques, la température, les précipitations et l'humidité, peuvent fortement influencer l'incidence de la LC. La température est le facteur environnemental le plus important qui est positivement corrélé avec l'incidence de la LC. Ainsi une sécheresse prolongée limite la prolifération des rongeurs (Benelomouffok et al., 2017).

Le cycle annuel de la LCZ a été modulé par le climat, les températures extrêmes, l'humidité et leurs interactions jouant un rôle important, en particulier pendant la période de transmission (Bounoua, 2013). Alvar et al., 2012 et Boudrissa et al., 2013 mettent en évidence la propagation de la LC des zones arides algériennes vers le nord, en direction des zones semi-arides algériennes, et suggèrent que le changement climatique et la désertification observés dans la steppe du nord du Sahara pourraient avoir joué un rôle dans cette expansion territoriale de la maladie.

La leishmaniose est sensible au climat car il affecte l'épidémiologie de plusieurs manières : les changements de température, de précipitations et d'humidité peuvent avoir de forts effets sur les vecteurs et les hôtes réservoirs en modifiant leur distribution et en influençant sur leur survie et la taille des populations (OMS, 2019); de petites fluctuations de température peuvent avoir un effet profond sur le cycle de développement des promastigotes de *Leishmania* chez les phlébotomes, permettant la transmission du parasite dans des zones qui n'étaient pas auparavant endémiques pour la maladie ; la sécheresse, la famine et les inondations peuvent entraîner des déplacements et des migrations massives de personnes vers des zones de transmission de *Leishmania*, et une mauvaise alimentation peut compromettre leur immunité.

La pluviométrie est un facteur important dans l'activité du réservoir hôte et du vecteur, mais l'apparition de la LCZ dépend d'autres facteurs. Une association négative a été démontrée entre les précipitations et l'incidence de la LCZ, alors qu'aucune relation significative n'a été trouvée entre les précipitations moyennes annuelles et l'incidence de la LCZ, et ceci est cohérent avec les travaux précédents de Nikonahad et al., 2017. L'effet des précipitations a été jugé significatif (Pvalue= 0.45). Nos résultats sont tout à fait convaincants avec ceux obtenus dans d'autres études de Ramezankhani et al., 2008, où la pluviométrie a exercé des effets inverses sur la LCZ. D'autres résultats ont également été rapportés par Ghatee et al. (Ghatee et al., 2018). Par conséquent, la LC zoonotique est une maladie émergente, qui est liée à l'environnement affecté

Chapitre IV : Résultats et discussion

et aux facteurs climatiques (Mohammadbeigi et *al.*, 2021 ; Nikonahad et *al.*, 2017). Ainsi, on peut raisonnablement conclure que la permanence de l'endémicité dépend généralement des facteurs climatiques, que la LCZ est plus répandue dans les zones sèches et semi-arides avec de faibles précipitations (Mokhtari et *al.*, 2016). De même, l'apparition de la LCZ dépend d'autres facteurs (Benelmouffok et *al.*, 2017).

Les agents pathogènes, les réservoirs et les vecteurs, survivre et se reproduire dans une gamme de conditions climatiques (WHO, 2019) : la température, l'humidité et la vitesse du vent est également importante (Boudrissa et *al.*, 2012 ; Rioux, 2013). Le complexe de la leishmaniose, parasite-réservoir-vecteur, évolue dans des régions géographiques spécifiques et est sensible aux changements qui peuvent affecter le parasite, le réservoir et le vecteur ainsi que leur interaction dynamique et l'extension territoriale.

Il est prouvé que les changements climatiques contribuent de manière significative à l'augmentation du nombre des cas et l'élargissement de la gamme des LCZ (Rodain, 2000 ; Toumi et *al.*, 2012). Comme pour les autres maladies à transmission vectorielle, les caractéristiques saisonnières augmente le nombre de cas et de l'abondance des réservoirs suggèrent que la transmission de la LCZ est sensible à la l'environnement physique (Chaves et Pascual, 2006). Les modèles saisonniers ont été largement documentés dans (Scorza et *al.*, 1968 ; Feliciangeli et *al.*, 1998), tandis que les variations saisonnières des indicateurs climatiques tels que les températures minimales et maximales ainsi que la quantité de pluie et la durée de la saison des pluies affectent le comportement physiologique de la leishmaniose (Faulde et *al.*, 2008). Variables météorologiques et climatiques jouent un rôle important dans l'incidence de la LCZ car ils peuvent limiter ou exacerber les conditions favorables à la maladie, comme une accélération du développement du parasite ou des changements synergiques dans les populations de réservoirs et de vecteurs qui provoquent une explosion de la population de vecteurs. Par exemple, l'augmentation des précipitations peut accroître la densité de la végétation et donc le nombre et la qualité des sites de reproduction pour les rongeurs et les phlébotomes (Yates et *al.*, 2002).

Les changements climatiques, bien que faibles, peuvent également avoir un impact sur la répartition géographique des réservoirs et des vecteurs de LCZ et sur leur densité, leur activité et leurs périodes de reproduction (par exemple, (Toumi et *al.*, 2012)).

Par exemple, l'augmentation de la température et de l'humidité minimales raccourcit la période d'incubation (temps nécessaires au développement de l'agent infectieux dans le corps du vecteur) et raccourcir la maturation du vecteur, ce qui pourrait augmenter sa capacité vectorielle (Kasap et

Alten, 2006). D'autre part, la persistance de réchauffement et la sécheresse diminueraient cette capacité. Les effets les plus forts du climat sur le cycle de la LCZ peut se produire aux extrémités de la plage de température d'activité optimale, qui pour le phlébotome sont dans de 15 à 18 °C pour le bas et de 32 à 40 °C pour le haut (Kasap et Alten, 2006 ; Cross et Hyams, 1996). Si la température ambiante atteint les valeurs supérieures de cette fourchette, la transmission pourrait cesser complètement, ce qui réduirait sérieusement les cas de LCZ. Autour de 30-32 °C, on observe une augmentation significative de la capacité vectorielle en raison de raccourcissement de la période d'incubation, malgré une diminution de la survie du vecteur (Benkova et Volf, 2007). Cela suggère que la physiologie du vecteur réagit à des changements subtils du temps et du climat, que les pourrait affecter la dynamique entre les composantes du complexe de la leishmaniose dans de telles les moyens de supprimer la maladie si les conditions environnementales ne sont pas optimales ou créer les conditions d'une endémicité si les conditions environnementales sont dans la fourchette optimale.

Bien qu'il y ait eu plusieurs études sur la LCZ, par exemple (Cross et Hyams, 1996; Kasap et Alten, 2006; Marry et *al.*, 2011; WHO, 2019)), seules quelques-unes, par exemple (Boudrissa et *al.*, 2002; Toumi et *al.*, 2012) ont l'a décrit en Afrique du Nord pré-saharienne et a analysé les variations du climat et de la végétation des variables contribuant à son schéma saisonnier et interannuel. D'autres études sont nécessaires pour améliorer la compréhension du cycle du LCZ et la prévision de son évolution.

3. Relation entre LCZ, température, pluviométrie, altitude et les spécimens capturés dans trois zones de la région de Sétif

Une association positive a été démontrée entre l'incidence de la LCZ dans la zone sud et centrale de la région de Sétif et les *Meriones* capturés et infectés, où une relation significative a été trouvée, et ceci est cohérent avec les travaux précédents dans l'étude précédente. L'activité de *Meriones shawi* dans les zones sud de Sétif est donc probablement due à plusieurs vagues de migration d'espèces de rongeurs à partir des régions endémiques connues du sud, telles que Batna et M'Sila et conditionnées par les oscillations climatiques qui ont provoqué l'extension ou la rétraction du Sahara comme rapporté par Belazzoug (1982) ; Belazzoug (1986) et plus récemment par Bounoua et *al.*, 2013. Par ailleurs, Gholamrezaei et *al.*, 2016 ; Sedaghat et Salahi Moghadam 2010, ont noté que la distribution des rongeurs est due au changement climatique. En outre, Boudrissa et *al.*, 2012 ont montré la propagation de la leishmaniose cutanée des zones arides aux zones semi-arides de l'Algérie. Benelmouffok et *al.*, 2017 ont mentionné que les wilayas céréalières étaient les plus touchées par la LCZ. Ainsi, le développement de l'agriculture

Chapitre IV : Résultats et discussion

dans la région augmente le risque de transmission de la LCZ, à travers les produits agricoles, qui attirent de nouvelles *Meriones* pour construire typiquement leurs habitats parfaits et établir des conditions optimales pour la transmission de cette zoonose entre les hôtes individuels de la même espèce et via les espèces hôtes *Meriones shawi* à l'homme. Donc, une meilleure compréhension des relations entre les facteurs environnementaux et les distributions des rongeurs et l'infection dans un large éventail de contextes de transmission, contribuerait aux informations actuelles, largement ou de laboratoire, sur l'importance de l'environnement dans la transmission (Reithinger et *al.*, 2007). Les transformations écologiques peuvent avoir pour conséquence soit une augmentation, soit une diminution de l'incidence de la maladie (WHO, 2019).

4. Relation entre la LCZ et l'Altitude

L'altitude joue également un rôle dans le maintien des réservoirs et du parasite (Guaouaoui et *al.*, 2017). L'incidence la plus élevée des cas de LCZ a été observée dans les sites dont l'altitude est inférieure à 800 m. L'altitude joue donc un rôle dans l'endémicité de la LCZ.

Dans la présente étude, nous avons trouvé une association positive entre la pente de la zone et l'incidence des LC. Comme l'ont souligné les premières études (Ashford et *al.*, 1973 ; Lemma et *al.*, 1969), les falaises rocheuses et les zones montagneuses constituent des environnements favorables pour les hôtes réservoirs tels que les rongeurs aussi pour les vecteurs.

L'altitude a été une variable supplémentaire étudiée par l'ACP avec un lien positif avec les précipitations. Nos résultats étaient similaires à ceux de Ramezankhani et *al.*, 2018, où l'incidence la plus élevée de cas de LC a été trouvée dans des sites avec une altitude inférieure à 800 m. En outre, un petit nombre de cas a été trouvé dans les régions avec une altitude supérieure à 900 m, et cela peut être dû au type de vecteur. Nos résultats sont en accord avec des études antérieures qui ont montré que la maladie de Creutzfeldt-Jakob est plus répandue dans les régions à faibles précipitations (Mokhtari et *al.* 2016).

Dans la présente étude, nous avons trouvé une association négative entre l'altitude et l'incidence de la LC. Une étude récente qui a utilisé les données nationales a indiqué que la distribution de la LC en Iran avait un modèle particulier ; l'incidence de la LC était beaucoup plus faible dans les provinces du nord et du nord-ouest avec une altitude élevée (Holakouie-Naieni et *al.*, 2017). Guernaoui et *al.*, 2006 ont étudié l'effet possible de l'altitude sur la diversité et la distribution des

Chapitre IV : Résultats et discussion

phlébotomes. Un total de 2742 spécimens appartenant à neuf espèces de phlébotomes ont été collectés dans 25 stations dont l'altitude varie entre 400 et 1400 m. Ils ont constaté la présence élevée de *Phlebotomus papatasi*, le vecteur avéré de la *leishmania major*, dans les basses terres et sa faible fréquence dans les montagnes (Guernaoui et *al.*, 2006). De même, cette espèce est présente partout en Iran avec une forte probabilité et est une mouche des sables commune et domestique dans les habitations humaines et animales ; l'abondance globale de cette espèce est plus élevée dans les zones plates (Hanafi-Bojd et *al.*, 2015). Il est à rappeler aussi que la température diminue au fur et à mesure que l'altitude augmente.

Nous avons observé que l'incidence des cas de LCZ était moins fréquente dans les zones où le NDVI (couverture végétale) était plus élevé. Ce dernier résultat est cohérent avec ceux de l'étude de Mollalo et *al.*, 2015 dans laquelle l'absence ou la faible couverture végétale était un déterminant majeur de la fréquence des LC dans la province de Golestan, en Iran (Mollalo et *al.*, 2015). Une faible couverture végétale augmenterait presque la température de l'air et l'évaporation qui fournissent des conditions favorables aux mouches des sables. De plus, les précipitations en hiver et au printemps augmentent l'humidité relative dans la saison suivante, ce qui favorise la transmission dans les saisons suivantes en augmentant la densité des vecteurs.

5. Biologie et écologie des rongeurs réservoirs

La présence de femelles gestantes dans la population de rongeurs totalement adultes a été notée sur la période 2017-2019 (mars, avril, mai, juin et juillet), avec une activité de reproduction poursuivie jusqu'en septembre, avec un taux de présence de 80 % de femelles gestantes et allaitantes. Cette production de jeunes individus a contribué à l'augmentation des effectifs observés en juin, juillet et août, où le nombre de jeunes et de sub-adultes atteint a été important. De même, le nombre le plus élevé de *Mériones* dans certains mois spécifiques, peut expliquer que les pluies favorisent le développement et la croissance des céréales en hiver et au printemps, et donc, il existe une relation entre le rythme saisonnier et les périodes de pullulation chez cette gerbille (Zaim et Gautier, 1988). L'activité sexuelle maximale est observée au printemps, lorsque les femelles montrent des signes d'activité reproductive comme la gestation et la lactation (Harich et Benazzou, 1990). Aucun spécimen n'avait été capturé en janvier et février de 2017 et 2018, ceci peut être expliqué par les conditions défavorables à la survie des rongeurs qui correspondent à la saison hivernale et aux chutes de neige dans la région de Sétif, et à cause des inondations.

Chapitre IV : Résultats et discussion

La densité de population des rongeurs est due au décalage climatique, dont on a marqué leur présence aux zones plus chaudes et désertiques. Aussi, la dégradation de la population des rongeurs peut être se signifie par le calibalisme des femelles, en mangeant leurs petits. La femelle mange ses petits peut être à cause du stress et perturbation, en les mettant ensembles dans des cages. On outre, pendant toute la période d'augmentation de la population, le blé mûr ou en cours de maturation était librement disponible car la forte croissance de l'herbe non semée avait rendu la récolte impossible ; la couverture du sol était par conséquent très dense. Comme on pouvait s'y attendre, le principal aliment des mériones.

L'évolution du nombre de spécimens est probablement due au climat et aux programmes de lutte. En effet, l'élimination des hôtes réservoirs est une stratégie de lutte recommandée pour la leishmaniose cutanée zoonotique chaque année par la Direction des Services Agricoles (DSA) d'octobre à mars. Ceci correspondant à la période de disette du rongeur (Sofizadeh et *al.*, 2016). Ces programmes de contrôle expliquent peut-être l'absence ou le faible nombre de spécimens au mois de janvier et février.

Les rongeurs sauvages s'adaptent à une large gamme de milieux, puisque ils colonisent les espaces naturels et anthropiques comme les cultures.

La majorité des rongeurs capturés préfèrent les sols secs que les sols humides pour fabriquer leurs terriers, puisque ils restent solides et ne se détruits pas facilement. Un grand nombre des rongeurs s'installent dans les parcelles semi-directes, puisque les labours sont superficiels et ne touchent pas ses habitats au profond de la terre.

Les mises en valeur des terres, les périmètres irrigués et le développement des steppes ont favorisé la multiplication des rongeurs et par conséquent la propagation de la leishmaniose cutanée. 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 augmentés 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 jusque-là sauvages et naturellement occupées par *P. obesus*, ce dernier, recrée plus loin, à la lisière, ses terriers. Par ailleurs, *M. shawi*, déprédateur agricole, recolonise rapidement ces nouvelles terres mises en valeur ; ainsi s'établit des conditions optimales de transmission entre rongeurs eux même et entre rongeurs et Homme .De plus, l'Homme introduit dans le site des animaux domestiques à qui il 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

Chapitre IV : Résultats et discussion

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).

Ils bénéficient de la croissance de la végétation lorsque les précipitations sont abondantes, mais sont sévèrement réduits lors des inondations comme il est signalé par Fichet-Calvet et *al.*, 2003).

D'un autre côté, les mises en valeur des terres, les périmètres irrigués et le développement des steppes ont favorisé la multiplication des rongeurs et par conséquent la propagation de la leishmaniose cutanée (Bachi, 2006 ; Fendri et *al.*, 2011). La forte dynamique démographique des Mérions dans certaines zones de Sétif est donc probablement due à plusieurs vagues de migration des rongeurs réservoirs de la LC à partir des régions méridionales connues comme endémiques de la leishmaniose cutanée, comme Batna et M'Sila (Bellazoug, 1982). Egalement conditionné par les oscillations climatiques qui ont provoqués l'extension ou la rétraction du Sahara (Bounoua et *al.*, 2013). La densité de population et la distribution des rongeurs (Sedaghat et Salahi Moghadam, 2010) est due au changement climatique, qui a marqué la présence de leurs niches (Gholamrezaei et *al.*, 2016) dans les zones plus chaudes et désertiques. Le développement de l'agriculture dans la région augmente le risque de transmission de la leishmaniose cutanée, à travers ces produits de culture, elle attire de nouveaux Mérions granivores (Zaim et Gautier, 1989), puis ils créent leur habitat parfait (Hernandez et *al.*, 2020) et établissent des conditions optimales de transmission entre eux et entre eux et l'Homme.

Les migrations de populations de Mérionés infectés dans des régions endémiques (Bellazoug, 1982 ; Bellazoug, 1986) vers des régions non endémiques (Adel et *al.*, 2014), de la frontière de Sétif avec Batna et M'ila foyer de leishmaniose cutanée du sud au nord peuvent être une cause de l'existence de cette maladie au sud et au centre de Sétif.

La densité est influencée par les caractéristiques de l'environnement biotique (par exemple, la qualité de l'habitat et l'approvisionnement alimentaire), qui sont à leur tour influencés par les caractéristiques de l'environnement physique (par exemple le climat, les conditions météorologiques et édaphiques).

Tels habitats sont de véritables puits écologiques, alors il devrait être relativement facile de limiter transmission dans ces habitats.

Chapitre IV : Résultats et discussion

On outre, les facteurs socio-économiques : ainsi que l'urbanisation anarchique et le rapprochement des habitations en milieu rural à proximité des terriers des rongeurs qui sont autant de facteurs favorisant la prolifération de cette maladie (Bachi, 2006 ; Achour-Barchiche et Madiou, 2009).

On supposant que l'objectif de l'écologie des réservoirs est d'intégrer et d'appliquer les données au développement ou à l'affinement des modèles prédictifs qui aident les autorités de santé publique à identifier les moments et les lieux qui peuvent constituer une menace pour la santé publique. En plus pour l'alerte précoce, ces modèles peuvent suggérer quand, où et comment intervenir (par exemple, sous la forme de contrôle des réservoirs ou modification de l'habitat) à rompre le cycle de transmission ou diminuer l'incidence de l'infection humaine (Mills and Childs, 1998).

La surveillance des populations de rongeurs pourrait donner aux professionnels de la santé publique suffisamment de temps de faire des mises en garde, et pour intervenir dans le cadre d'un programme de lutte intégrée contre ces rongeurs.

6. Inventaire et dispersion des espèces des rongeurs capturés

L'espèce *Meriones shawi* a présenté la plus grande partie des espèces de rongeurs capturés. Cette espèce semble posséder une aire de répartition assez large, et ça peut être due à l'adaptation de cette espèce à une large gamme de milieux naturels et anthropisés. Ça peut être expliqué que ce rongeur a une adaptation écologique et biologique. *Meriones shawi*, c'est un granivore qui a une activité nocturne, circule loin de son gîte à la recherche de nourriture.

Meriones shawi a été donc l'espèce la plus abondante. Le plus petit nombre a été trouvé dans le nord, tandis que le plus grand nombre de spécimens a été observé dans le sud. *Psammomys obesus* était presque absent. Il préfère la région présaharienne selon Boubekri et Gernigon 2013, alors que la région de Sétif est caractérisée par un climat semi-aride ce qui peut expliquer le petit nombre de cette espèce.

Les rongeurs commensaux sont partout présents dans la wilaya de Sétif, si l'on ajoute aux gerbillidés sauvages, s'ajoutent les commensaux, souris et rat.

7. Examen des frottis

Les tests parasitologiques directs effectués sur les lames de rongeurs colorées au Giemsa pour *Leishmania* et qui ont montrés dix-huit résultats positifs (56,25%) des échantillons après examen direct par microscopie montre que ces rongeurs ont été acquis de la leishmaniose. Ces résultats

Chapitre IV : Résultats et discussion

sont également cohérents avec les résultats d'autres études menées en Algérie, où, le premier *Meriones shawi* a été trouvé naturellement infesté par *L. major* dans l'épidémie de M'sila et le second, *Meriones shawi*, dans l'épidémie de Ksar chellala (Belazzoug, 1982 ; Belazzoug, 1986).

Bien que les lésions de l'oreille et du nez de 28 (87,5%) observées sur les spécimens étaient accompagnées d'une infection à *Leishmania*, cependant quatre (12,5%) d'entre eux trouvés infectés avaient des lésions, il est possible que les infections aient été acquises récemment (Fichet-Calvet et al., 2003). Approxime 12.5 % des Mérijones présentant des lésions aux oreilles étaient négatifs pour *L. major*. Les lésions peuvent être causées non seulement par *Leishmania* mais aussi par la chasse (Gromov, 2001) et par les piqûres de tiques ou de chevaux.

Aussi l'apparition des lésions pour les rongeurs, peut être variable et dépendre de la virulence de la souche et de l'immunité de l'hôte. Les lésions de l'oreille se sont avérées être un bon signe d'infection par *Leishmania*. Les animaux infectés qui ne présentaient pas de lésions étaient ceux dont l'infection était récente.

8. Relation entre LCZ et le taux d'infection par *leishmania* chez les rongeurs

Ces rongeurs, vivent souvent en sympathie, ce qui augmente le risque de transmission inter-espèces ou inter genre et famille.

La prévalence de l'infection par *Leishmania major* chez les *Meriones* vivant dans le sud et le centre de la région de Sétif peut s'expliquer par la capacité de ces rongeurs à héberger le parasite en tant que bons hôtes réservoirs et donc cette espèce est également incriminée dans la transmission de ce parasite dans ce nouveau foyer. Ainsi, cette région est probablement considérée comme la meilleure niche écologique, où le risque de transmission était élevé. De plus, l'incidence la plus élevée de cas de LC a été observée dans les sites dont l'altitude est inférieure à 800 m (zone sud de Sétif), alors que le nombre le plus faible de cas a été trouvé dans les régions dont l'altitude est supérieure à 900 m (zone nord de Sétif). Notre résultat est en accord avec l'étude de Ramezankhani et al., 2018 qui ont montré que la maladie est plus répandue dans les régions de basse altitude. De plus, les migrations de la population des *Meriones shawi* infectée peuvent catalyser la propagation d'une pandémie des régions endémiques aux régions non endémiques. Nous constatons une forte relation entre le nombre des rongeurs d'espèce *Mérijones shawi* et la séroprévalence de la leishmaniose cutanée ainsi que des leishmanioses humaines déclarées dans la région et donc, le nombre de cas de la leishmaniose cutanée zoonotique à Sétif est proportionnel avec le nombre des mérijones infestés avec *leishmania*.

Chapitre IV : Résultats et discussion

L'avantage des approches moléculaires basées sur la PCR ou d'autres techniques d'amplification est qu'elles combinent une haute sensibilité pour la détection directe des parasites infectants dans divers tissus humains, animaux et phlébotomes, avec une spécificité d'espèce (Schonian et *al.*, 2010). Aussi, les tests PCR combinant la détection des parasites *Leishmania* et l'identification des espèces directement à partir d'échantillons cliniques (Schonian et *al.*, 2010).

Cependant, les résultats du diagnostic par PCR doivent toujours être évalués conjointement avec le diagnostic clinique, car il a été démontré que la PCR est suffisamment sensible pour détecter l'ADN du parasite chez des personnes apparemment parasitologiquement négatives vivant dans des zones endémiques pour la leishmaniose. Un résultat positif de PCR est donc un marqueur d'infection ou d'exposition récente. En outre, les tests commercialisés qui ont été développés pour la détection directe de *Leishmania* ne sont pas capables d'identifier l'espèce infectante (Schonian et *al.*, 2010).

La région de Sétif a signalé une augmentation significative de l'incidence des cas de la LCZ pendant la dernière décennie. Des pics épidémiques ont été observés, cette maladie propage dans la majeure partie de la région avec une prévalence plus élevée dans la zone sud et centrale. On peut dire que la permanence de l'endémicité dépend peut-être de l'abondance des Mérisons infectés (Neffati et *al.*, 2011) trouvés dans cette région et faire de cette zone une niche écologique où le risque de transmission va être élevé.

En fait, le nombre de cas de leishmaniose cutanée zoonotique à Sétif est proportionnel au nombre de Mérisons infestés par *leishmania* et cet résultat est en contraste avec ceux obtenus à partir d'études menées par Loria-Cervera et Andrade-Narvæz, 2014 ; Shiravand et *al.*, 2018 ; Afshar et *al.*, 2020). L'importance de la discrimination entre les espèces de rongeurs dans l'épidémiologie des zoonoses est unanimement soulignée par l'auteur Gratz en 1994, pour un contrôle efficace de la leishmaniose (Tabbabi, 2019).

On peut dire que la maladie est directement liée à la population réservoir parce qu'une densité accrue augmente la probabilité de contact humain avec des rongeurs infectés.

Une densité plus élevée de réservoirs de rongeurs devrait se traduire par un taux de contact plus élevé entre les vecteurs et les réservoirs, ce qui entraîne une plus grande prévalence des infections dans les vecteurs, et par conséquent dans le risque de maladie pour les personnes (Hanski et *al.*, 2001).

Chapitre IV : Résultats et discussion

Il semble probable que la transmission des maladies sera réduite lorsque les populations de rongeurs se trouvent à la fois à des densités chroniquement faibles et loin des habitations humaines. Inversement, le risque de maladie augmentera avec l'augmentation de la densité des rongeurs, l'ampleur des fluctuations et la tendance à envahir les habitations humaines (Ostfeld et Holt, 2004).

Peut-être l'incidence de ces maladies peut atteindre des proportions épidémiques lorsque les populations de certaines espèces atteignent des densités élevées.

Les résultats ont montré une prévalence remarquable de la leishmaniose dans les rongeurs grand nombre d'infections. Cette constatation rejoint celles obtenues à partir d'études réalisées en Algérie, où le premier rongeur était naturellement infesté par *L. major* dans l'épidémie de M'sila et le second, *Meriones shawi*, dans l'épidémie de Ksar chellala (Belazzoug, 1982).

L'apparition de la leishmaniose chez les *Mériones*, au sud et au centre de Sétif, peut s'expliquer par la capacité de ce rongeur à héberger le parasite en tant que bon hôte réservoir, par permettre la survie du parasite jusqu'à la prochaine saison de transmission et à être infesté pour le vecteur (Sofizadeh, 2013). Le parasite a la capacité de survivre à l'intérieur.

M. shawi était le réservoir hôte le plus important pour le maintien de la source du parasite dans la région. Les gerbilles permettent la survie du parasite jusqu'à la prochaine saison de transmission et être infestant pour le vecteur (Petter, 1961). Ce sont donc ces rongeurs qui joueraient le rôle déterminant dans la persistance et la transmission de *L. major* entre deux saisons de transmission (Darbali et *al.*, 2012).

CONCLUSION
GENERALE ET
PERSPECTIVES

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

En conclusion, ce travail de recherche a rapporté sur la leishmaniose cutanée et les rongeurs qui peuvent être existé comme réservoirs dans la région de Sétif qui a devenue un foyer très actif, elle représente un cadre idéal pour l'étude de la relation entre ces deux. Nos résultats suggèrent que *Mériones shawi* est probablement le principal hôte réservoir de la LCZ et la seule source d'infection humaine dans cette région et donc il est considéré comme la clé de voute du foyer. Cette étude confirme que cette gerbille joue un rôle important dans la transmission de cette zoonose. La recherche de L'ADN parasitaire chez les rongeurs, montrent la probabilité de l'incubation du parasite *Leishmania major*. Ils sont particulièrement bien représentés dans la région de Sétif au moment où *Psammomys obesus* était presque absent. Toutefois, les zones situées au sud et au centre, ont des conditions plus appropriées pour accueillir *Merones shawi* comme meilleurs niches écologiques, et plusieurs facteurs sont responsables de l'extension spatiale de la maladie. Par conséquent ces zones pourraient être des foyers potentiels de la LCZ.

Le complexe pathogène leishmanien (parasite, vecteur, réservoir), évolue dans une aire géographique définie par un ensemble de paramètres bioclimatiques. Les modifications environnementales se répercutent sur le fonctionnement des foyers, leur dynamique, et leur extension territoriale. Ces modifications du milieu naturel peuvent être soit d'origine anthropique, soit d'origine climatique.

Pour établir une étude éco-épidémiologique dans un nouveau foyer de la LCZ, l'hôte réservoir doit être pris en considération. Il est clair que les mesures de gestion des populations de rongeurs sont incontournables pour gérer la santé humaine et le risque sanitaire et en raison de leur fort potentiel pour protéger la santé humaine. Leur étude pourrait être considérée comme une étape préliminaire dans le contrôle de cette zoonose. Les résultats de l'étude peuvent donc être utilisés dans une cartographie appropriée pour la surveillance endémiologique et l'application de mesures de lutte adéquates et contribuera au suivi de l'évolution de la maladie. Prévenir et limiter ces réservoirs rongeurs représente un enjeu important.

La meilleure approche afin de contrôler la maladie est d'éviter l'exposition et le contact avec ces rongeurs sera par la dératisation des habitations, des laboratoires et des alentours ; en éliminant les sources alimentaires des rongeurs et les lieux propices aux nids.

On peut déduire donc leur biologie par empêcher ces animaux d'accéder à leurs ressources, c'est-à-dire aux sources de nourriture et aux possibilités de nidification. Dans la mesure du possible, il faudrait éviter de laisser traîner des déchets. Aussi, s'il n'y a pas de conteneurs, les sacs de déchets ne devraient être sortis que le jour du ramassage des ordures.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Afshar AA, Hojjat F, Yaghoobi-Ershadi MR, Rassi Y, Akhavan AA, Gorouhi MA, Yousefi S, Hanafi-Bojd AA. 2020. Modelling and evaluating the risk of zoonotic cutaneous leishmaniasis in selected areas of Kerman Province, south of Iran. *Transbaound Emerg Dis* 67 (3). DOI: 10.1111/tbed.13465.
2. Akhoundi M, Downing T, VotyĀpka J, Kuhls K, LukesĪ J, Cannet A, et al. 2017. *Leishmania* infections: Molecular targets and diagnosis. *Mol Aspects Med.* 57: 1-29. DOI: 10.1016/j.mam.2016.11.012.
3. Akhoundi M, Kuhls K, Cannet A, Voty´pka J, Marty P, Delaunay P. 2016. A historical overview of the classification, evolution, and dispersion of *Leishmania* parasites and sandflies. *PLoS Negl Trop Dis* 10(3). DOI: 10.1371/journal.pntd.0004349.
4. Al-Jawabreh A, Schoenian G, Hamarsheh O, Presber W. 2006. Clinical diagnosis of cutaneous leishmaniasis: A comparison study between standardized graded direct microscopy and ITS1-PCR of Giemsa-stained smears. *Acta Trop* 99: 55–61. DOI: 10.1016/j.actatropica.2006.07.001.
5. Alvar J, Vélez ID, Bern C, Herrero M, Desjeux P., Cano J, Jannin, J, Den Boer M. 2012. Leishmaniasis control Team. Leishmaniasis worldwide and global estimates of its incidence. *PLoS*: 7. DOI: 10.1371/journal.pone.0035671.
6. Aoun K and Bouratbine A. 2014. “Cutaneous leishmaniasis in North Africa: a review,” *Parasite* 21:14–23. DOI: 10.1051/parasite/2014014.
7. Aplin KP, Brown PR, Jacob J, Krebs CJ, Singleton GR. 2003. Field methods for rodent studies in Asia and the Indo-Pacific. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
8. Artun O, Kavur H. 2019. A comparison of bioclimatic factors effect for cutaneous leishmaniasis current status between eastern Mediterranean region and Tigris basin of Turkey by using ecological niche modeling. *Earth Observ Survey Environ Eng VIII*: 134–41.
9. Artun O. 2019. Ecological niche modeling for the prediction of cutaneous leishmaniasis epidemiology in current and projected future in Adana, Turkey. *J Vector Borne Dis* 56:127–33. DOI: 10.4103/0972-9062.263726.
10. Ashford RW, Schnur LF, Chance ML, Samaan SA, Ahmed HN. 1977. Cutaneous leishmaniasis in the Libyan Arab Republic: preliminary ecological findings. *Annals*

Références bibliographiques

- of Tropical Medicine and Parasitology, 71(3), 265–271. DOI: 10.1080/00034983.1977.11687190.
11. Ashford RW. 1996. Leishmaniasis reservoirs and their significance in control. *Clinics in Dermatology*, 14(5), 523–532. DOI: 10.1080/00034983.1977.11687190.
 12. Ashford RW. 2000. The leishmaniasis as emerging and reemerging zoonoses. *Int. J. Parasitol.* 30, 1269-1281. DOI: 10.1016/s0020-7519(00)00136-3.
 13. Aulanier S, Thevenot M. 1986. Catalogue des Mammifères sauvages du Maroc. *Trav Ins. Sci. Série Zoologie* 41.
 14. Azimi F, Shirian S, Jangjoo S, Ai A, Abbasi T. 2017. Impact of climate variability on the occurrence of cutaneous leishmaniasis in Khuzestan Province, southwestern Iran. *Geospat Health* 8;12 (1):478. DOI: 10.4081/gh.2017.478.
 15. Bachi F. 2006. Aspects épidémiologiques et cliniques des leishmanioses en Algérie. *La lettre de l'infectiologue* 21 : 1-7.
 16. Baghaei A, Parvizi P, Amirkhani A, Honarvar MR, Badii F. 2012. Identification of *Leishmania* using microscopic and molecular methods in suspected patients of cutaneous leishmaniasis by targeting *ITS-RDNA* gene, Golestan Province, Iran (2009–2010). *J Gorgan Uni Med Sci* 14(3): 72–81.
 17. Bang P, Dahltron P. 1999. Guide des traces d'animaux (les indices de présence de la faune sauvage). Delà chaux et Nestlé, Paris : 112-125-230-236.
 18. Barkatia S, Ndao M, Libmana M. 2019. Cutaneous leishmaniasis in the 21st century: from the laboratory to the bedside. *Tropical and travel-associated diseases* (32) 5. DOI: 10.1097/QCO.0000000000000579.
 19. Beaumont A, Cassier P. 1978. Biologie animale Les Cordés, anatomie comparée des Vertèbrés. 3^{ème} édition. Bordas ; 600 : 30-37.
 20. Belazzoug S. 1982. Une épidémie de leishmaniose cutanée dans la région de M'sila (Algérie). *Bull Soc Pathol Exot* 75:497-504.
 21. Belazzoug S. 1983. Le nouveau foyer de leishmaniose cutanée de M'sila (Algérie), infestation naturelle de "*Psammomys obesus*" (rongeur, gerbillide). *Bull Soc Pathol Exot* 76:146-9.
 22. Belazzoug S. 1986. Découverte d'un *Meriones shawi* (Rongeur, gerbillide) naturellement infesté par *Leishmania* dans le nouveau foyer de leishmaniose cutanée de Ksar chellala (Algérie). *Bull Soc Pathol Exot* 79:630-3.

23. Benelmouffok A B, Sellami M, Boughoufalah A. 2017. Bilan quadriennal (2008-2011) de la leishmaniose cutanée en Algérie Cutaneous leishmaniasis in Algeria: quadrennial assessment (2008-2011). *Médecine et Santé Tropicales* 27 : 310-314.
24. Benelmouffok AB, Sellami M, Boughoufalah A. 2017. Cutaneous leishmaniasis in Algeria: quadrennial assessment. *Med Sante Trop* 27(3):310–314. DOI: 10.1684/mst.2017.0703.
25. Ben-Ismaïl R, Ben Rachid MS, Gradoni L, Gramiccia M, Helal H, Bach-Hamba D. 1987. La leishmaniose cutanée zoonotique en Tunisie. Etude du réservoir dans le foyer de Douara. *Annales de la Société Belge de Médecine Tropicale*, 67(4), 335–343.
26. Benkova I; Volf P. 2007. Effect of Temperature on Metabolism of *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae). *ESA* 44, 150–154. DOI:10.1603/0022-2585(2007)44[150:eotomo]2.0.co;2
27. Bernard J. 1977. Damage caused by the rodents *Gerbillidae* to agriculture in North Africa and the countries of the Middle East. DOI: 10.1684/mst.2017.0703.
28. Boubekri A. & Gernigon T. 2013. Influence des saisons sur la biologie de la reproduction du rat des sables du Sud-ouest Algérien. USTHB-FBS-4th International Congress of the Populations & Animal Communities “Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems” CIPCA4 TAGHIT, Bechar, 19-21 November 2013 [Algeria].
29. 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* 105:30-5. DOI: 10.1007/s13149-011-0199-4.
30. Bounoua L, Kahime KH, Houti L, Blakey T, Ebi KL, Zhang P, et al. 2013. Linking climate to incidence of zoonotic cutaneous leishmaniasis (*L. major*) in pre-Saharan North Africa. *Int J Environ Res Public Health* 10:3172–3191. DOI: 10.3390/ijerph10083172.
31. Bouratbine A. 1988. E´tude eco-épidémiologique de la leishmaniose cutanée zoonotique en Tunisie (1982–1987). Faculté de Médecine de Tunis: Tunis, p. 135.
32. Bousslimi N, Aoun K, Ben-Abda I, Ben-Alaya-Bouafif N, Raouane M, Bouratbine A. 2010. Epidemiologic and clinical features of cutaneous leishmaniasis in southeastern Tunisia. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 83(5), 1034–1039. DOI: 10.4269/ajtmh.2010.10-0234.

33. Breanna M Scorza, Edgar M Carvalho, Mary E Wilson. 2017. Cutaneous Manifestations of Human and Murine Leishmaniasis. *Int J Mol Sci* 18; 18(6):1296. DOI: 10.3390/ijms18061296.
34. Buffet P. 2008. Leishmaniose cutanée. Elsevier Masson SAS 98-395-A-15.
35. Cambillet. 1909. Un cas de Bouton d'Orient à Flatters (Alger). *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 2,388-390.
36. Bussieras J. & Chermette R. 1992. Abrégé de Parasitologie vétérinaire. Fascicule II: Protozoologie vétérinaire.
37. Chalhaf B, Chlif S, Mayala B, Ghawar W, Bettaieb J, Harrabi M, et al. 2016. Ecological niche modeling for the prediction of the geographic distribution of cutaneous leishmaniasis in Tunisia. *Am J Trop Med Hyg* 94: 844–51. DOI: 10.4269/ajtmh.15-0345.
38. Chaves L F; Pascual M. 2006. Climate cycles and forecasts of cutaneous leishmaniasis, Anonstationary vector-borne disease. *PLoS Med* 3, 295. DOI: 10.1371/journal.pmed.0030295.
39. Chavy A, Nava AFD, Luz SLB, Ramírez JD, Herrera G, Demar M, et al. 2019. Ecological niche modelling for predicting the risk of cutaneous leishmaniasis in the Neotropical moist forest biome. *PLoS Negl Trop Dis* 4;13(8).
40. Cherabin M, Sofizadeh A, Palideh AR, Gharavi AH, Gharavi M. 2012. Epidemiological characteristics of cutaneous leishmaniasis in Maraveh Tappeh district, Golestan Province during 2006–2010. *Zabol Univ Med Sci J* 4(1): 19–27.
41. Cherif K, Boudrissa A, Hamdi Cherif M, Harratun Z. 2012. Programme Social Pour La Lutte Physique Contre Laleishmaniose Cutanée Zoonotique Dans La Wilaya De M'sila en Algérie. *Santé Publique* 24(6).
42. Christian DP. 1980. Patterns of recovery from low numbers in Namib desert rodents. *Acta Theriol.*, 2 5: 43 1 -450.
43. Colautti RI, Macisaac HJ. 2004. A neutral terminology to define 'invasive' species. *Divers Distrib* 10: 135-141.
44. Cross ER & Hyams, K. 1996. The potential effect of global warming on the geographic and seasonal distribution of *Phlebotomus papatasi* in Southwest Asia. *EHP* 104, 724–727. DOI: 10.1289/ehp.96104724.
45. Daly, M & Daly S. 1973. Behavior of *Psammomys obesus* (Rodentia: Gerbillinae) in the Algerian Sahara. *Z. Tierpsychol* 37, 298–321.

Références bibliographiques

46. Dedet JP et Pralong F. 2003. Leishmanioses in G.C. Cook et A. Zumla. Manson's Tropical Diseases (21th Edition). Sanders Ed. (London) 1847.
47. Dedet JP. 1999. Les leishmanioses. Edition Ellipses.
48. Delany MJ. & Happold DCD. 1 979). Ecology of African Mammals, Longman, London.
49. Derbali M, Chelbi I, Ben Hadj Ahmed S, Zhioua E. 2012. *Leishmania major* Yakimoff et Schokhor, 1914 (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) in *Meriones shawi* Duvernoy, 1842 (Rodentia: *Gerbillidae*): persistence of the infection in meriones and its infectivity for the sand fly vector (*Phlebotomus papatasi* Scopoli, 1786 (Diptera: *Psychodidae*), Bull. Soc. Pathol. Exot. 105 (5): 399–402. DOI: 10.1007/s13149-012-0259-4.
50. Desjeux P. 1996- Leishmaniasis: public health aspects and control. *Clin. Dermatol.* 14 (5): 417- 423. DOI: 10.1016/0738-081x(96)00057-0.
51. Desjeux P. 1999- Les leishmanioses. Aspect de santé publique et lutte. Edition Ellipses, 253p.
52. Desjeux P. 2002- The increase in risk factors for leishmaniasis worldwide. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 95(3):239-43. DOI: 10.1016/s0035-9203(01)90223-8.
53. Desjeux P. 2004. Leishmaniasis: current situation and new perspectives. *Comp Immun Microbiol Infect Dis*; 27:305-18. DOI: 10.1016/j.cimid.2004.03.004.
54. Duplantier J M et al. .1993. Les rongeurs du Sénégal, Edition de L'ORSTOM au Sénégal 5.
55. Eddaikra N, Ait-Oudhia K, Kherrachi I, Oury B, Moulti-Mati F, Benikhlef R, Harrat1 Z, Sereno D. 2018. Antimony susceptibility of *Leishmania* isolates collected over a 30-year period in Algeria. *PLoS Negl Trop Dis* 12(3). DOI: 10.1371/journal.pntd.0006310.
56. Es-Sette N, Ajaoud M, Laamrani-Idrissi A, Mellouki F and Lemrani M. 2014. Molecular detection and identification of *Leishmania* infection in naturally infected sand flies in a focus of cutaneous leishmaniasis in northern Morocco. *Parasites & Vectors* 7:305. DOI: 10.1186/1756-3305-7-305.
57. Etemad E, Iranian Mammale. Rodents and their identification key 1978, Iedn. Tehran. 1978. National Association of Natural Resources Conservation and Human Resource Environment publication. 286.
58. Euzeby J. 1994. Leishmanioses : histoire naturelle. *Médecine et armées* 22, 1 :11-14.

59. Fathy FM, El-Kasah F, El-Ahwal AM. 2009. Emerging cutaneous leishmaniasis in Sirte-Libya: epidemiology, recognition and management. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, 39(3), 881–905.
60. Faulde M.; Schrader J.; Heyl G.; Amirih M.; Hoerauf A. 2008. Zoonotic cutaneous leishmaniasis outbreak in Mazar-e Sharn, northern Afghanistan: An epidemiological evaluation. *Int. J. Med. Microbiol* 298, 543–550. DOI: 10.1016/j.ijmm.2007.07.015.
61. Ferreira de Souza RA, Andreoli RV, Toshie Kayano M, Lima Carvalho A. 2015. American cutaneous leishmaniasis cases in the metropolitan region of Manaus, Brazil: association with climate variables over time. *Geospat Health* 10:314. DOI: 10.4081/gh.2015.314.
62. Fichet-Calvet E, Joma I, Ben Ismail AR And Ashford RW. 2003. *Leishmania major* infection in the fat sand rat *Psammomys obesus* in Tunisia: interaction of host and parasite populations. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology* 6: 594-595. DOI: 10.1179/000349803225001517.
63. Foroutan M , Khademvatan S , Majidiani H , Khalkhali H , Hedayati-Rad F , Khashaveh S , Mohammadzadeh H. 2017. Prevalence of *Leishmania* species in rodents: A systematic review and meta-analysis in Iran. *Acta Tropica*. DOI: 10.1016/j.actatropica.2017.04.022.
64. Garni R. 2012. Information spatiale et épidémiologique des maladies vectorielles : Développement d'une méthode de cartographie des zones à risque de leishmaniose cutanée, Ghardaia, Algérie. Master international d'entomologie médicale et vétérinaire38.
65. Gentilini M. 1995. Protozoologie médicale. De Boeck. 273, 123-135.
66. Ghatee MA, Haghdoost AA, Kooreshnia F, Kanannejad Z, Parisaie Z, Karamian M, et al. 2018. Role of environmental, climatic risk factors and livestock animals on the occurrence of cutaneous leishmaniasis in newly emerging focus inIran. *Journal of Infection and Public Health*. DOI: 10.1016/j.jiph.2017.12.004.
67. Ghawar W, Toumi A, Snoussi MA, Chlif S, Za^atour A, Boukthir A, Hamida NB, Chemkhi J, Diouani MF, Ben-Salah A. 2011. *Leishmania major* infection among *Psammomys obesus* and *Meriones shawi*: reservoirs of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Sidi Bouzid (central Tunisia). *Vector Borne and Zoonotic Diseases*, 11(12), 1561–1568. DOI: 10.1089/vbz.2011.0712.

68. Gholamrezaei M, Mohebbali M, Hanafi-Bojd AA, Sedaghat MM, Shirzadi MR. 2016. Ecological niche modeling of main reservoir hosts of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Iran. *Acta Trop* 160: 44–52. DOI: 10.1016/j.actatropica.2016.04.014.
69. González C, Wang O, Strutz SE, González-Salazar C, Sánchez-Cordero V, Sarkar S. 2010. Climate change and risk of leishmaniasis in North America: Predictions from ecological niche models of vector and reservoir species. *PLoS Negl Trop Dis* 19(4): 585. DOI: 10.1371/journal.pntd.0000585.
70. Grons S, Petter E. 1965. Les rongeurs du Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique Chérifien –Rabat*.
71. Grzimek B, Altevogt M, Abs R, Angermann R et al. 1975. *Le Monde animal En 13 volumes. Encyclopédie de la vie des bêtes. Tom XI. Edition Stauffacher ; 611 : 212-220, 313.*
72. Guaouaoui R, Zeroual S, Boudjelida H. 2017. Association between climatic changes and leishmaniasis incidence in Biskra district, Algeria. *J Entomol Zool Stud* 5 (6):43–49.
73. Hajjarian H, Mohebbali M, Reza Abaei MR, Oshaghi MA, Zarei Z, Charehdar S, Mirjalali H, Sharifdini M, Teimouri A. 2013. Natural infection and phylogenetic classification of *Leishmania* spp. infecting *Rhombomys opimus*, a primary reservoir host of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Northeast Iran. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 107 (9). DOI: 10.1093/trstmh/trt060.
74. Hanski I, Henttonen H, Korpimäki E, et al. 2001. Small rodent dynamics and predation. *Ecology* 82: 1505-20.
75. Harich, N. Benazzou T. 1990. Contribution à l'étude de la biologie du mulot (*Apodemus sylvaticus*, Rongeurs, Muridés) de la plaine côtière du Maroc. *Mammalia - International Journal of the Systematics, Biology and Ecology of Mammals*: 54 (1).
76. Harrat Z, Hamrioui B, Belkaïd M, Tabet-Derraz O. 1995. Point actuel sur l'épidémiologie des leishmanioses en Algérie. *Bull Soc Pathol Exo* 88:180-4.
77. Harrat Z., Pratlong F., Belazzoug S., Dereure J., Deniau M., Rioux J. A, Dedet, J.P. 1996. *Leishmania infantum* and *L. major* in Algeria. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 90(6): 625-629. DOI: 10.1016/s0035-9203(96)90410-1.
78. Hijawi KJF, Hijawi NS, Ibbini JH. 2019. Detection, genotyping, and phylogenetic analysis of *Leishmania* isolates collected from infected Jordanian residents and

- Syrian refugees who suffered from cutaneous leishmaniasis. . *Parasitol Res* 118(3). DOI: 10.1007/s00436-019-06222-z.
79. Hoare CA et Wallace FG. 1986. Developmental stages of trypanosomatid flagellates: a new terminology. *Nature* 212, 1385-1386.
80. Holakouie-Naieni K, Mostafavi E, Bolorani AD, Mohebali M, Pakzad R. 2017. Spatial modeling of cutaneous leishmaniasis in Iran from 1983 to 2013. *Acta Trop* 166: 67–73. DOI: 10.1016/j.actatropica.2016.11.004.
81. Hubert B. 1982. Dynamique des populations de deux espèces de rongeurs du Sénégal, *Mastomys erythroleucus* et *Taterillus gracilis*, 1. Etude démographique. *Mammalia* 46: 137- 166.
82. Hubert B. 1982. Dynamique des populations de deux espèces de rongeurs du Sénégal, *Mastomys erythroleucus* et *Taterillus gracilis* (Rodentia, Muridae et Gerbillidae) : I. Etude démographique. *Mammalia* 46 (2).
83. Inceboz T. 2019. Epidemiology and ecology of leishmaniasis. Current topics in neglected tropical diseases. IntechOpen. DOI:10.5772/intechopen.86359. Institut national de santé publique. Situation épidémiologique de l'année 2014. 2014. *Relev Epidémiologiques Mens* XXV: 9.
84. Izri MA, Belazzoug S, Pratlong F, Rioux JA. 1992. [Isolation of *Leishmania major* from *Phlebotomus papatasi* in Biskra. The end of an ecoepidemiological saga]. *Ann Parasitol Hum Comp* 67: 31-32. DOI: 10.1051/parasite/199267131.
85. Kamal HA, Doha SA, El-Hosary SS, Shehata MG, El Sawaf BM. 2003. Human zoonotic cutaneous leishmaniasis and associated sand flies (Diptera: *Psychodidae*) in Sheikh Atiya village, southern Sinai, Egypt. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, 33(3), 795–803.
86. Karimi A, Hanafi-Bojd AA, Yaghoobi-Ershadi MR, Akhavan AA, Ghezelbash Z. 2014. Spatial and temporal distributions of phlebotomine sandflies (Diptera: *Psychodidae*), vectors of leishmaniasis, in Iran. *Acta Trop* 132: 131–9.
87. Kasap O.; Alten B. 2006. Comparative demography of the sand fly *Phlebotomus papatasi* (Diptera:Psychodidae) at constant temperatures. *J. Vector Ecol* 31, 378–385.
88. Khuzestan Province, southwestern Iran. *Geospat Health* 12: 478.
89. Kobets T, Havelková H, IGrekov I et al. 2012. “Genetics of host response to leishmania tropica in mice—different control of skin pathology, chemokine reaction, and invasion into spleen and liver,” *PLoS Neglected Tropical Diseases* 6(6).

90. Lacher JR, Mares T.E, Alho MA. 1989. The structure of small mammal community in a central brazilian savanna. In: Redford, K.H., Eisenberg, J.F. (Eds.), *Advances in Neotropical Mammalogy*. The Sandhill Crane Press Inc., Gainesville, USA: 137–162.
91. Lafri I, Almeras L, Bitam I, Caputo A, Yssouf A, Forestier CL, et al. 2016. Identification of Algerian Field-Caught Phlebotomine Sand Fly Vectors by MALDI-TOF MS. *PLoS Negl Trop Dis* 10: 1–19.
92. Lasseur R, Grézel D, Berny P et Benoit E. 2008. Les rongeurs vecteurs de maladies la réalité du terrain.
93. Latteur G. 2000. Les rongeurs commensaux, les rongeurs des champs, le rat musqué et la taupe : biologie et lutte. Ministère des classes moyennes et de l'agriculture Centres de Recherches Agronomiques de Gembloux.
94. Léger N, Depaquit J. 1999. Les phlébotomes. In: Dedet JP, editor. *Les Leishmanioses*. Paris: Ellipses; 89-108.
95. Lemaire G. 1911. Premier cas de leishmaniose algérienne. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique* 4,554-563.
96. Lemma A, Foster W, Gemetchu T, Preston P, Bryceson A, Minter D. 1969. Studies on leishmaniasis in Ethiopia: I.—preliminary investigations into the epidemiology of cutaneous leishmaniasis in the highlands. *Ann Trop Med Parasitol* 63(4):455–472.
97. livestock animals on the occurrence of cutaneous leishmaniasis in newly emerging focus in Iran. *J Infect Public Heal* 11:425–33.
98. Loria-Cervera EN and Andrade-Narvãez FJ. 2014. “Animal models for the study of leishmaniasis immunology,” *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*56(1): 1–11.
99. Lorvelec O, Pascal M, Le Quilliec P. 2009. *Nuisibles & parasites information* 59 : 23-25..
100. Mansouri R.; Pralong F.; Bachi F.; Hamrioui B.; Dedet J P. The first isoenzymatic
101. Matisoo-smith E, robins JH. 2004. Origins and dispersals of Pacific peoples: Evidence from mtDNA phylogenies of the Pacific rat. *Proc Natl Acad Sci* 101: 9167–9172.
102. Mendes CS, Coelho AB, Feres JG, Souza EC, Cunha DA. 2016. The impact of climate change on leishmaniasis in Brazil]. *Ciência Saúde Coletiva* 2016;21:263–72.
103. Merzougui A, Berbadj M, Inouri S, Bacha D. 2013. Prise en charge de la leishmaniose cutanée en Algérie. *Med Mal* 43: 24.

Références bibliographiques

104. Mihoubi I, De Monbrison F, Romeuf N, Moulahem T, Picot S. Diagnostic délocalisé par PCR temps réel de la leishmaniose cutanée sévissant dans le foyer de Constantine (Algérie). *Méd Trop* 2006 ; 66(1):39-44.
105. Mills JN and Childs JE. 1998. Ecologic Studies of Rodent Reservoirs: Their Relevance for Human Health. *Emerging Infectious Diseases* 4(4), 529-535.
106. Mills JN, Childs JE. 1998. Ecologic studies of rodent reservoirs: their relevance for human health. *Emerg Infect Dis* 4:529-537.
107. Mills JN, Et Al. 1992. A longitudinal study of Junin virus activity in the rodent reservoir of Argentine hemorrhagic fever. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 47:749-763.
108. Mohammadbeigi A, Khazaei S, Heidari H, Asgarian A, Arsangjang S, Saghafipour A, Mohammadsalehi N and Ansari H. 2021. An investigation of the effects of environmental and ecologic factors on cutaneous leishmaniasis in the old world: a systematic review study. *Rev Environ Health* 36 (1): 117–128. DOI:10.1515/reveh-2020-0066.
109. Mokhtari M, Miri M, Nikoonahad A, Jalilian A, Naserifar R, Ghaffari HR, et al. 2016. Cutaneous leishmaniasis prevalence and morbidity based on environmental factors in Ilam, Iran: spatial analysis and land use regression models. *Acta Trop* 163:90–7. DOI: 10.1016/j.actatropica.2016.08.002.
110. Mokni M. 2019. Cutaneous leishmaniasis *Ann Dermatol Venereol*. 146(3).
111. Mooney HA, Hobbs RJ. 2000. *Invasive species in a changing world*. Island Press, Washington DC.
112. Moradi M, Rassi Y, Abai MR, Zahraei Ramazani A, Mohebbali M, Rafizadeh S. J. 2018. Some epidemiological aspects of cutaneous leishmaniasis with emphasis on vectors and reservoirs of disease in the borderline of Iran and Iraq. *Parasit Dis* 42(2).
113. Neffati A, Kallel K, Anene S, et al. 2011. Choix des amorces: élément déterminant dans le diagnostic moléculaire de la leishmaniose cutanée. *Pathol Biol* 59.
114. Neffati A, Kallel K, Anene S, et al. 2011. Choix des amorces: élément déterminant dans le diagnostic moléculaire de la leishmaniose cutanée. *Pathol Biol* 59.
115. Nikonahad A, Khorshidi A, Ghaffari HR, Miri M, Amarloei A, Mohammadi A, et al. 2017. A time series analysis of environmental and metrological factors impact on

- cutaneous leishmaniasis incidence in an endemic area of Dehloran, Iran. *Environ Sci Pollut Res Int* 24:14117–23. DOI: 10.1007/s11356-017-8962-0.
116. Ostfeld RS and Holt RD. 2004. Regulation of zoonotic disease reservoirs 2 (1) 13-20.
117. Ostfeld RS, Holt RD. 2004. Are predators good for your health? Evaluating evidence for top-down regulation of zoonotic disease reservoirs. *Front Ecol Environ* 2:13-20. *Parasitology*, 22(12), 552-557.
118. Parvizi P, Hedayati M. 2010. *Leishmania* infections in rodents, reservoir hosts of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Turkmen Sahra, Gonbad, Golestan Province. *Guilan Univ Med Sci* 18(72): 30–8.
119. Peters W. et Killick-Kendrick R. 1987. The leishmaniasis in biology and medicine. Vol. 1. Biology and epidemiology. Vol. II. Clinical aspects and control. London (UK) Academic Press, 1., 1550, II, 551-941.
120. Petter F. 1961. Répartition géographique et écologique des rongeurs désertiques de la région paléarctique (Doctoral dissertation).
121. Petter F. 1961. Répartition géographique et écologique des rongeurs désertiques (du Sahara occidental à l'Iran oriental). *Mammalia Suppl.* 1; 219.
122. Picaud JL, Baehr JC, Maissiat J. 2004. *Biologie animale Vertébrés*. Dunod; 298: 1-5.
123. Ponte-Sucre A, Gamarro F, Dujardin JC, Barrett MP, López-Vélez R, et al. 2017. Drug resistance and treatment failure in leishmaniasis: A 21st century challenge. *PLoS Negl Trop Dis* 11.
124. Pourmohammadi B, Mohammadi-Azni SJ. 2019. Molecular Detection of *Leishmania major* in *Hemichinus auritus*: A Potential Reservoir of Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis in Damghan, Iran. *Arthropod Borne Dis* 13(3).
125. Pratlong, F., Dereure, J, Ravel C., Lami P., Balard Y, Serres G. 2009. Geographical distribution and epidemiological features of Old World cutaneous leishmaniasis foci, based on the isoenzyme analysis of 1048 strains. *Trop. Med. Health* 14: 1071–1085.
126. Prevention services of the health and population department of Sétif, Algeria. Annual Epidemiological Report, 2018.
127. R Killick-Kendrick, J.A. 1991. Rioux. Intravectorial cycle of *Leishmania* in sandflies. *Ann. Parasitol. Hum. Comp* 66: suppl. 1:71-74.

128. Rahjaoui M, Nasreddin A, Amarir F, Al-Jawabreh A, Ereqat S, Palner J, Abdeen Z. 2007. New clinico-epidemiologic profile of cutaneous leishmaniasis, Morocco. *Emerging Infectious Diseases*, 13(9), 1358–1360.
129. Ramezankhani R, Hosseini A, Sajjadi N, Khoshabi M, Ramezankhani A. 2017. Environmental risk factors for the incidence of cutaneous leishmaniasis in an endemic area of Iran: a GIS-based approach. *Spat Spatio-temporal Epidemiol* 21:57–66. DOI: 10.1016/j.sste.2017.03.003.
130. Ramezankhani R, Sajjadi N, Nezakati Esmaeilzadeh R, Jozi SA, Shirzadi MR. 2018. Climate and environmental factors affecting the incidence of cutaneous leishmaniasis in Isfahan, Iran. *Environ Sci Pollut Res Int* 25:11516–26. DOI: 10.1016/S1473-3099(07)70209-8.
131. Rapport sur les zones touchées par les rongeurs sauvages tels que le *Mérione de shaw*. 2017. Inspection de la Protection des Végétaux et du Contrôle Technique (I.P.V.C.T) liée à la Direction des Sciences Agricoles de la Wilaya de Sétif (DSA).
132. Ready PD. 2010. Leishmaniasis emergence in Europe. *Euro Surveill* 15.
133. Reithinger R, Dujardin JC, Louzir H, Pirmez C, Alexander B, Brooker S. 2007. Cutaneous leishmaniasis. *Lancet Infect Dis* 7: 581–96. Report Series No. 949; WHO: Geneva, Switzerland.
134. Rhajaoui M, Sebti F, Fellah H, Alam MZ, Nasereddin A, Abbasi I, Scho'nian G. 2012. Identification of the causative agent of cutaneous leishmaniasis in Chichaoua province, Morocco. *Parasite*, 19(1), 81–84.
135. Rhajaoui M. 2011. Les leishmanioses humaines au Maroc: une diversité nosogéographique. *Pathologie-Biologie (Paris)*, 59(4), 226–229.
136. Richard Reithinger, Jean-Claude Dujardin, Hechmi Louzir, Claude Pirmez, Bruce Alexander, Simon Brooker. 2007. Cutaneous leishmaniasis. *Lancet Infect Dis* 7: 581–96.
137. Richardson DM, pyšek P, rejmánek M, barbour MG, panetta FD, west CJ. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Divers Distrib* 6: 93–107.
138. Rioux J A. 2006. Le paradigme « éco-pathologie » Son application à l'épidémiologie des leishmanioses. Académie des sciences et lettres de Montpellier.

Références bibliographiques

139. Ripert C, Accoceberry I, Delhaes L, Aubry P et al. 2003. Epidémiologie des maladies parasitaires Opportunistes. Tom 3. Editions Médicales Internationales 419 : 221-222.
140. Ripert C, Accoceberry I, Delhaes L, Aubry P et al. 2003. Epidémiologie des maladies parasitaires Opportunistes. Tom 3. Editions Médicales Internationales ; 419 : 221-222.
141. Ripert C, Accoceberry I, Delhaes L, Aubry P et al. 2007. Epidémiologie des maladies parasitaires Affections provoquées ou transmises par les arthropodes. Tom 4. Editions Médicales Internationales ; 581 : 159-168.
142. Ripert C, Pajot FX, Vincendeau P, Esquerdo Gomez F. 1996. Epidémiologie des maladies parasitaires Protozooses et helminthoses réservoirs, vecteurs et transmission. Tom 1. Editions Médicales Internationales ; 393: 303-305, 308-311, 315-321.
143. Roberts JI. 1939. The relationship of field rodents to plague in Kenya. J. Hyg. (Camb.) 39: 334-343.
144. Rodel VR. 1987. Alter und Linsengewicht von *Meriones shawi grandis* (Cabrera, 1907). Z. f. Säugetierk., 52 : 291 - 294.
145. Rodhain F. 2000. Impacts sur la santé : le cas des maladies à vecteurs. In : Impacts potentiels du changement climatique en France au XXI^e siècle, Mission interministérielle de l'effet de serre, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Paris, 122-127.
146. Roger A, Nacher M, Hanf M, et al. 2013. Climate and leishmaniasis in French Guiana. Am J Trop Med Hyg 89:564-9.
147. Saghafipour A, Vatandoost H, Zahraei-Ramazani AR, Yaghoobi-Ershadi MR, Jooshin MK, Rassi Y, Shirzadi MR, Akhavan AA, Hanafi-Bojd AA. J Arthropod. 2017. Epidemiological Study on Cutaneous Leishmaniasis in an Endemic Area, of Qom Province, Central Iran. Borne Dis 11(3).
148. Samy AM, Annajar BB, Dokhan MR, Boussaa S, Peterson AT. 2016. Coarse-resolution ecology of etiological agent, vector, and reservoirs of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Libya. PLoS Negl Trop Dis 10 (2). DOI: 10.1371/journal.pntd.0004381.
149. Sax DF, Brown JH. 2004. The paradox of invasion. Global Ecology and Biogeography A Journal of Macroecology Volume9, Issue5, 363-371.

150. Schönian G, Nasereddin A, Dinse N et al. 2003. PCR diagnosis and characterization of *Leishmania* in local and imported clinical samples, "Diagnostic Microbiology and Infectious Disease 47 (1): 349–358. DOI: 10.1016/s0732-8893(03)00093-2.
151. Schönian G, Kuhls K, ILMauricio. 2010. Molecular approaches for a better understanding of the epidemiology and population genetics of *Leishmania*. 406-409.
152. Selmane S. 2015. Dynamic relationship between climate factors and the incidence of cutaneous leishmaniasis in Biskra Province in Algeria. *Ann Saudi Med* 35:445–9.
153. Seid A, Gadisa E, Tsegaw T, Abera A, Teshome A, Mulugeta A, et al. 2014. Risk map for cutaneous leishmaniasis in Ethiopia based on environmental factors as revealed by geographical information systems and statistics. *Geospat Health* 8:377–87. DOI: 10.4081/gh.2014.27.
154. Sergent Ed., Sergent Ét., Parrot L., Donatien A. & Beguet M. 1921. Transmission du clou de Biskra par le phlébotome (*Phlebotomus papatasi* Scop.). *C. R. Acad. Sci.*, 173 : 1030 p.
155. Shirani L, Bidabadia M A, Nilforoushzadehab A A, Akhavanc H, Abdolie AH, Siadata F, Jaffaryad SH, Hejazia N, Shareghie M, Ghaneie, M Arandiane and Moradia SH. 2009. Karyosystematic and morphometric characterization of the rodents as reservoir hosts of zoonotic cutaneous leishmaniasis in an endemic focus of Isfahan Province, Iran. *Journal of vector borne diseases* 46: 52–56.
156. Shiravand B, Dehghani Tafti A A , Hanafi-Bojd A A , Almodaresi S A, Mirzaei M, Abai MR . 2018. Modeling spatial risk of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Central Iran. *Acta tropica*: 185.
157. Sidorova JV , Biderman BV, Nikulina EE, Sudarikov AB. 2012. A simple and efficient method for DNA extraction from skin and paraffin-embedded tissues applicable to T-cell clonality assays. *Exp Dermatol* (1):57-60. DOI: 10.1111/j.1600-0625.2011.01375.x.
158. Sofizadeh A, Hanafi-Bojd AA , Shoraka HR. 2018. Modeling spatial distribution of *Rhombomys opimus* as the main reservoir host of zoonotic cutaneous leishmaniasis in northeastern Iran. *Victor Born Dis* 55(4).
159. Sofizadeh A, FarajiFar AA, Cherabin M, Badiei F, Cherabin M, Sarli J, et al. 2013. Cutaneous leishmaniasis in Gonbad-e-Kavus, north of Iran (2009–11): An epidemiological study. *Gorgan Univ Med Sci J* 14(4): 100–6.

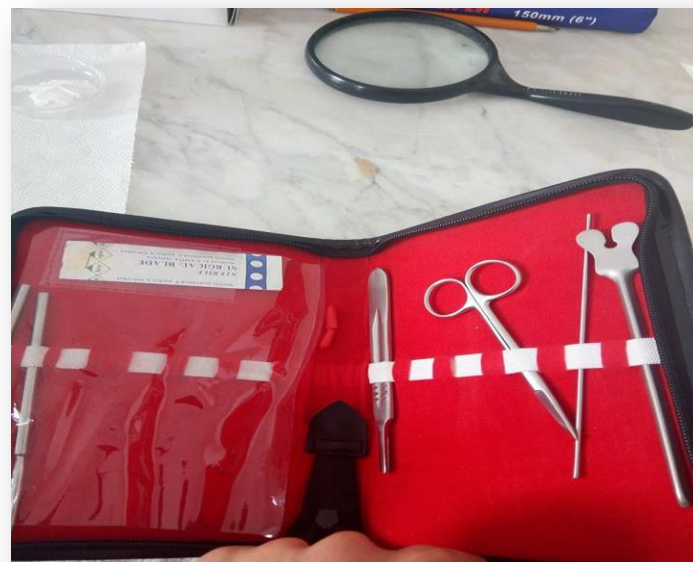
160. Sofizadeh A, Vatandoost H, Rassi Y, Hanafi-Bojd AA, Rafizadeh S. 2016. Spatial analyses of the relation between rodent's active burrows and incidence of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Golestan Province, northeastern of Iran. *J Arthropod Borne Dis* 10 (4): 569-576.
161. Sutherst, R.W. 2004. Global change and human vulnerability to vector-borne diseases. *Clin. Microbiol Rev* 17, 136–173.
162. Tabbabi A. 2019. Review of Leishmaniasis in the Middle East and North Africa. *Afr Health Sci* 19 (1). DOI: 10.4314/ahs.v19i1.4.
163. Taylor KD. 1968. An outbreak of rats in agricultural areas of Kenya in 1962. *E. Afr. Agric. For. J.* 34: 66-77.
164. Taylor JC. & Green MG. 1976. The influence of rainfall on diet and reproduction in four african rodent species. *J. Zoo/. Lond.* , 180 : 367-389.
165. Teka O, Mensah GA, Holou R. 2002. Colonisation des parcelles fourragères par des espèces de rongeurs au sud Bénin : cas de la ferme d'élevage de Samiondji. Actes du séminaire – atelier sur la mammalogie et la biodiversité, 30 octobre–18 novembre 2002, in : Société pour l'étude et la protection des mammifères, Abomey–Calavi 33–39.
166. Toumi, A.; Chlif, S.; Bettaieb, J.; Alaya, N.B.; Boukthir, A., Ahmadi, Z.E.; Ben Salah, A. 2012. Temporal dynamics and impact of climate factors on the cases of zoonotic cutaneous Leishmaniasis in central Tunisia. *PLoS Negl. Trop. Dis* 6.
167. Van Auken OW. 2000. Shrub invasions of North American semiarid grasslands. *Annu Rev Ecol Syst* 31:197–215.
168. Vilà M, Weiner J. 2004. Are invasive plant species better competitors than native plant species? – Evidence from pair-wise experiments. *Oikos* 105: 229–238.
169. Waiblinger E. 2011. Lutte contre les rongeurs nuisibles. feuille d'information PSA. Protection Suisse des Animaux PSA.
170. Warburg, A.; Faiman, R. 2011. Research priorities for the control of phlebotomine sand flies. *J. Vector Ecol* 36 Suppl 1, S10–S16.
- World Health Organization (WHO). 2010. *Control of the Leishmaniasis: Report of a Meeting of the WHO Expert Committee on the Control of Leishmaniases*. World Health Organization Technical
171. World Health Organization. Leishmaniasis. 2019. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/leishmaniasis> [Accessed 14 August 2019].

172. Yaghoobi-Ershadi MR. Phlebotomine sandflies (Diptera: Psychodidae) in Iran and their role on *Leishmania* transmission. 2012. *J Arthropod Borne Dis* 6(1): 1–17.
173. Yavar R, Abedin S, Reza AM, Mohammad Ali O, Sina R, Mehdi M, Reza YE M, Fatemeh M, Babak F. Phlebotomus papatasi and Meriones libycus as the vector and reservoir host of cutaneous leishmaniasis in Qomrood District, Qom Province, central Iran. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*: 97-100.
174. Young DG, Duncan MA. 1994. Guide to the identification and geographic distribution of Lutzomyia sandflies in Mexico, West Indies, central and South America (Diptera: Pshychodidae), Memoiries of the American entomological Institute N°54, Associated Publishers, Gainesville, Florida, Etas-Unis, 881 .
175. Zaime A, Gautier JY. 1988. Analyse Des Fluctuations Densitaires Et De L'occupation De L'espace Chez La Mérione De Shaw, *Meriones Shawi*, En Milieu Semi-Aride, Au Maroc. *Sci. Tech. Anirn. Lab* 13 : 59-64.
176. Zaime A, Gautier JY. 1989. Comparaison des régimes alimentaires de trois espèces sympatriques de gerbillidae en milieu saharien, au maroc . *Rev. EcoL(Terre Vie)* 44.
177. Zyadi F Et Benazzou T. 1992. Dynamique De Population De Gerbill Us Campestris (Rodentia, Gerbillidae) Dans La Plaine Du Gharb, Maroc. *Rev. Eco/.* (Terre Vie), vol. 47. 245-256.

ANNEXES

ANNEXE 1

Boite de dissection



ANNEXE 2

SETIF-AERO

Station : (2008 / 2018)

Tableau : Température Moyenne Mensuelle sous Abri (en °C)

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Tot	Moy
2008	3.8	4.9	9.6	14.6	19.2	23.6	25.8	24.4	19.4	17.9	10.7	6.6	180.5	15
2009	6.9	7.8	7.6	12.2	16.2	23.2	25.8	25.7	20.3	15.4	8.5	5.3	174.9	14.6
2010	6.3	7.2	8.5	12.5	17.1	21.1	26.5	25.6	20.4	14.6	8.1	4.8	172.7	14.4
2011	5.2	4.9	8.8	9.3	17.2	22.7	27.9	25.6	19.1	14.6	10.1	7.8	172.6	14.4
2012	6	7.4	9.3	12.4	13.6	20.9	26.1	25.2	19.9	14.4	9.2	5.6	170	14.2
2013	5.2	4.6	8.1	13.3	15.8	20.7	25.9	26	21.6	14.3	10	5.7	171.2	14.3
2014	4.3	1.6	8.7	11	17.5	25.5	27.5	27.9	20.5	16.3	10.8	5.6	177.2	14.8
2015	4.9	3.5	9	12.3	14.7	19.9	25.6	23.8	20.4	18.8	8.5	5.1	166.5	13.9
2016	6	7	7.2	13.2	16.7	21.4	25.6	26.4	23	17.3	11.6	4.9	180.3	15
2017	3.8	3.9	8.2	13.8	18.4	21.3	26.8	25.4	20.4	15.1	9.5	6.5	173.1	14.4
2018	6.7	6.9	7.6	13.6	17.1	22.4	25.9	24.4	20.1	17.9	10.1	10.1	182.8	15.2
Moy	5.1	5.3	8.6	12.4	16.6	22.1	26.4	25.4	20.3	16.1	9.6	5.9	173.8	14.5

ANNEXE 3

SETIF-AERO

Station : (2008 / 2018)

Tableau : Pluviométrie (Cumul Mensuel en mm)

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Tot	Moy
2008	55.9	36.8	8.5	39.7	79.4	7.4	14	2.8	54.3	0.2	9.5	49.6	356	29.7
2009	8.6	28.6	102	89.2	27.2	59.5	3	2.4	79.3	21.8	17.3	10.5	449.4	37.4
2010	10.8	21.6	42.9	21.8	72.7	29	40.1	19.1	44.9	55.4	23	38.1	419.4	34.9
2011	66.3	38.2	31.5	79.1	4.9	4.7	3	29.7	63.8	9	28.1	26.1	384.4	23
2012	30.9	38.2	38.3	55.1	73.4	22.6	6	35.3	5	40.9	43.7	18	407.4	33.9
2013	14.3	102	35.2	82.6	46.6	32.7	3.9	17.5	7.5	43.2	35.7	27.5	440.3	36.7
2014	42.5	54	15.1	83.2	5.9	14	1.3	21.8	13.2	23.6	79.4	5.5	360.1	30
2015	84	51.6	34	35.5	59.7	2.2	10.1	24.9	28.9	49.3	22.4	31	433.6	36.1
2016	37.7	16.9	74	2.2	47.2	38.4	2.6	0	6.6	5.9	20.5	76.5	328.5	27.4
2017	69	55.4	52.9	5.4	25.7	25.2	8.5	27.3	31.7	49.6	21.6	0	372.3	31
2018	16.9	36.8	66.3	42.1	57.8	7.6	5.5	0.6	12	14.6	29.7	29.7	319.9	26.7
Moy	46.1	40.5	41.4	53.2	43.4	21.8	11.2	17.1	29	30.5	33.3	39.3	406.8	33.9

ANNEXE 4

SETIF-AERO

Station : (2008 / 2018)

Tableau : Vent Moyen Mensuel (en m/s)

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Tot	Moy
2008	4.3	4.4	4.6	3.9	4	5.1	3.9	3.8	3.5	3.5	3.6	3.6	48.2	4
2009	3.3	4.7	4.8	4.8	4	4.7	4	4.4	3.7	4.1	3.8	3	49.3	4.1
2010	3.1	3.6	5.1	4.4	4.2	4	3.6	3.3	3.4	3.4	4.2	3.7	46	3.8
2011	4.5	3.8	3.6	3.7	3.2	3.6	3.5	3.9	2.9	3.3	3.1	3.8	43.9	3.7
2012	4.2	5.4	3.5	3.3	3.6	3.6	3.3	3.3	3.4	3.5	4.3	3.3	43.8	3.6
2013	2.7	4	3.5	3.3	3.4	3.1	3.5	3.2	3.1	3	3.6	2.9	39.3	3.3
2014	3.4	3.6	3.2	3.8	3.2	3.4	3.7	3.8	3.4	3.1	3.1	2.8	40.2	3.3
2015	4	4	4.8	4	3.8	3.5	3.2	3.3	3.2	2.6	4.2	2.8	43.4	3.6
2016	3.6	3.7	4	3.8	3.5	3.7	3.4	3.2	3.2	3	3.6	3.5	42.2	3.5
2017	3.2	4.7	3.6	2.8	3.6	3.5	3	3.1	3.3	3.1	2.7	2.1	38.7	3.2
2018	3.1	3.9	3.9	3.6	3.6	3.5	3.4	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1	40.6	3.4
Moy	3.7	4.2	4	3.9	3.7	3.8	3.6	3.6	4.3	3.3	3.6	3.3	44.1	3.7

ANNEXE 5

SETIF-AERO

Station : (2008 / 2018)

Tableau : Humidité Moyenne Mensuelle (en %)

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Tot	Moy
2008	82.6	79.9	67.9	58.8	64	38.8	39.2	47.5	58.8	55.4	72.9	86.1	751.9	62.7
2009	72.8	77.7	77.7	74.6	62.5	46.5	39.2	42.6	63.3	72.5	75.7	82.6	787.7	65.6
2010	77	73.4	72.7	64.3	61.4	53	45.4	47.6	58.7	78.3	79.3	85.2	796.3	66.4
2011	85.7	77.4	72	75.9	57.4	43.1	36.3	47	72.1	70.5	71.9	78.9	788.2	65.7
2012	80.1	80.1	75	76.6	72	56.8	44.3	46.6	55.4	63.7	77	70.5	798.1	66.5
2013	77.3	79.3	73.9	69.4	66.9	58.2	45.1	41.7	54.4	68.7	78.5	82.6	796	66.3
2014	77.1	82.8	69.9	77.7	59.5	45.7	38.4	34.5	56.9	68.2	80.8	76.8	768.3	64
2015	76.3	76.6	71.1	66.6	67.2	50.5	42.6	42.3	62	58.1	72.8	77.1	763.2	63.6
2016	74.5	67.1	71.5	57.1	55.8	50.9	37.9	40.4	46.4	51.2	65.4	82.3	700.5	58.4
2017	77.1	81	68.8	57.9	52.6	47.3	34.3	47.2	59.9	69.5	73.7	70.9	740.2	61.7
2018	70.8	70.2	66.5	63.4	54.3	45.3	35.9	42.6	55.9	55.5	68.7	68.7	697.8	58.2
Mo	78.3	76.9	71.1	68.3	61.6	49.2	40.1	44.4	59.4	65.2	74.9	79.6	769	64.1*

ANNEXE 6

Tableau : Fiche de suivi Campagne de surveillance et de lutte contre les rongeurs arvicoles 2017-2018

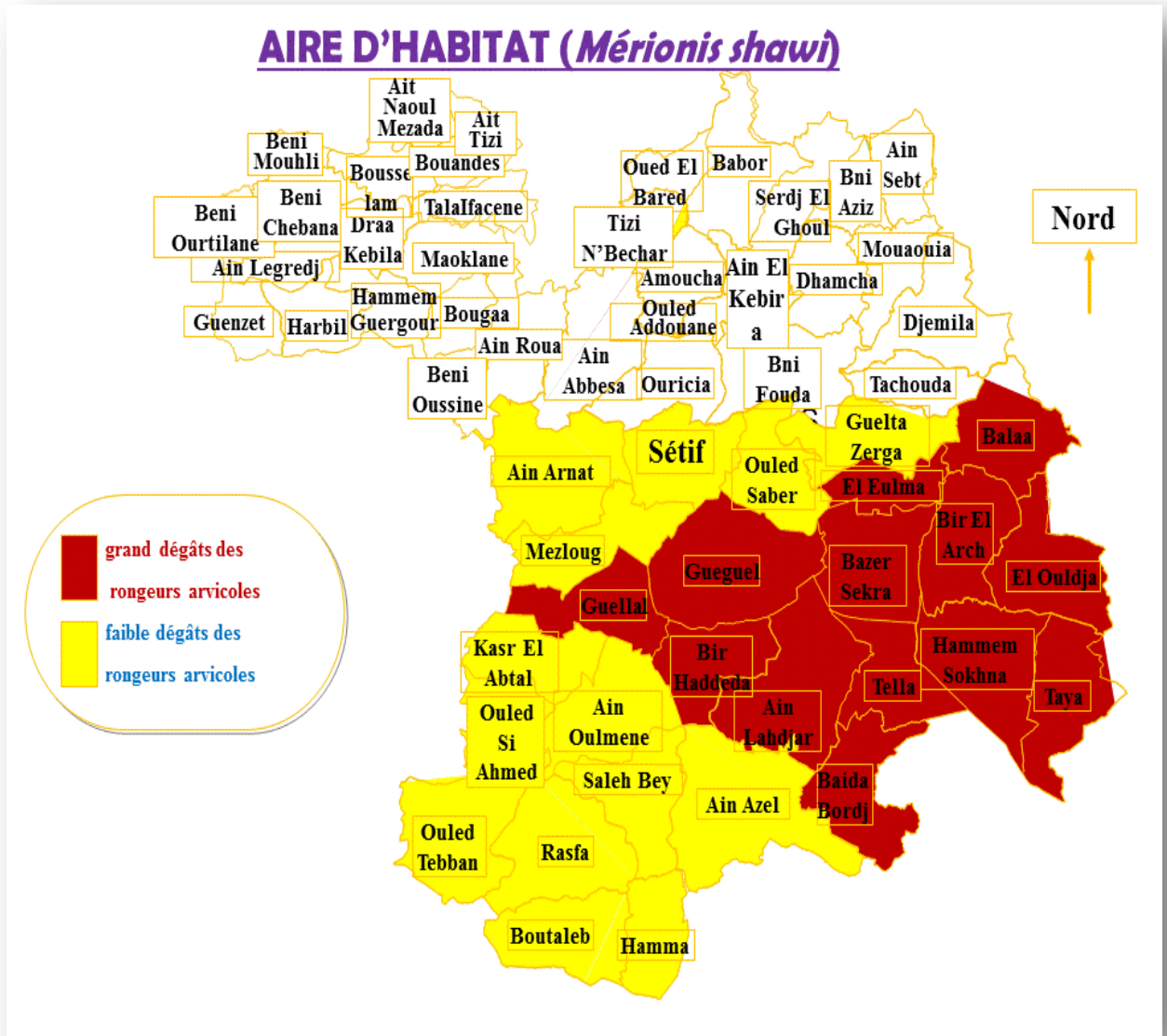
Subdivision	commune	Superficie prospectée (Ha)	Superficie infestée (Ha)					Superficie traitée (ha)						Taux de réalisation
			Terre cultivée	Bord. De parcelle	Jachère	Terre inculte	Total	Terre cultivée	Bord. De parcelle	Jachère	Terre inculte	Total	Nbre d'agriculteurs servi	
HAMMAM SOKHNA	H. sokhna	500	80	20	80	2	182	95	5	5	0	105	14	100%
	Tella	400	40	10	40	0	90	42	10	10	0	62	7	
	Taya	400	10	5	10	0	25	100	5	10	15	130	13	
	S/Total	1300	130	35	130	2	297	237	20	25	15	297	34	
AIN AZEL	Ain azel	300	20	5	20	3	48	40	5	3	0	48	30	100%
	Beida bordj	200	40	10	40	0	90	70	5	10	5	90	10	
	Hamma	200	10	2	10	0	22	22	0	0	0	22	14	
	Boutaleb	150	10	5	10	3	28	28	0	0	0	28	17	
	S/Total	850	80	22	80	6	188	158	10	13	5	188	72	
AIN LAHDJAR	Ain lahdjar	200	20	5	10	0	35	20	10	5	0	35	6	100%
	Bir haddada	400	60	20	10	0	90	60	20	10	0	90	6	
	S/Total	600	80	25	20	0	125	80	30	15	0	125	12	
GUEDJEL	Guedjel	500	80	20	50	0	150	170	0	0	0	170	22	100%
	Guellal	300	50	10	50	0	110	10	5	5	0	20	2	
	Ouled saber	100	10	5	10	5	30	90	10	0	0	100	13	
	S/Total	900	140	35	110	5	290	270	15	5	0	290	37	
AIN OULMENE	Ain oulmene	250	30	5	20	0	55	35	5	0	0	40	8	100%
	Ouled si ahmed	150	10	3	10	0	23	25	5	0	0	30	6	
	Kasr el abtal	180	15	2	5	0	22	25	5	0	0	30	6	
	S/Total	580	55	10	35	0	100	85	15	0	0	100	20	
BIR EL ARCH	Bir el arch	450	50	10	50	5	115	90	0	0	5	95	8	100%
	Belaa	650	10	5	10	0	25	20	0	0	0	20	3	
	Elouldja	300	20	10	30	0	60	80	0	0	5	85	8	

	S/Total	1400	80	25	80	5	200	190	0	0	10	200	19	
AIN ARNAT	Ain arnat	200	10	2	5	0	17	20	0	0	0	20	4	100%
	Mezloug	300	5	5	5	0	15	20	0	0	0	20	4	
	Setif	200	5	3	10	0	18	10	0	0	0	10	2	
	S/Total	700	20	13	20	0	50	50	0	0	0	50	10	

Subdivision	commune	Superficie prospectée (Ha)	Superficie infestée (Ha)					Superficie traitée (ha)					Nbre d'agriculteurs servi	Taux de réalisation
			Terre cultivée	Bord. De parcelle	Jachère	Terre inculte	Total	Terre cultivée	Bord. De parcelle	Jachère	Terre inculte	Total		
SALAH BEY	Salah bey	300	25	10	30	0	65	40	0	2.5	0	42.5	15	100%
	Rasfa	150	20	5	10	0	35	37.5	0	10	0	47.5	19	
	Ouled tabane	120	10	5	10	0	25	35	0	0	0	35	13	
	S/Total	570	55	30	50	0	125	112.5	0	12.5	0	125	47	
EL EULMA	Eleulma	400	50	10	60	0	120	95	3	2	0	75	7	100%
	Bazer sakhra	500	50	10	70	0	130	120	10	20	0	150	28	
	Guelta zarga	200	10	5	20	0	35	35	0	0	0	60	12	
	S/Total	1100	110	25	150	0	285	250	13	22	0	285	47	
Total Général		8000	750	207	685	18	1660	1434.5	103	92.5	30	1660	298	100 %

ANNEXE 7

Aire d'habitat des Mériones à Sétif



ANNEXE 8

Réactifs pour PCR

Tableau : Les produits du mix et leurs rôles

Produits	Rôle
Tampon	Stabiliser le PH du milieu réactionnel
dNTPs	Elongation des deux brins d'ADN
Mgel2	Cofacteur positif de la Taq polymérase
Amorce 1	La reverse et la forward
Amorce 2	La reverse et la forward
Taq polymérase	Intervienne dans l'hybridation de l'ADN
Eau distillée stérile	Dilution des réactifs à leurs concentrations optimales d'utilisation

ANNEXE 9

PCR en temps réel

Tableau : Volume des produits nécessaires pour un seul échantillon

Mix	Volume des produits nécessaires pour un seul échantillon (ul)
H2O	2
Master mix	10
Primer 1	0.5
Primer 2	0.5
Sonde	2
Total du Mix	15

ANNEXE 9

L'électrophorèse sur gel d'agarose

1. Réactifs :

- TAE 1% (Tris Acide Acétique EDDA) dilué une fois (40 mM Tris, 20 mM acétique acide et 1 mM EDTA).
- BET (Bromure d'éthidium).

2. Préparation du gel d'agarose à 0.8 %

- Peser 0.8% d'agarose et le mettre dans 100 ml de TAE 1%.
- Chauffer le mélange au micro-onde jusqu'à l'obtention d'un mélange limpide, pour le refroidir on met le mélange sous l'eau courante, puis ajouter 6 ul de BET.
- Couler le gel dans la cuve après avoir positionner le peigne.
- Après polymérisation du gel, retirer soigneusement le peigne et placer le gel dans la cuve d'électrophorèse préalablement remplis du tampon TAE.

PUBLICATION

ملخص

داء الليشمانيات الجلدي الحيواني المنشأ هو أكثر الأمراض المتوطنة في الجزائر. الخزانات الثنوية الرئيسية للطفيل ليشمانيا العامل الممرض الرئيسي هي هي على وجه التحديد القوارض البرية لعائلة الجربوعيات ، بما في ذلك ميريونيس شاولي و بسامو ميس اوبيسوس. أصبحت سطيف في الجزائر بؤرة نشطة للغاية لهذا المرض الحيواني. أجريت دراستنا في الفترة من يناير 2017 إلى يناير 2019 في عشر محطات تمثيلية لمنطقة الدراسة، من أجل تحديد ارتباط الأمراض الحيوانية المنشأ مع أنواع الخزانات المضيفة. تم التقاط مائة و اثني عشر (112) عينة من القوارض، وتم تحديد المواصفات الشكلية بما في ذلك $(76.78\%) = (112/86) Meriones shawi$ ؛ $(3.57\%) = (112/4) Gerbilus gerbilus$ ؛ $(10.71\%) = (112/12) Ratus ratus$ بالإضافة إلى ذلك ، تم اختبار الكبد والطحال من أجل د ن ي لليشمانيا باستخدام PCR ITS1. أكدت نتائجنا وجود ميريونيس شاولي في جميع بلديات منطقة سطيف تقريباً وكان أعلى عدد مع 50 عينة في الوسط والجنوب (58.13%). أظهرت نتائج ال ACP ارتباطاً سلبياً بين تساقط الامطار وتواتر داء الليشمانيات الجلدي الحيواني المنشأ. أظهر الكشف المجهرى والجزينى لمرض الليشمانيا إصابة قوية في معظم عينات ميريونيس شاولي بنسبة 37.20% فيما لم يتم الكشف عن اي إصابة في بسامو ميس اوبيسوس مما يؤكد دور ميريونيس شاولي كمخزن رئيسي لانتقال هذا الشكل من داء الليشمانيات في منطقة سطيف ، حيث كان بسامو ميس اوبيسوس شبه غائب.

كلمات المفتاح: داء الليشمانيات الجلدي الحيواني المنشأ ، الخزان المضيف ، القوارض ، الإرشاد ، سطيف

Inventaire, Biologie et Ecologie des rongeurs réservoirs de la leishmaniose cutanée zoonotique dans la région de Sétif

Résumé

La leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) est la maladie la plus endémique en Algérie. Les principaux réservoirs mammaliens du parasite *Leishmania major* l'agent pathogène sont spécifiquement les rongeurs sauvages de la famille des *Gerbillidae*, notamment *Meriones shawi* et *Psammomys obesus*. La Wilaya de Sétif en Algérie est devenu un foyer très actif pour cette zoonose. Notre étude a été menée de janvier 2017 à janvier 2019 dans dix stations représentatives de la région d'étude, dans le but d'identifier l'association de la zoonose avec les espèces hôtes réservoirs. Cent douz (112) spécimens de rongeurs ont été capturés, et les caractères morphométriques ont été déterminés dont : *Meriones shawi* $(86/112)=(76.78\%)$, *Psammomys obesus* $(3/112)=(2.67\%)$, *Mus musculus* $(5/112)=(4.46\%)$, *Ratus ratus* $(12/112)=(10.71\%)$, *Gerbilus gerbilus* $(4/112)=(3.57\%)$ and *Pachyuromys duprasi* $(2/112)=(1.78\%)$. Les lésions superficielles ont été soumises à des frottis colorés au Giemsa. En outre, les foies et les rates ont été testés pour l'ADN de *Leishmania* en utilisant la PCR ITS1. Nos résultats ont confirmé la présence de *Meriones shawi* dans presque toutes les communes de la région de Sétif et la population la plus élevée avec 50 spécimens (58.13%) se trouvait dans le centre et le sud. Les résultats de l'ACP ont montré une association négative entre les précipitations et l'incidence de la LCZ. La détection microscopique et moléculaire de *Leishmania* a montré une forte infestation dans la plupart des spécimens de *Meriones* (32/86) avec un taux de 37.20 %, cependant aucune infestation chez *Psammomys* n'a été détectée, ce qui confirme le rôle de *Meriones shawi* comme principal réservoir (76.78 %) pour la transmission de cette forme de leishmaniose dans la région de Sétif, puisque *Psammomys obesus* était presque absent (2.67 %).

Mots clés : Leishmaniose cutanée zoonotique, Hôte réservoir, Rongeur, extension, Sétif

Inventory, Biology and Ecology of Rodent Reservoirs of Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis in the Setif Province.

Abstrat

Zoonotic cutaneous leishmaniasis (ZCL) is the most endemic disease in Algeria. *Leishmania major* is the causative agent, and Gerbils *Meriones shawi* and *Psammomys obesus* are the main reservoir hosts. The department of Setif in Algeria has become a very active focus for this zoonosis. Our study was carried out from January 2017 until January 2019 in ten representative stations of the study region, in an aim to identify the association between the zoonosis and the reservoir host species. One hundred and twelve (112) rodent were captured, and the morphometric characters were determined including: *Meriones shawi* $(86/112)=(76.78\%)$, *Psammomys obesus* $(3/112)=(2.67\%)$, *Mus musculus* $(5/112)=(4.46\%)$, *Ratus ratus* $(12/112)=(10.71\%)$, *Gerbilus gerbilus* $(4/112)=(3.57\%)$ and *Duprasi sp* $(2/112)=(1.78\%)$. Superficial lesions were subjected to Giemsa stained smears. In addition, Livers and spleens were tested for *Leishmania* DNA using ITS1 PCR. The results showed the presence of *M. shawi* in almost all communities of Setif region and the highest population with 50 specimens (58.13%) was in the center and south. The microscopic and molecular detection of *Leishmania* showed high infestation in most specimens of *Meriones* (32/86) with a rate of 37.20 %, however no infestation in *Psammomys* has been detected. The PCA results showed a negative association between rainfall and ZCL cases; however, positive association was found between temperature and the human CL cases. Also, positive association was demonstrated between ZCL in south and center of Setif region and *Meriones* captured. Our finding, confirm that *M. shawi* is the principal reservoir host (76.78%) of the ZCL in Setif region, since *P. obesus* was nearly absent (2.67%).

Keywords: Zoonotic cutaneous leishmaniasis, Host reservoir, Rodent, extension, Setif

Zoonotic cutaneous leishmaniasis and *Leishmania* infection among *Meriones shawi* population in Setif Province, Algeria

AMINA FELLAHI^{1,✉}, NACER DJIRAR¹, ABDELKADER CHERIEF², ABDELKRIM BOUDRISSA³,
NAOUEL EDDAIKRA³

¹Laboratory of Improvement and Development of Plant and Animal Production, University of Ferhat Abbas. El Bez, Sétif 19000, Algeria.
Tel.:+213-658-101010, ✉email: amina.fellahi@univ-setif.dz

²Laboratory of Agronomic Sciences, Faculty of Sciences, University of M'Sila. BP 166, 28000, Algeria

³Laboratory of Eco-epidemiology Parasitic Population Genetics, Pasteur Institute of Algiers. Route du petit Staouéli, Dély Ibrahim, Algiers, Algeria

Manuscript received: 8 February 2021. Revision accepted: 2 June 2021.

Abstract. Fellahi A, Djirar N, Cherief A, Boudrissa A, Eddaikra N. 2021. Zoonotic cutaneous leishmaniasis and Leishmania infection among *Meriones shawi* population in Setif Province, Algeria. *Biodiversitas* 22: 2547-2554. Zoonotic cutaneous leishmaniasis (ZCL) is the most endemic disease in Algeria. *Leishmania major* is the causative agent, and Gerbils *Meriones shawi* and *Psammomys obesus* are the main reservoir hosts. The Province of Setif in Algeria has become a very active focus for this zoonosis. Our study was carried out from January 2017 until January 2019 in ten representative stations of the study area, with an aim to identify the association between zoonosis and reservoir host species. Eighty-six (86) specimens of *M. shawi* and three (3) specimens of *P. obesus* were captured and determined. Superficial lesions were subjected to Giemsa stained smears. In addition, Livers and spleens were tested for *Leishmania* DNA using ITS1 PCR. The results showed the presence of *M. shawi* in almost all communities of Setif Province and the highest population with 50 specimens (58.13%) was in the center and south. The microscopic and molecular detection of *Leishmania* showed high infestation in most specimens of *Meriones* (32/86) with a rate of 37.20 %, however, no infestation in *Psammomys* has been detected. The PCA results showed a negative association between rainfall and ZCL cases; however, positive association was found between temperature and the human CL cases. Also, positive association was demonstrated between ZCL in south and center of Setif Province and *Meriones* captured. Our finding, confirm that *M. shawi* is the principal reservoir host (76.78%) of the ZCL in Setif Province, since *P. obesus* was nearly absent (2.67%).

Keywords: *Meriones shawi*, reservoir host, rodent, zoonotic cutaneous leishmaniasis

INTRODUCTION

Zoonotic Cutaneous leishmaniasis (ZCL) is one of the most important parasitic diseases of mammals and humans (Barkati et al. 2019; Tabbabi 2019). This form represents 75% of all leishmaniasis (de Souza et al. 2015). *Leishmania major* (*L. major*) an obligate intracellular parasite are known to be the causative agent (Aoun and Bouratbine 2014; Chaara et al. 2014). The vector is *Phlebotomus papatasi* (Izri et al. 1992). The main mammalian reservoirs of the parasite *L. major* are specifically wild rodents of Gerbillidae family, including *Meriones shawi* (*M. shawi*) and *Psammomys obesus* (*P. obesus*), which are closely associated with humans (Belazzoug 1986; Reithinger et al. 2007; Aoun and Bouratbine 2014; Akhouni et al. 2016). This rodent species has a significant role in the transmission of disease (Bernard 1977; Tekka et al. 2002; Derbali et al. 2012; Samy et al. 2016). The ZCL disease is a major public health problem, that about 10,000 new cases are reported every year, and about two-thirds of cases occur in Afghanistan, Colombia, Syria, Brazil, Iran, and Algeria (Alvar et al. 2012; Mohamedbeigi et al. 2019; WHO 2019). It is difficult to treat because no vaccine is yet available (Seid et al. 2014). This form of leishmaniasis is endemic in many areas of the tropics and subtropics and the Mediterranean

basin, spanning generally more than 98 countries (Reithinger et al. 2007; Alvar et al. 2012; WHO 2019). In fact, this means that there are about 350 million people at risk of zoonotic CL that has existed for many years and caused by *L. major*, the most common parasite found in northern Africa, where the incidence rate of ZCL largely exceeds thousands of cases per year (Pratlong et al. 2009; Alvar et al. 2012; Eddaikra et al. 2018; WHO 2019).

Algeria is considered one of the ten most affected countries of cutaneous leishmaniasis globally, and it represents the second focus, after Afghanistan, with 10847 cases in 2018 (Eddaikra et al. 2018; WHO 2019). Thus, Zoonotic Cutaneous leishmaniasis is endemo-epidemic in arid and semi-arid Algeria areas. The first identification of the parasite was in the Province of Biskra in 1910 (Sergent et al. 1921). In recent years, there has been an increase in the prevalence of the LCZ and an extension to the north of the country (Harrat et al. 1996; Alvar 2012). The disease is spreading rapidly and creating new and important outbreaks such as those in M'Sila, Batna, Bechar, El Oued, Ghardaia, Bordj Bou Arreridj, Djelfa, Saida, and Setif (Belazzoug 1982; Boudrissa et al. 2012; Benelmouffok et al. 2017). Our interest is particularly focused on the Province of Setif. This province is bordering the epidemiological foci of ZCL, especially those of Hodna which is considered a permanent focus. Until now, no eco-

epidemiological work on ZCL has been done; based on this, an intervention study of the reservoir host is needed to better understand the prevalence of ZCL in Setif. Due to the importance of these Gerbils in the maintenance of *L. major*, This study aimed to identify the relationship between *M. shawi* and ZCL prevalence in Setif area to establish a preventive and successful control strategy based on reservoir host in endemic periods.

MATERIALS AND METHODS

Study area description

Setif Province is situated on a high plain (North East of Algeria), with an estimated area of 6550 km², an altitude of 1100 m, and approximately 1,489,979 inhabitants. It is distant from the capital; Algiers, by 300 km. To the north, it borders Bejaia and Jijel, to the south; it borders M'Sila and Batna, to the east, Mila and to the west, Bordj Bou-Arridj. The relief of Setif is divided into three main areas: northern mountainous zone, central plains spacing, and southern low zone (composed of desert chain). The Setif Province enjoys a semi-arid continental climate with wet and cold winter and hot and dry summer (Figure 1).

Retrospective study of cutaneous Leishmaniasis in Setif

We conducted a retrospective study on the incidence of cutaneous leishmaniasis in our study area (Departement of Sétif), over 11 year period from 2008 to 2018. All data were provided by the Directorate of Health and Population (DSP: Direction de la santé et de la population) from the Annual Epidemiologic Data collection (REM: Relevé épidémiologique mensuel). Among these data: the number of cases of CL recorded per year, and the distribution of cases by age and gender. Positive cases of ZCL were

reported and recorded by health facilities in the study areas during the 2008-2018 period.

Climatic data

To determine the links between the frequency of ZCL and the climatic factors, we collected the temperature and rainfall data recorded during 2017 and 2018, from the National Office of Meteorology (ONM) of Setif in the Setif International Airport (World Meteorological Organization), which were registered daily.

Rodent trapping and capture

Site selection

Two criteria were used to choose the target communities for the study of the relationship between zoonotic cutaneous leishmaniasis and the reservoir host *Meriones shawi* (Figure 1): The first was based on the number of ZCL cases registered and notified in Setif Province (Figure 2). The CL clinical data used in this study were taken from the Directorate of Health and Population (Direction de la Santé et de la Population; DSP- Setif) to find the pattern of cutaneous leishmaniasis and theredistribution points. Villages with more positive ZCL cases during 2017 and 2018 were selected as best sites for the study (critical areas for transmission of ZCL); and the second was related to rodents distribution, their ecological niches, and active burrows number, established based on field observations in search for activity indices and reports from IPVCT-DSA (Directorate of Agricultural Services; DSA -Setif). Besides, related to infestations in agricultural areas by *M. shawi*. The target stations are chosen for the catch of rodents. The coordinates of the selected sites were recorded by GPS (Table 1).

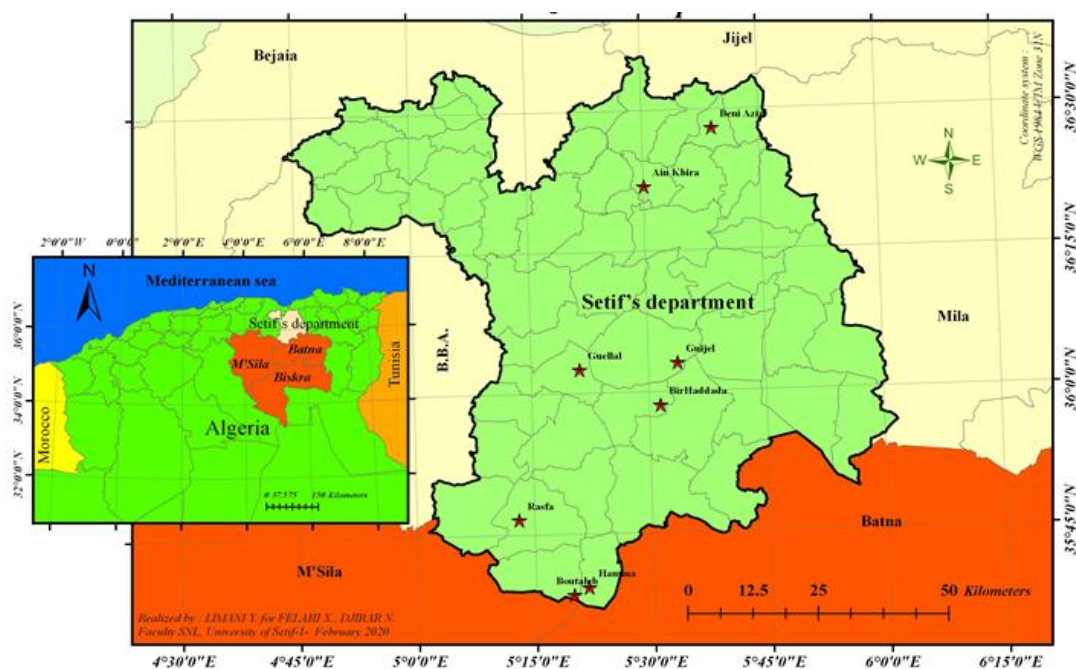


Figure 1. Location of Setif Province in Algeria indicating the sampling sites of rodents and its borders with epidemiological foci of ZCL

Table 1. Coordinates of rodents trapping sites, Setif Province, Algeria

Site	Latitude	Longitude	Alt. (m)
Beni Aziz	36°28' 0" N	5°39'0" E	775
Ain Kbir	36°21' 53" N	5°30'7" E	1024
Bougaa	36°19' 57" N	5°05'19" E	1050
Guijel	36°3'3.81" N	5°33'47.33"E	969
Guellal	36°2'31.16"N	5°21'14.69"E	910
Bir Haddada	35°58'34.63"N	5°31'28.04"E	951
El Eulma	36°9' 37.082" N	5° 41' 54.232"E	959
Rasfa	35°46'37.86"N	5°13'1.55"E	833
Hamma	35°39'18.04"N	5°21'45.61"E	833
Boutaleb	35°38'31.45"N	5°19'51.74"E	795

Ethics statement

All experiments were carried out in compliance with the Federation of European Laboratory Animal Science Associations (FELASA) guidelines and approved by the Ethical Committee of the Pasteur Institute in Algiers.

Rodents catching and identification

The rodent catching period was from January 2017 to January 2019 (two years), using two types of traps, Sherman and wire Mesh cages. Eight (8) traps were placed once time per month in each of the ten selected sites in the afternoon and collected the morning of the following day, which makes (80) traps in total. The aerated wire-mesh traps have been equipped with food (dates) to limit the stress of the trapped animals before transferring them to the laboratory. Trapping sessions were conducted in winter, spring, summer and autumn. The collected rodent specimens were brought to the Laboratory of Institute Pasteur of Algeria (IPA)/ Branch of M'sila. Each specimen was killed with ether, and then identified according to the determination keys described by Bernard 1977 and Etemad 1978. Four external measurements were taken from each specimen in mm by using a digital micrometer caliper (Fisherbrand): head and body length (HBL), ear length (EL), tail length (TL), and hindfoot length (HFL). The animals were also weighed (gr).

Smear of lesions

CL lesions were found mainly on rodents ears and noses. All superficial lesions were subjected to dermal smears stained with MGG May Grunewald Giemsa. Slides were MGG stained for microscopic observation of *Leishmania* amastigotes (Gx1000).

DNA extraction and electrophoresis

Spleen and liver samples were obtained from all rodent specimens. After collection, the specimens were stored in 70% ethanol until DNA extraction. To perform Phenol/chloroform-based DNA extraction method: 10 mg of spleen tissue was homogenized in 200µL of lysis Solution (100 mM NaCl, 10 mM Tris-HCl, and 0.5% SDS, pH 8). To digest the protein, 20 µL proteinase K (20 mg/mL) was added, and then, the samples were incubated at 56°C for 12 h. A phenol chloroform extraction was

performed (Sidorova et al. 2012). DNA was detected after amplification of the ribosomal internal transcribed spacer 1 (ITS1 F: CTGGATCATTTTCCGATG; ITS1 R: TGATACCACTTATCGCACTTA) was monitored as described by Schönian et al. (2003), using the primers LITSR and L5.8S. The PCR mix (25 µL) contained 2.5 µL of DNA, 10x buffer, 300 µM MgCl₂, 200 µM dNTP, 500 nM of each primer, and 2U of Taq DNA polymerase. PCR amplification products being obtained were separated on a 1% agarose gel at 75 V for 35 min and were visualized after stained with ethidium bromide (EtBr). After electrophoresis, DNA results were visualized via gel documentation (gel doc) to trace DNA fragment migration using a UV transilluminator.

Statistical analysis

The Quantum GIS (Arc GIS 10.6) was used to present spatial and geographic distribution of rodents trapping sites, and the bordering of Setif with epidemiological foci of ZCL. To study the link between climatic variables (temperature and rainfall), the cutaneous leishmaniasis and *Meriones* captured in Setif Province, we used the Excel stat 2014.5.03 for the Principal Component Analysis (PCA).

RESULTS AND DISCUSSION

Cutaneous leishmaniasis incidence

In the last decade (2008-2018), 676 cases of human cutaneous leishmaniasis were registered in the Province of Setif. The zoonotic CL disease was spread in most parts of the Setif Province with a higher prevalence in the southern zone, where 609 (90.08%) cases were recorded during this period, 55 (8.13%) cases in the central zone and only 12 (1.77%) cases in the northern zone. This may be due to climatic factors and rodents as a reservoir host existed in the Province of Setif. Addedly, the migrations of infected *Meriones shawi* population can catalyze a pandemic's spread from endemic regions to non-endemic regions.

Regarding the ZCL annual distribution in Province of Setif from 2008 to 2018, we have noted a 600% increase (from 30 cases in 2008 to over 140 cases in 2018). The highest yearly recorded cases occurred in 2010, 2011, and 2018 with 123, 116, and 139 cases, respectively. The annual incidence rate in Province of Setif was 9.46 cases per 100,000 inhabitants in 2010, 8.85 cases in 2011 and 9.34 cases in 2018. The evolution of ZCL incidence in Setif between 2008 and 2014 is similar to the country incidence and from 2014 to 2018 became inversely proportional. The Evolution of the incidence of Human ZCL in Algeria from 2008 to 2018, show that several peaks have occurred in 2009, 2011, and 2017, however, in Province of Setif higher the incidence rate was 9.46 cases per 100,000 inhabitants in 2010, 8.85 cases in 2011 and 9.34 cases in 2018 (Figure 2).

Concerning the gender of affected patients, the males are the most affected with 451 (66.71%), however, 225 (33.28%) females were registered. Zoonotic cutaneous leishmaniasis affects all ages from children to the elderly. Concerning the age distribution of ZCL, Figure 3 shows that young adults [16-25] and adults [26-50] are the most affected.

Relationship between ZCL and rainfall

The principal component analysis applied on the variables annual rainfall and the cases of the LCZ recorded during the period 2008-2018, gives information on the relationship that may exist between the two variables. Indeed we notice that factor 1 and factor 2 contain 100% of the inertia of the variation. Bartlett's test of sphericity informs the absence of correlation between the variables ($P_{value}=0.45$). We also note that the number of cases of the LCZ and rainfall are negatively correlated with respect to axis 1, which contains 62.75% of the inertia (Figure 4). Rainfall is an important factor in the activity of the reservoir host and vector, but the occurrence of LCZ depends on other factors (Ramezankhani et al.2017). Negative association was demonstrated between rainfall and ZCL incidence, where no significant relationship was

found between the annual mean rainfall and CL incidence, consistent with previous work in Nikonahad et al. (2017). The effect of rainfall was found to be significant ($P_{value}=0.45$). Our findings are quite convincing with those obtained from other Ramezankhani et al. (2018) studies, where rainfall exerted inverse effects on ZCL. Other results were also reported by Ghatee et al. (Ghatee et al. 2018). Hence, Zoonotic CL is an emerging disease linked to the affected environment and climatic factors (Nikonahad et al. 2017; Mohammadbeigi et al. 2021). Hence, it can be reasonably concluded that the permanence of endemicity depends generally on the climatic factors, that CL is more prevalent in dry and semidry areas with low precipitation (Mokhtari et al. 2016). Also, the appearance of the ZCL depends on other factors (Benelmouffok et al. 2017; Inceboz 2019).

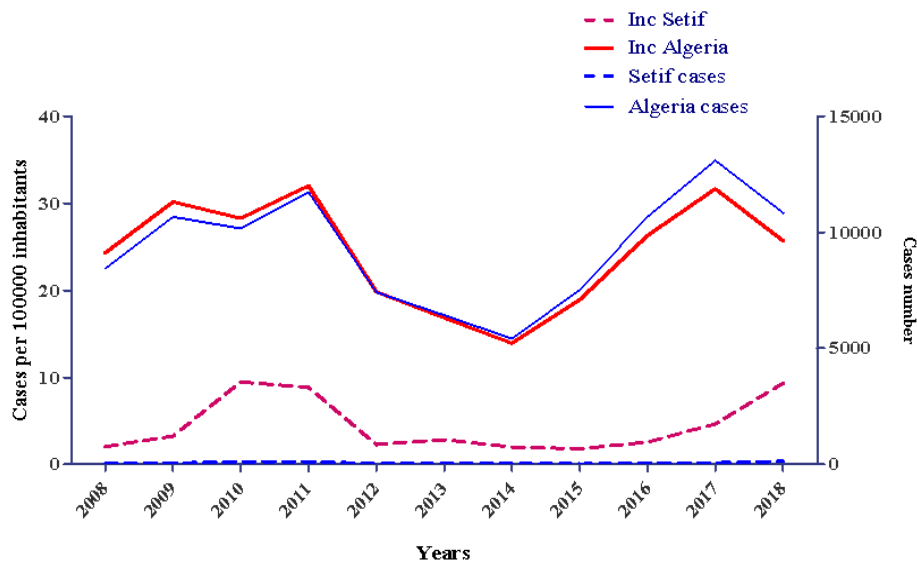


Figure 2. Evolution of the case number and the incidence of Human ZCL in Algeria and the Province of Setif from 2008 to 2018.

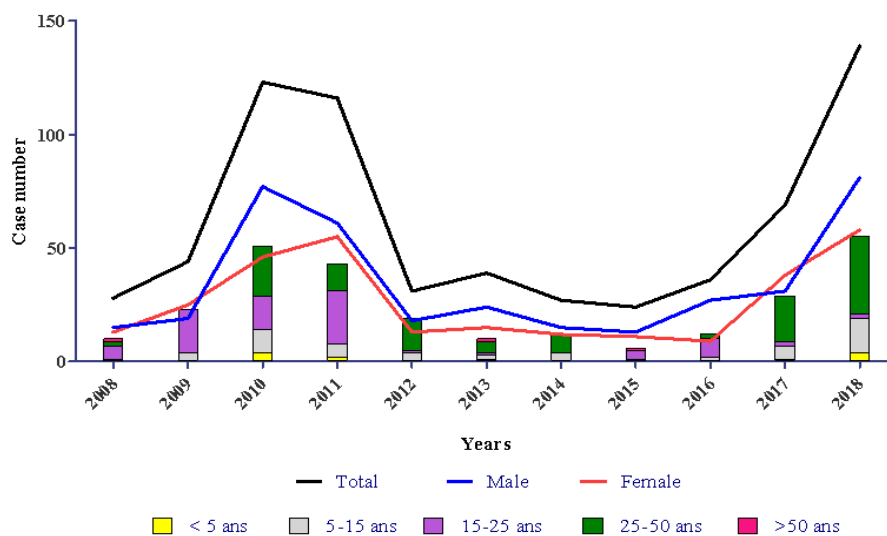


Figure 3. Number of ZCL cases reported in Setif by gender and age, during 2008-2018 period

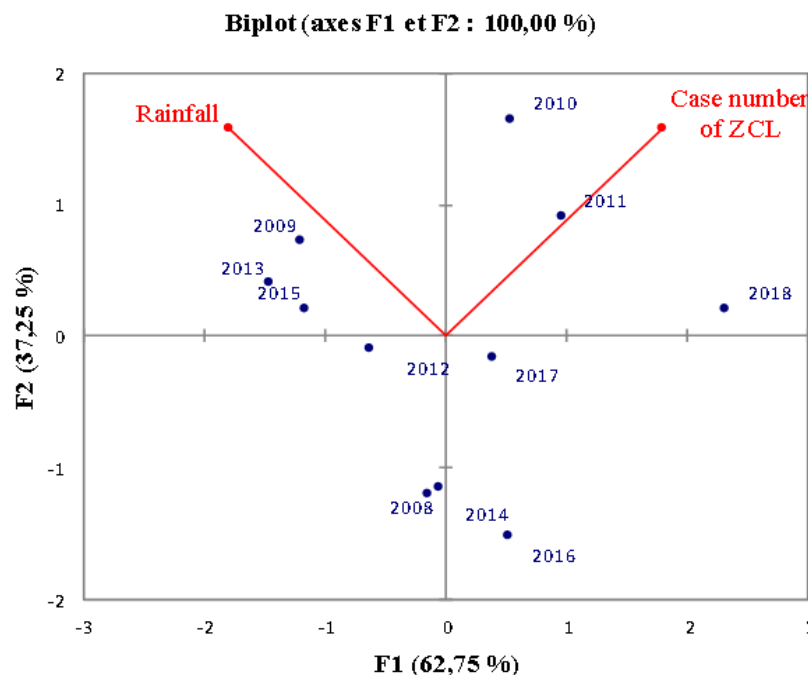


Figure 4. Principal component analysis of variation of cases number and rainfall among ten years in Setif Province (2008 to 2018) The number of cases of ZCL and rainfall are negatively correlated

Rodent identification and dispersion

For determination of reservoir hosts of the disease, altogether 112 rodents were captured and identified. They were *M. shawi* (86/112) (76.78 %), *Psammomys obesus* (3/112) (2.67 %), *Mus musculus* (5/112) (4.46 %), *Ratus ratus* (12/112) (10.71 %), *Gerbilus gerbilus* (4/112) (3.57 %) and *Duprasi* sp. (2/112) (1.78 %). *M. shawi* has been the most abundant species. The lowest number was found in the north with five specimens (5.81%), whereas, the highest number of 50 specimens (58.13%) was observed in the south (Table 2). Also, 47 (54.65 %) male and 39 (45.34 %) female of this species were registered (Table 4). *P. obesus* was nearly absent. It prefers presaharienne area according to Boubekri and Gernigon 2013, while a semi-arid climate characterizes the Province of Setif.

Although all collected animals were examined by direct examen and PCR for parasite, only *M. shawi* were found to be infected by *L. major*. Thus, the results showed a remarkable prevalence of *Leishmania* in *Meriones*. These findings are also consistent with the findings of other studies carried out in Iran by Foroutane et al. (2017) and the largest number of infection cases (32/86) was found (Table 3). Smears were taken from 32 specimens that showed lesions. Cutaneous Leishmaniasis lesions of ears and noses were found mainly on 28 specimens. Although *Leishmania* amastigotes were found after microscopic observation in 87.5 % of smear. These findings are also consistent with the findings of other studies in Algeria,

where, the first *M. shawi* was found to be naturally infested by *L. major* in M'sila outbreak and the second, *M. shawi* Ksar chellala outbreak (Belazzoug 1982; Belazzoug 1986).

The most important infected animals were reported in 10 females and 22 males (an overall prevalence of 37%) (Table 4). Similarly, the treatment of specimens captured in two years (Figure 5) confirmed that areas located in center (43.75%) and south (53.12%) of Setif Province had the highest potential to harbor this species than northern area (3.12%). The all infested individuals came from the sites of Beni Aziz (1/32), Guellal (2/32), Eulma (9/32), Bir Haddada (3/32), Hamma (5/32), Rasfa (4/32) and Boutaleb (8/32); however non-infested specimens were found in Aain Kbira, Bougaa, and Guedjel (Table 3). The prevalence of *L. major* infection in *Meriones* living in the south and center of Setif Province (Table 3) can be explained by the capacity of these rodents to harbor the parasite as good reservoir hosts. Thus, this area is probably considered as the best ecological niche, where the risk of transmission was high. Addedly, the highest reported CL cases incidence were noticed in sites with an altitude lower than 800 m, on the other hand, the lowest number of cases were found in areas with an altitude of over 900m. Our result is in line with Research by Ramezankhani et al. (2018), showing that CL is more prevalent in areas with low altitude. Also, the migrations of infected *M. shawi* population can catalyze a pandemic's spread from endemic regions to non-endemic regions.

Table 2. Number of cases of zoonotic cutaneous leishmaniasis reported in Setif during 2008-2018 period

Region	ZCL Number	Percentage (%)
North	12	1.77
Center	55	8.13
South	609	90.08

Table 4. *Meriones shawi* captured and specimens infected with *leishmania* by gender, during 2017-2018 period

Region	Gender of <i>Meriones shawi</i> captured		Gender of <i>Meriones shawi</i> infected	
	M	F	M	F
North	01	03	00	00
Center	19	15	10	04
South	27	21	12	06
Total	47	39	22	10

Table 3. Number of *Meriones shawi* captured and specimens infected with leishmania during 2017-2018 period

Region		Number of specimens captured	Percentage (%)	Number of specimens infected	Percentage (%)
North	Beni Aziz	02	5.81	01	3.12
	Ain Kbir	01		00	
	Bougaa	02		00	
Center	Guidjel	05	36.04	00	43.75
	Guellal	05		02	
	Bir Haddada	08		03	
	El Eulma	13		09	
South	Rasfa	09	58.13	04	53.12
	Hamma	19		05	
	Boutaleb	22		08	

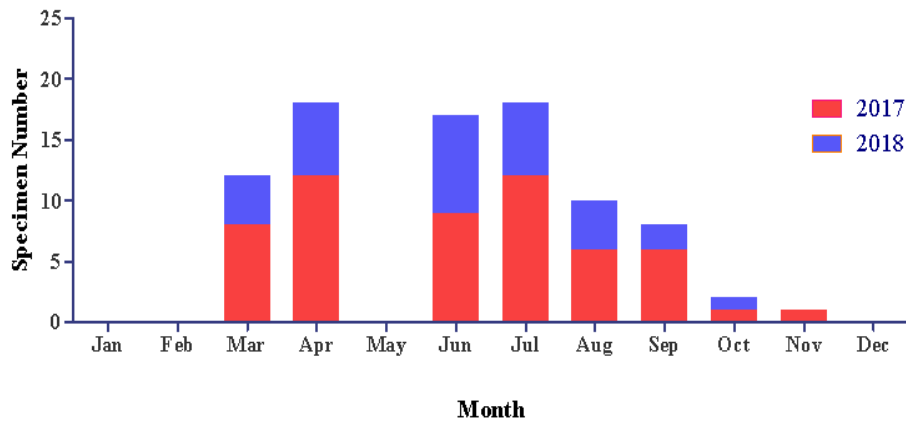


Figure 5. Number of *Meriones shawi* specimens captured during 2017-18 period

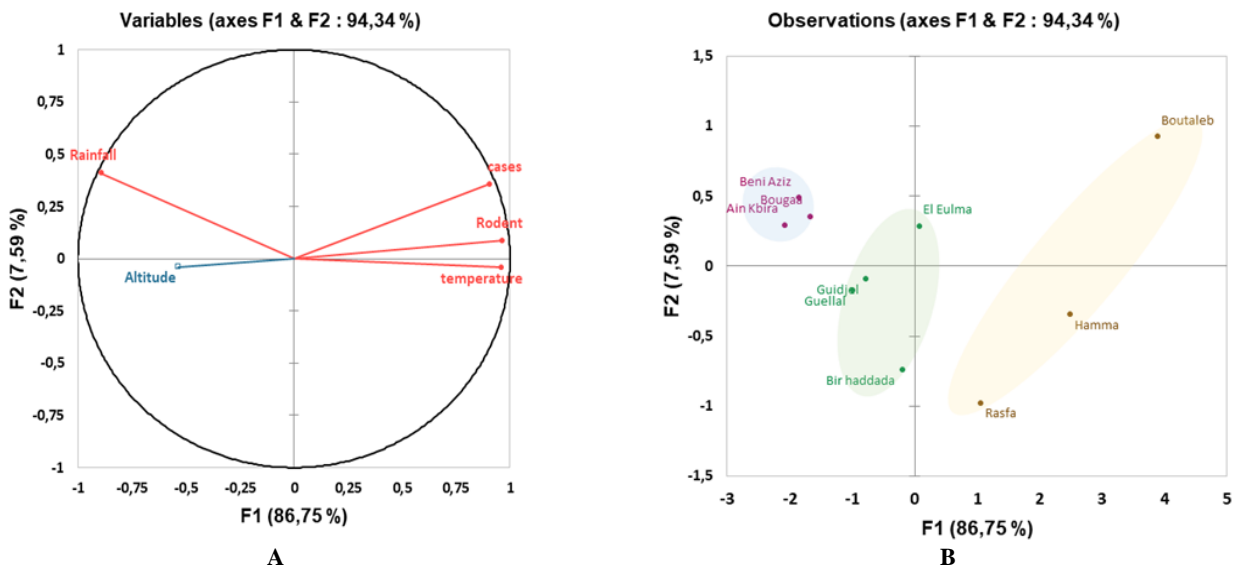


Figure 6. Principal component analysis of variation of cases number, temperature and rainfall among the specimens captured three regions of Setif Province. A. Variables, B. Observations and regions clusters (yellow is south, green is center and blue is north)

To study Rodent dispersion factors in Setif Province, we applied the principal component analysis on the variables annual rainfall and temperature, cases of the LCZ, rodent number recorded during the period 2017-2018 in 10 sites of rodent catching in Setif Province, to identify the information on the relationship that may exist between these variables. Indeed we notice that factor 1 and factor 2 contain 94,34 % of the inertia of the variation. Bartlett's test of sphericity informs the correlation between the variables (P -value < 0.0001). The Pearson Matrices of correlation showed a positive link between Rodent and ZCL cases ($p= 0.861$), Rodent and Temperature ($p= 0.929$), ZCL cases and Temperature ($p= 0.809$) (figure 6B). We also note that the number of cases of the LCZ and specimens of *Meriones* captured and infected and Temperature are positively correlated to axis 1, which contains 86.75% of the inertia (Figure 6.A).

Positive association was demonstrated between ZCL incidence in south and center areas of Setif Province and *Meriones* captured and infected, where a significant relationship was found, and this is consistent with previous work in previous study in Biskra by Guaouaoui et al. (2017). The activity of *M. shawi* in the southern areas of Setif is therefore probably due to several waves of rodent species migration from the south known endemic regions, such as Batna and M'Sila and conditioned by the climatic oscillations that caused the extension or retraction of the Sahara as reported by Belazzoug (1982); Belazzoug (1986) and more recently by Bounoua et al. (2013). Furthermore, Sedaghat and Salahi-Moghadam (2010); Gholamrezaei et al. (2016) noted that the distribution of rodents is due to the climatic shift. In addition, Boudrissa et al. (2012) showed the spread of cutaneous leishmaniasis from the arid areas to semi-arid areas of Algeria. Benelmouffok et al. (2017) mentioned that cereal-producing provinces were the most affected by ZCL.

Thus, the development of agriculture in the region increases the risk of ZCL transmission, through the agricultural products, which attracts new *Meriones* to build typically their perfect habitats and establish optimal conditions for transmission of this zoonosis between individual hosts of the same species and via *M. shawi* host species to humans. The Altitude was an additional variable studied by the PCA with a positive link with the rainfall ($p= 0,467$). Our results were similar to those of Ramezankhani et al. (2018), where the highest CL cases incidence were found in sites with an altitude lower than 800 m. Besides a small number of cases were found in regions with an altitude over 900 m, and this may be due to the type of vector. Our results were in line with previous studies showing that CL is more prevalent in areas with low precipitation (Mokhtari et al. 2016).

To conclude, this research paper reported the presence of *M. shawi* as potential reservoirs of ZCL in Province of Setif. Our finding suggests that *M. shawi* is probably the principal reservoir host of ZCL and the only source of human infection in Province of Setif. This study, confirms that this Gerbillid plays a significant role in transmission of this zoonose and the incubation of *L. major* as a good and major reservoir host in the study area, since *P. obesus* was

nearly absent. To establish an eco-epidemiological study in a new focus of ZCL, the reservoir host must be taken into consideration. The study findings can be therefore used in proper mapping for epidemiological surveillance.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank the laboratory team at Institut Pasteur d'Algérie-IPA (Algeria), especially, Benikhlef Razika for the molecular part and Faculty of Science- Med BOUDIAF University -M'Sila (Algeria) researchers for their collaboration. The authors would like also to acknowledge the valuable rewriting and proofreading of OUENNAS Sara, the representative of TRANS-OFFICE (Translation Bureau, E-mail: transoffice2@gmail.com), which has improved the quality of this paper.

REFERENCES

- Alvar J, Vélez ID, Bern C, Herrero M, Desjeux P, Cano J, Jannin J, Den Boer M. 2012. Leishmaniasis worldwide and global estimates of its incidence. *PLoS ONE* 7(5): e35671. DOI: 10.1371/journal.pone.0035671.
- Aoun K, Bouratbine A. 2014. Cutaneous leishmaniasis in North Africa: A review. *Parasite* 21:14-23. DOI: 10.1051/parasite/2014014.
- Boubekri A, Gernigon T. 2013. Seasonal influence on the reproductive biology of the sand rats from the Southwest of Algeria. *Dynamics & Biodiversity of the Terrestrial & Aquatic Ecosystems; USTHB-FBS-4th International Congress of the Populations & Animal Communities*. Bechar, 19-21 November 2013, Algeria.
- Barkatia S, Ndaou M, Libmana M. 2019. Cutaneous leishmaniasis in the 21st century: From the laboratory to the bedside. *Curr Opin Infect Dis* (32)5: 419-425. DOI: 10.1097/QCO.0000000000000579.
- Belazzoug S. 1982. An epidemic of cutaneous leishmaniasis in the M'sila region (Algeria). *Bull Soc Pathol Exot* 75:497-504.
- Belazzoug S. 1986. Discovery of a *Meriones shawi* (Rodent, gerbillid) naturally infested with *Leishmania* in the new outbreak of cutaneous leishmaniasis in Ksar chellala (Algeria). *Bull Soc Pathol Exot* 79:630-3.
- Benelmouffok AB, Sellami M, Boughoufalah A. 2017. Cutaneous leishmaniasis in Algeria: Quadrennial assessment. *Med Sante Trop* 27(3): 310-314. DOI: 10.1684/mst.2017.0703.
- Bernard J. 1977. Damage caused by the rodents Gerbillidae to agriculture in North Africa and the countries of the Middle East. *FAO/WHO/EPO Conference on Rodents of Agricultural and Public Health Concern*. Geneva, Switzerland, 15-18 June 1976. DOI: 10.1111/j.1365-2338.1977.tb02729.x.
- Boudrissa A, Cherif K, Kherrachi I, Benbetka S, Bouiba L, Boubidi SC, Benikhlef R, Arrar L, Hamrioui B, Harrat Z. 2012. Extension of *Leishmania major* to northern Algeria. *Bull Soc Pathol Exot* 105:30-5. DOI: 10.1007/s13149-011-0199-4.
- Bounoua L, Kahime K, Houti L, Blakey T. 2013. Linking climate to incidence of zoonotic cutaneous leishmaniasis (*L. major*) in Pre-Saharan North Africa. *Intl J Environ Res Public Health* 10: 3173-3175. DOI: 10.3390/ijerph10083172.
- de-Souza RAF, Andreoli RV, Kayano MT, Carvalho AL. 2015. American cutaneous leishmaniasis cases in the metropolitan region of Manaus, Brazil: Association with climate variables over time. *Geospat Health* 10: 40-47. DOI: 10.4081/gh.2015.314.
- Derbali M, Chelbi I, Ahmed SBH, Zhioua E. 2012. *Leishmania major* Yakimoff et Schokhor, 1914 (Kineto-plastida: Trypanosomatidae) in *Meriones shawi* Duvernoy, 1842 (Rodentia: Gerbillidae): Persistence of the infection in *Meriones* and its infectivity for the Sandfly vector (*Phlebotomus papatasi scopoli*, 1786 (Diptera: Psychodidae)). *Bull Soc Pathol Exot* 105(5): 399-402. DOI: 10.1007/s13149-012-0259-4.
- Eddaikra N, Ait-Oudhia K, Kherrachi I, Oury B, Moulti-Mati F, Benikhlef R, Harrat Z, Sereno D. 2018. Antimony susceptibility of *Leishmania*

- isolates collected over a 30-year period in Algeria. *PLoS Negl Trop Dis* 12(3): e0006310. DOI: 10.1371/journal.pntd.0006310.
- Etamad A. 1978. *Mammals of Iran, Rodents and Identification Key*. Vol. 1. Natural Resource Protection and Human Environment Association Press, Tehran.
- Foroutan M, Khademvatan S, Majidiani H, Khalkhali H, Hedayati-Rad F, Khashaveh S, Mohammadzadeh H. 2017. Prevalence of *Leishmania* species in rodents: A systematic review and meta-analysis in Iran. *Acta Trop* 172: 164-172. DOI: 10.1016/j.actatropica.2017.04.022.
- Ghatee MA, Haghdoost AA, Kooreshnia F, Kannejad Z, Parisaie Z, Karamian M, et al. 2018. Role of environmental, climatic risk factors and livestock animals on the occurrence of cutaneous leishmaniasis in newly emerging focus in Iran. *J Infect Public Health* 11: 425-433. DOI: 10.1016/j.jiph.2017.12.004.
- Gholamrezaei M, Mohebbali M, Hanafi-Bojd AA, Sedaghat MM, Shirzadi MR. 2016. Ecological niche modeling of main reservoir hosts of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Iran. *Acta Trop* 160: 44-52. DOI: 10.1016/j.actatropica.2016.04.014.
- Guaouaoui R, Zeroual S, Boudjelida H. 2017. Association between climatic changes and leishmaniasis incidence in Biskra District, Algeria. *J Entomol Zool Stud* 5(6): 43-49.
- Harrat Z, Pratlong F, Belazzoug S, Dereure J, Deniau M, Rioux JA, Dedet JP. 1996. *Leishmania infantum* and *L. major* in Algeria. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 90(6): 625-629. DOI: 10.1016/s0035-9203(96)90410-1.
- Inceboz T. 2019. Epidemiology and ecology of leishmaniasis. *Current Topics In Neglected Tropical Diseases*. IntechOpen, UK. DOI: 10.5772/intechopen.86359.
- Izri MA, Belazzoug S, Pratlong F, Rioux JA. 1992. Isolation of *Leishmania major* from *Phlebotomus papatasi* in Biskra. The end of an ecoepidemiological saga. *Ann Parasitol Hum Comp* 67: 31-32. DOI: 10.1051/parasite/199267131.
- Mohammadbeigi A, Khazaei S, Heidari H, Asgarian A, Arsangjang S, Saghafipour A, Mohammadsalehi N, Ansari H. 2021. An investigation of the effects of environmental and ecologic factors on cutaneous leishmaniasis in the old world: A systematic review study. *Rev Environ Health* 36(1): 117-128. DOI: 10.1515/reveh-2020-0066.
- Mokhtari M, Miri M, Nikoonahad A, Jalilian A, Naserifar R, Ghaffari HR, Kazembeigi F. 2016. Cutaneous leishmaniasis prevalence and morbidity based on environmental factors in Ilam, Iran: Spatial analysis and land use regression models. *Acta Trop* 163: 90-97. DOI: 10.1016/j.actatropica.2016.08.002.
- Nikonahad A, Khorshidi A, Ghaffari HR, Aval HE, Miri M, Amarloei A, Nourmoradi H, Mohammadi A. 2017. A time-series analysis of environmental and metrological factors impact on cutaneous leishmaniasis incidence in an endemic area of Dehloran, Iran. *Environ Sci Pollut Res* 24: 14117-14123. DOI: 10.1007/s11356-017-8962-0.
- Pratlong, F., Dereure, J, Ravel C., Lami P., Balard Y, Serres G. 2009. Geographical distribution and epidemiological features of Old World cutaneous leishmaniasis foci, based on the isoenzyme analysis of 1048 strains. *Trop. Med. Health* 14: 1071-1085. DOI: 10.1111/j.1365-3156.2009.02336.x.
- Ramezankhani R, Hosseini A, Sajjadi N, Khoshabi M, Ramezankhani A. 2017. Environmental risk factors for the incidence of cutaneous leishmaniasis in an endemic area of Iran: A GIS-based approach. *Spat Spatio-temporal Epidemiol* 21: 57-66. DOI: 10.1016/j.sste.2017.03.003.
- Ramezankhani R, Sajjadi N, Nezakati Esmaeilzadeh R, Jozi SA, Shirzadi MR. 2018. Climate and environmental factors affecting the incidence of cutaneous leishmaniasis in Isfahan, Iran. *Environ Sci Pollut Res Int* 25: 11516-11526. DOI: 10.1007/s11356-018-1340-8.
- Reithinger R, Dujardin JC, Louzir H, Pirmez C, Alexander B, Brooker S. 2007. Cutaneous leishmaniasis. *Lancet Infect Dis* 7: 581-596. DOI: 10.1016/S1473-3099(07)70209-8.
- Samy AM, Annajar BB, Dokhan MR, Boussaa S, Peterson AT. 2016. Coarse-resolution ecology of etiological agent, vector, and reservoirs of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Libya. *PLoS Negl Trop Dis* 10(2): e0004381. DOI: 10.1371/journal.pntd.0004381.
- Schönian G, Nasereddin A, Dinse N et al. 2003. PCR diagnosis and characterization of *Leishmania* in local and imported clinical samples. *Diagn Microbiol Infect Dis* 47 (1): 349-358. DOI: 10.1016/s0732-8893(03)00093-2.
- Sedaghat MM, Salahi-Moghadam A. 2010. Mapping the distribution of the important rodents' reservoir in Iran. *Army Univ J* 8: 210-223.
- Seid A, Gadisa E, Tsegaw T, Abera A, Teshome A, Mulugeta A et al. 2014. Risk map for cutaneous leishmaniasis in Ethiopia based on environmental factors as revealed by geographical information systems and statistics. *Geospat Health* 8: 377-387. DOI: 10.4081/gh.2014.27.
- Sergent ED, Sergent Ét, Parrot L, Donatien A, Beguet M. 1921. Transmission du clou de Biskra par le phlébotome (*Phlebotomuspapatasi* Scop.). *CR Acad Sci* 173: 1030.
- Sidorova JV, Biderman BV, Nikulina EE, Sudarikov AB. 2012. A simple and efficient method for DNA extraction from skin and paraffin-embedded tissues applicable to T-cell clonality assays. *Exp Dermatol* 21(1):57-60. DOI: 10.1111/j.1600-0625.2011.01375.x.
- Tabbabi A. 2019. Review of Leishmaniasis in the Middle East and North Africa. *Afr Health Sci* 19(1): 1329-1337. DOI: 10.4314/ahs.v19i1.4.
- Teka O, Mensah GA, Holou R. 2002. Colonization of forage plots by rodent species in southern Benin: Case of the Samiondji breeding farm. Proceedings of the seminar-workshop on mammalogy and biodiversity, 30 October-18 November 2002, in: Société pour l'étude et la protection des mammifères, Abomey-Calavi 33-39.
- WHO (World Health Organization). Leishmaniasis. 2019. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/leishmaniasis> [Accessed 14 August 2019].

ملخص

داء الليشمانيات الجلدي الحيواني المنشأ هو أكثر الأمراض المتوطنة في الجزائر. الخزانات الثنوية الرئيسية للطفيل ليشمانيا العامل الممرض الرئيسي هي هي على وجه التحديد القوارض البرية لعائلة الجربوعيات ، بما في ذلك ميريونيس شاولي و بسامو ميس اوبيسوس. أصبحت سطيف في الجزائر بؤرة نشطة للغاية لهذا المرض الحيواني. أجريت دراستنا في الفترة من يناير 2017 إلى يناير 2019 في عشر محطات تمثيلية لمنطقة الدراسة، من أجل تحديد ارتباط الأمراض الحيوانية المنشأ مع أنواع الخزانات المضيفة. تم التقاط مائة و اثني عشر (112) عينة من القوارض، وتم تحديد المواصفات الشكلية بما في ذلك $(76.78\%) = (112/86) Meriones shawi$ ؛ $(3.57\%) = (112/4) Gerbilus gerbilus$ ؛ $(10.71\%) = (112/12) Ratus ratus$ بالإضافة إلى ذلك ، تم اختبار الكبد والطحال من أجل د ن ي لليشمانيا باستخدام PCR ITS1. أكدت نتائجنا وجود ميريونيس شاولي في جميع بلديات منطقة سطيف تقريباً وكان أعلى عدد مع 50 عينة في الوسط والجنوب (58.13%). أظهرت نتائج ال ACP ارتباطاً سلبياً بين تساقط الامطار وتواتر داء الليشمانيات الجلدي الحيواني المنشأ. أظهر الكشف المجهرى والجزيني لمرض الليشمانيا إصابة قوية في معظم عينات ميريونيس شاولي بنسبة 37.20% فيما لم يتم الكشف عن اي إصابة في بسامو ميس اوبيسوس مما يؤكد دور ميريونيس شاولي كمخزن رئيسي لانتقال هذا الشكل من داء الليشمانيات في منطقة سطيف ، حيث كان بسامو ميس اوبيسوس شبه غائب.

كلمات المفتاح: داء الليشمانيات الجلدي الحيواني المنشأ ، الخزان المضيف ، القوارض ، الإرشاد ، سطيف

Inventaire, Biologie et Ecologie des rongeurs réservoirs de la leishmaniose cutanée zoonotique dans la région de Sétif

Résumé

La leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) est la maladie la plus endémique en Algérie. Les principaux réservoirs mammaliens du parasite *Leishmania major* l'agent pathogène sont spécifiquement les rongeurs sauvages de la famille des *Gerbillidae*, notamment *Meriones shawi* et *Psammomys obesus*. La Wilaya de Sétif en Algérie est devenu un foyer très actif pour cette zoonose. Notre étude a été menée de janvier 2017 à janvier 2019 dans dix stations représentatives de la région d'étude, dans le but d'identifier l'association de la zoonose avec les espèces hôtes réservoirs. Cent douze (112) spécimens de rongeurs ont été capturés, et les caractères morphométriques ont été déterminés dont : *Meriones shawi* $(86/112)=(76.78\%)$, *Psammomys obesus* $(3/112)=(2.67\%)$, *Mus musculus* $(5/112)=(4.46\%)$, *Ratus ratus* $(12/112)=(10.71\%)$, *Gerbilus gerbilus* $(4/112)=(3.57\%)$ and *Pachyuromys duprasi* $(2/112)=(1.78\%)$. Les lésions superficielles ont été soumises à des frottis colorés au Giemsa. En outre, les foies et les rates ont été testés pour l'ADN de *Leishmania* en utilisant la PCR ITS1. Nos résultats ont confirmé la présence de *Meriones shawi* dans presque toutes les communes de la région de Sétif et la population la plus élevée avec 50 spécimens (58.13%) se trouvait dans le centre et le sud. Les résultats de l'ACP ont montré une association négative entre les précipitations et l'incidence de la LCZ. La détection microscopique et moléculaire de *Leishmania* a montré une forte infestation dans la plupart des spécimens de *Meriones* (32/86) avec un taux de 37.20 %, cependant aucune infestation chez *Psammomys* n'a été détectée, ce qui confirme le rôle de *Meriones shawi* comme principal réservoir (76.78 %) pour la transmission de cette forme de leishmaniose dans la région de Sétif, puisque *Psammomys obesus* était presque absent (2.67 %).

Mots clés : Leishmaniose cutanée zoonotique, Hôte réservoir, Rongeur, extension, Sétif

Inventory, Biology and Ecology of Rodent Reservoirs of Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis in the Setif Province.

Abstrat

Zoonotic cutaneous leishmaniasis (ZCL) is the most endemic disease in Algeria. *Leishmania major* is the causative agent, and Gerbils *Meriones shawi* and *Psammomys obesus* are the main reservoir hosts. The department of Setif in Algeria has become a very active focus for this zoonosis. Our study was carried out from January 2017 until January 2019 in ten representative stations of the study region, in an aim to identify the association between the zoonosis and the reservoir host species. One hundred and twelve (112) rodent were captured, and the morphometric characters were determined including: *Meriones shawi* $(86/112)=(76.78\%)$, *Psammomys obesus* $(3/112)=(2.67\%)$, *Mus musculus* $(5/112)=(4.46\%)$, *Ratus ratus* $(12/112)=(10.71\%)$, *Gerbilus gerbilus* $(4/112)=(3.57\%)$ and *Duprasi sp* $(2/112)=(1.78\%)$. Superficial lesions were subjected to Giemsa stained smears. In addition, Livers and spleens were tested for *Leishmania* DNA using ITS1 PCR. The results showed the presence of *M. shawi* in almost all communities of Setif region and the highest population with 50 specimens (58.13%) was in the center and south. The microscopic and molecular detection of *Leishmania* showed high infestation in most specimens of *Meriones* (32/86) with a rate of 37.20 %, however no infestation in *Psammomys* has been detected. The PCA results showed a negative association between rainfall and ZCL cases; however, positive association was found between temperature and the human CL cases. Also, positive association was demonstrated between ZCL in south and center of Setif region and *Meriones* captured. Our finding, confirm that *M. shawi* is the principal reservoir host (76.78%) of the ZCL in Setif region, since *P. obesus* was nearly absent (2.67%).

Keywords: Zoonotic cutaneous leishmaniasis, Host reservoir, Rodent, extension, Setif