

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

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



جامعة فرحات عباس سطيف 1
كلية علوم الطبيعة والحياة

N°...../SNV/2014

Département de Biochimie

THESE

Présentée par:

CHERIF Kamel

En vue de l'obtention du diplôme de :

Doctorat en Sciences

Option: Biochimie

THEME :

**ETUDE ECO-EPIDEMIOLOGIQUE DE LA LEISHMANIOSE
CUTANEE DANS LE BASSIN DU HODNA (M'SILA)**

Soutenue publiquement le 18/06/2014

Devant le jury

Président :	Pr ARRAR Lekhmici	Professeur	Université Sétif 1
Rapporteur :	Pr Hamdi Cherif Mokhtar	Professeur	Université Sétif 1
Examineurs :	Pr Si Bachir Abdelkrim	Professeur	Université Batna
	Pr Ait Hamouda Rabe	Professeur	Université Batna

Année universitaire 2013-2014

Remerciements

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

*Je tiens à remercier, tous ceux qui m'ont aidé par la
volonté de dieu et en particulier ;*

*Monsieur Hamdi Cherif Mokhtar qui a inspiré l'idée du
sujet de cette thèse et pour tout le temps et l'intérêt qu'il
a consacré à mon travail*

*Je remercie vivement monsieur Arrar Lekhmissi d'avoir
bien voulu présidé le jury de cette thèse*

*Je remercie très sincèrement, Messieurs : Ait Hamouda
Rabeh et Si Bachir Abdelkrim pour avoir accepté
d'examiner ce travail et pour l'honneur qu'ils m'ont fait
en participant au jury de cette thèse*

*A monsieur Boudrissa Abdelkrim et Harrat Zoubir pour
m'avoir aidé dans la réalisation de ce travail*

*Un grand merci s'adresse à tous ceux qui m'ont aidé de
près ou de loin à mener à bien ce travail*

Résumé

Les leishmanioses cutanées sont des maladies parasitaires touchant l'homme et les animaux dont certains sont des réservoirs. Les activités humaines sont parmi les causes de leur recrudescence. La lutte contre cette parasitose repose sur des stratégies régionales intégrées englobant tous les pays endémiques. Les systèmes d'information géographiques utilisés dans notre étude sont des outils pratiques pour la surveillance et le contrôle de ces maladies. Dans cette étude nous avons mené une approche à deux échelles, une régionale qui a intéressé le bassin du Hodna et une autre locale à l'échelle urbaine dans la ville de Bou Saada ; les résultats obtenus ont confirmé le rôle des facteurs environnementaux dans l'expression de la maladie et la distribution des phlébotomes vecteurs et des rongeurs réservoirs.

Mots clés : Leishmanioses, phlébotomes, bassin , M'sila , SIG , Télédétection , TUP à Himo

Summary

The cutaneous leishmanioses are man and animals parasitic diseases . the human activities are among the causes of their recrudescence . the fight against this parasitosis rests on integrated regional strategies including all the endemic countries. The geographical information systems used in our study are used more and more in the monitoring and the control of these diseases. The approach that carried out is interested in two scales (regional and urban) (basin of Hodna). The results have advanced the role of the climatic conditions for the maintenance of the disease and the spatial distribution of rodents and sandflies.

Keywords: Leishmaniasiss, sandfly, M'sila , basin , GIS , Remote sensing, TUP à Himo

ملخص

داء الليشمانيات مرض يُسببه أحد الطفيليات الأوالي من جنس الليشمانية التي تتكاثر عند الانسان و بعض الفقاريات التي تصبح بمثابة مستودعات للمرض. أن أسباب انتشاره متعددة منها الأنشطة البشرية وقد أوضح تحليل استراتيجيات الوقاية من هذا المرض في الجزائر وفي غيره من البلدان المغاربية مدى الحاجة لاتخاذ تدابير إقليمية متكاملة للمكافحة في جميع بلدان الإقليم. تم استعمال نظام المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لتتبع تطور المرض زمكانيا وإنجاز خرائط الاخطار بمنطقة الحضنة (الجزائر). تمت هذه الدراسة حسب بعدين : البعد الأول على المستوى الحضري يخص مدينة بوسعادة كحاضرة مهددة بهذا المرض وبعد اخر إقليمي يشمل حوض الحضنة عبر سبع ولايات. وقد بينت هذه الدراسة ان للعوامل البيئية الناجمة عن فعاليات الانسان و كذا العوامل المناخية والغطاء النباتي دور رئيسي في التوزيع الجغرافي للفاصدات و الخزانات التي هي السبب في توطن المرض.

الكلمات المفتاحية: الليشمانيا ، الفواصد، الحوض، المسيلة ، نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد، برنامج الاشغال اليدوية المكثفة

SOMMAIRE

Remerciements	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	4
1. Historique	4
2. Les Leishmanioses dans le monde	8
2.1. Leishmaniose Viscérale de l’Ancien Monde	10
2.2. Leishmaniose Cutanée de l’ancien Monde	12
2.3. Leishmaniose des muqueuses de l’Ancien Monde	14
2.4. Leishmaniose cutanée diffuse de l’Ancien Monde	14
2.5. Leishmaniose viscérale du Nouveau Monde	14
2.6. Leishmaniose cutanée du Nouveau Monde	15
2.7. Leishmaniose cutanée diffuse du Nouveau Monde	16
2.8. Leishmaniose cutanée disséminée du nouveau Monde.....	16
2.9. Leishmaniose dermique post-kala-azar	16
2.10. Concomitance infestation leishmanienne et infection VIH	17
3. Les Leishmanioses en Algérie	17
3.1. Leishmaniose Cutanée sporadique du Nord.....	17
3.2. Leishmaniose Viscérale Zoonotique	18
3.3. Leishmaniose Cutanée Zoonotique	18
3.4. Leishmaniose Cutanée Anthroponotique	18
4. Leishmaniose Cutanée Zoonotique du bassin du Hodna	19
4.1. Historique de la L C Z dans le bassin du Hodna	19
4.2. Epidémiologie	20
4.2.1. Parasite	20
4.2.2. Phlébotome vecteur	22
4.2.2.1. Importance médicale.....	22
4.2.2.2. Liste des phlébotomes d’Algérie.....	23
4.2.2.3. Biologie	24
4.2.3. Réservoirs anthropiques	29
4.2.3.1. Réservoirs zoonotiques	29
4.3. Cycle épidémiologique	30
IMPACT DE L’ENVIRONNEMENT SUR LA LCZ	31
5.1. Impacts de l’environnement sur les rongeurs	32
5.2. Impact de l’environnement sur les phlébotomes	32
Application du système d’information géographique et de la télédétection dans l’étude de l’évolution des maladies vectorielles	36
1. Introduction	36
2. Importance et intérêt de la télédétection et (SIG) en épidémiologie	36

2.1. Application dans l'épidémiologie surveillance des leishmanioses	42
Urbanisation et santé	44
1. Définition de l'urbanisation:	44
2. L'urbanisation en Algérie	44
3. Tendances de l'urbanisation	46
4. La dynamique de l'urbanisation.....	47
5. Conséquences de l'étalement urbain	48
6. Déterminants épidémiologiques.....	49
Chapitre II : Techniques d'identification des leishmanies	52
1.1 Techniques d'identification :	52
1.2. l'utilisation de l'ADN	52
1.3. Identification moléculaire par PCR.....	53
1.4. Identification enzymatique.....	53
1.4.1. Rappels biochimiques.....	53
1.4.1.1. Les enzymes	53
1.4.1.2. les isoenzymes	54
CHAPITRE III ZONE D'ETUDE	56
1. Présentation de la zone d'étude.....	56
2. Structure physique du Hodna	57
3. Géologie	59
4. Hydrologie	60
5. Climat	61
5.1. Précipitations	61
5.2. Grêle de neige	61
5.3. Températures	62
5.4. Humidité relative.....	62
5.5. Classification bioclimatique	62
6. Formations Végétales du Hodna	64
7. Données socio-économiques	65
7.1. Indicateurs économiques	65
7.2. Caractéristiques démographiques.....	66
CHAPITRE IV : MATERIELS ET METHODES	67
1. Etude épidémiologique	67
1.1. Collecte des données.....	67
1.2. Enquêtes épidémiologiques.....	67
1.2.1. Enquête épidémiologique rétrospective	67
1.2.2. Enquête épidémiologique au niveau urbain	67
1.2.2.1 Sectorisation de la ville	69
1.2.2.2 . Réalisation d'une fiche d'enquête.....	70
1.3. Etude du réservoir	70

1.3.1. Prospection	70
1.3.2. Echantillonnage	70
1.3.3. Traitement des captures	72
1.4. Etude entomologique	72
1.4.1. Choix des stations	72
1.4.2. Technique d'échantillonnage	73
1.4.3. Montage et conservation des phlébotomes	75
1.5. Etude du parasite.....	75
1.5.1. Techniques de prélèvement	75
1.5.2. Technique d'identification (typage iso enzymatique)....	76
1.5.2.1. Systèmes enzymatiques	76
1.6. Analyse statistique.....	77
1.6.1. Utilisation des indices écologiques.....	77
1.6.2. Statistiques multi variées	78
1.6.3. Géostatistique.....	78
2. Etude cartographique	80
2.1. Collecte des cartes et images	80
2.2. Traitement des images et cartes	80
2.2.1. Cartographie paysagère.....	80
2.2.2. Cartographie épidémiologique	81
2.2.2.1. Description de la méthode.....	81
2.2.2.2. Raison du choix	82
2.3. Carte de répartition des réservoirs	83
2.4. Carte de répartition des phlébotomes vecteurs	83
3. Méthode de lutte contre la leishmaniose cutanée	83
3.1. Zone d'étude	83
3.2. Données épidémiologiques.....	84
3.3. Choix des communes.....	85
3.4. Méthodes de lutte	86
3.4.1. Délimitation du périmètre	86
3.4.2. Recrutement du personnel.	86
3.4.3. Financement du programme	87
CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSIONS	88
1. Etude épidémiologique.....	88
1.1. Enquête épidémiologique rétrospective de la L.C.Z	88
1.1.1. Evolution annuelle de la L.C.Z	88
1.1.2. Evolution mensuelle de la LCZ	90
1.1.3. Répartition de la L.C.Z. par commune	91
1.1.4. Répartition de la L.C.Z. par type de commune	91
1.1.5. Carte de répartition spatiale de la L.C.Z.	94
1.1.6. Etude clinique.....	96

1.1.6.1. Répartition des cas de LC par classes d'Age.....	98
1.1.6.2. Répartition des cas de LC par siège	98
1.2. Etude épidémiologique de la L.C ville de Bou Saada.....	100
1.2.1. Répartition des cas de LC par secteurs urbains	100
1.2.2. Répartition de LC par quartiers.....	102
1.2.3. Répartition de la LC par sexe.....	107
1.2.4. Répartition de la leishmaniose cutanée par âge	108
1.2.5. Répartition de la LC par nombre de lésions.....	109
1.2.6. Données socio-économiques	110
1.2.6.1. Données sur les nombres de chomeurs	110
1.2.6.2. Données sur le niveau d'instruction	111
1.2.7. Données environnementales	112
1.2.7.1. Proximité d'oued	114
1.2.7.2. Abris animaux	117
1.2.7.3. Dépôts de déchets et de fumier animal	117
1.3. Etude entomologique	119
1.3.1. Répartition des Phlébotomes	122
1.3.2. Fluctuation saisonnière	127
1.4. Etude sur les rongeurs	130
1.4.1. Inventaire des rongeurs réservoirs dans le Hodna	130
1.5. Etude du parasite	132
2.1. Etude cartographique à petite échelle	134
2.1.1. Carte hypsométrique	134
2.1.2. Modèle numérique de terrain	135
2.1.3. Carte du réseau hydrographique	136
2.1.4. Analyse des risques pour la LCZ.....	138
2.2. Etude cartographique à grande échelle	145
2.2.1. Carte d'occupation du sol	145
2.2.2. Carte d'analyse du risque au niveau du secteur urbain	146
2.2.3. Analyse urbaine des secteurs et facteurs de risques	151
2.3. Carte de répartition des rongeurs	155
2.4. Stratification bioécologique des phlébotomes dans Hodna.....	161
2.5. Elaboration d'une carte de risque pour la leishmaniose	165
PROGRAMME DE LUTTE CONTRE LA LEISHMANIOSE	170
1.1.1. Impact épidémiologique.....	171
1.1.2. Impact social	173
1.1.3. Impact environnemental.....	174
1.2. DISCUSSION	174
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	178
BIBLIOGRAPHIE	180
ANNEXES	193

Liste des figures

Pages

Fig.1:Distribution de la leishmaniose cutanée dans le monde	11
Fig.2:Formes promastigotes de <i>Leishmania</i>	20
Fig.3:Taxonomie des <i>Leishmania</i>	21
Fig.4:Phlébotome femelle gorgée de sang	25
Fig.5:Cycle de vie d'un phlébotome (Elevage de <i>P. duboscqi</i>)	25
Fig.6:Cycle épidémiologique de la leishmaniose	31
Fig.7:Profils écologiques corrigés à l'aide d'un descripteur bioclimatique	43
Fig.8.:La wilaya de M'sila dans le bassin du Hodna	56
Fig.9:Délimitation du bassin versant du Hodna	68
Fig.10:Carte de la ville de Bou-Saâda et les secteurs urbains	71
Fig.11:Pose des pièges huilés (abri animaux et terriers de rongeurs)	74
Fig.12 Approche méthodologique pour l'établissement d'une carte d'occupation	81
Fig.13 localisation de la wilaya de M'sila ; les communes cibles et témoins	84
Fig.14. Courbe d'évolution temporelle (annuelle) de la leishmaniose cutanée	88
Fig.15 Evolution mensuelle de la leishmaniose cutanée .	90
Fig.16 : Répartition cumulée des cas de leishmaniose cutanée par communes de M'sila	92
Fig.17 : Répartition de la population par communes de M'sila et typologie urbaine	93
Fig.18 : Incidence de la leishmaniose cutanée zoonotique par wilaya	94
Fig.19 Carte d'incidence de la leishmaniose cutanée zoonotique de la LCZ dans le Hodna	95
Fig.20. Répartition de la leishmaniose cutanée par sexe (Bou –Saada)	97
Fig.21 :. Répartition de la leishmaniose cutanée par tranches d'âge (Bou –Saada)	97
Fig.22 :. Répartition des malades par nombre de lésions (Bou –Saada)	98
Fig.23 :Répartition de la leishmaniose par siège de lésion	99
Fig. 24 : Différents aspects cliniques de la leishmaniose cutanée zoonotique	100
Fig.25: Répartition des cas de leishmaniose cutanée par secteurs urbains (Bou-Saada)	101
Fig.26 Répartition des cas de leishmaniose cutanée par quartier urbains (Bou-Saada)	103
Fig.27 Gites intramuros favorables au développement des vecteurs et des rongeurs	104
Fig.28: Présence des rongeurs dans les secteurs urbains	104
Fig.29. Présence des rongeurs dans les quartiers de la ville de Bou-Saada	105
Fig.30: Oueds mitoyens aux cités utilisés comme dépotoirs quartier Sidi Slimane	106
Fig.31: Maisons abandonnées servant de dépotoirs de déchets (quartier de Sidi Slimane).	107
Fig.32 :Répartition des malades par sexe (Bou-Saada)	108
Fig.33 :Répartition des cas de leishmaniose cutanée par age(Bou-Saada)	108
Fig.34. :Pourcentage des chomeurs par secteur urbain de la ville de Bou-Saada	111
Fig.35 : Pourcentage du niveau primaire par secteur urbain de la ville de Bou-Saada	111
Fig.36. :Terriers de rongeurs aux pieds des plantes (quartier de Maitar Bou-Saâda)	112
Fig.37. : Répartition des facteurs de risque de L.C par secteur urbain (Bou-Saada)	113
Fig.38. :Répartition des facteurs de risque de la L.C. quartier urbain(de Bou-Saada)	114
Fig.39. :Nombre de maisons proches d'un oued par secteur urbain ,ville de Bou-Saada	115
Fig.40. : Maisons proches d'un oued, répartition par quartier de la ville de Bou-Saada	116
Fig.41 : Photos des oueds favorables aux vecteurs des maladies	116
Fig.42 :Pourcentage d'abri animaux par quartier de la ville de Bou Saada	117
Fig.43 : Pourcentage de dépotoir de fumier animal par quartier de la ville de Bou-Saada	118
Fig.44 : Photos des dépotoirs péri-urbains –ville de Bou Saada	118
Fig.45 : Gravats et déchets inertes par quartier de la ville de Bou-Saada	119
fig.46 : Répartition des phlébotomes par espèce et par station	122
Fig.47 : fluctuation saisonnière de <i>P.papatasi</i>	128

Fig.48 fluctuation saisonnière de <i>P.longicuspis</i>	129
Fig.49 fluctuation saisonnière de <i>S.minuta</i>	129
Fig.50 fluctuation saisonnière de <i>P. alexandri</i>	130
Fig.51: Diagramme récapitulatif des différents profils électrophorétiques	133
Fig.52 : Carte hypsométrique du bassin du Hodna	135
Fig.53–Modèle numérique de terrain (MNT) du bassin du Hodna	136
Fig.54 :carte du réseau hydrographique du bassin	138
Fig 55 :. Carte de répartition de la leishmaniose par classe d'altitude	139
Fig56. : Incidence cumulée de la leishmaniose cutanée dans le bassin du Hodna	140
Fig 57 : Corridor et ouverture du bassin du Hodna sur le Sahara	141
Fig.58. : Ligne des chotts algériens le long de laquelle se propage la LCZ)	142
Fig 59 : Clusters spatiaux	143
Fig.60. : Les points de la leishmaniose cutanée dans le bassin	143
Fig 61 : Carte d'occupation du sol de la région de M'sila	145
Fig.62 Carte de distribution de maladie et de facteurs de risques, quartier Bendakmous	146
Fig.63 : Carte de distribution de maladie et de facteurs de risque, quartier El Koucha	147
Fig.64: Carte de distribution de maladie et de facteurs de risques, quartier la cadat	148
Fig 65 : Carte de distribution de maladie et de facteurs de risques, quartier Maitar	149
Fig.66 : Carte de distribution de maladie et de facteurs de risques, quartier Sidi Sliman	150
Fig.67 : Carte de distribution de maladie et de facteurs de risques, quartier Staih	151
Fig 68 : Carte de prédictive de la répartition du <i>P.obesus</i> dans le bassin du Hodna	155
Fig 69 : Carte de prédictive de la répartition de <i>M.shawi</i> dans le bassin du Hodna	158
Fig 70 :.valeurs propres de l'analyse de répartition des phlébotomes par strates par ACP	164
Fig.71 :Répartition spatiale des phlébotomes à M'sila –Résultats de l'ACP	165
Fig.72: Carte de classe d'altitude pour la région de M'sila	166
Fig.73 : carte de densité de la population (wilaya de M'sila)	167
Fig.74 : carte de répartition des rongeurs (densité des terriers) (wilaya de M'sila)	167
Fig.75 :.carte de risque pour la leishmaniose cutanée	168

Liste des tableaux

pages

Tableau.1:Formes cliniques et différentes espèces de <i>Leishmania</i>	11
Tableau2 : Espèces de Leishmanie, maladies et distribution géographique	22
Tableau 3. Quelques applications de Télédétection	38
Tableau 4. Application de la télédétection dans l'étude des phlébotomes vecteurs	39
Tableau 5 : Répartition de la leishmaniose par nombre de lésionse (Bou-Saada)	109
Tableau 6 : Phlébotomes de la palmeraie Bou Saâda	119
Tableau 7 : Phlébotomes Ain El Hadjel	120
Tableau 8 : Phlébotomes de Ouled Madhi	120
Tableau 9: Phlébotomes de M'sila	121
Tableau 10 : Phlébotomes de Boukhmissa M'sila	121
Tableau 11 : Inventaire des rongeurs dans le bassin du Hodna	131
Tableau 12. Occupation du sol dans la région de M'sila	145
Tableau 13 : Situation épidémiologique avant et après la campagne de lutte	172
Tableau 14 : Situation épidémiologique des agglomérations témoins	172
Tableau 15 : Bilan de l'opération	173

Introduction

Les leishmanioses comptent parmi les nombreuses maladies vectorielles affectant l'homme et/ ou l'animal qui ont émergé ou ré émergé ces dernières années, elles sont en passe de devenir un problème de santé majeur (WHO, 2007). 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 flagrante. Seulement 32 pays déclarent régulièrement de cas de leishmaniose (WHO, 2010). La maladie est classée en tant qu'importante maladie tropicale négligée et vient après la malaria en termes de mortalité par maladie parasitaire (Alvar et al., 2006).

L'Algérie, pays le plus touché du bassin méditerranéen et du Maghreb, est concernée aussi bien par la leishmaniose cutanée que viscérale. Quatre formes cliniques y sévissent à l'état endémique, (i) la leishmaniose viscérale zoonotique à *L. infantum* MON-1, forme endémique dans les régions montagneuses du tell, (ii) la leishmaniose cutanée sporadique du Nord due à un variant enzymatique MON-24 de *L. infantum* qui sévit sporadiquement dans les foyers de leishmaniose viscérale, (iii) la leishmaniose cutanée zoonotique des régions steppiques causée par *L. major* MON-25 et (iv) la toute dernière forme anthroponotique à *L. tropica* signalée à Constantine (Mihoubi et al., 2008) et à *L. killicki* notifiée à Ghardaïa (Harrat et al., 2009).

La leishmaniose cutanée zoonotique est commune dans les zones steppiques, où, elle sévit en mode endémo-épidémique ; le pic épidémique, peut parfois atteindre, après les années pluvieuses, plusieurs milliers de cas, alors qu'au cours des périodes inter épidémiques des centaines de malades sont déclarés (Boudrissa, 2005).

Dans cet ensemble géographique, le bassin hydro géographique du Hodna est considéré comme le foyer de leishmaniose cutanée le plus actif en Algérie, on y recense plus de 65% des cas notifiés annuellement en Algérie (REM, 2007).

La leishmaniose est bien connue dans le Hodna, elle y sévit sans bruit jusqu'à ce qu'elle se déclara de façon épidémique au début des années 80. Cette soudaine réémergence peut être attribuée à plusieurs facteurs naturels et anthropiques (Desjeux, 2004). Les modifications de l'environnement dans le domaine l'agriculture qu'avait connu la région au début des années quatre-vingt pourraient en être la cause. La grande épidémie de 1982, débuta dans la partie

orientale du Hodna puis progressivement, envahissait toute la cuvette hodnéenne et déborda même vers les wilayates des hauts plateaux centre et ouest, comme le confirme les relevés épidémiologiques publiés mensuellement par l'Institut National de Santé Publique. La maladie semble également connaître, une extension septentrionale franche, mettant sous risque les régions peuplées du Tell et du littoral (Boudrissa et al., 2012). Jadis, maladie rurale, la leishmaniose cutanée zoonotique devint fréquente chez les citadins, par conséquent, les zones urbaines, devinrent ainsi, un lieu de transmission de cette parasitose (Desjeux, 2001). En effet, une proportion importante des cas notifiés annuellement proviennent des grands centres urbains. Ainsi l'urbanisation, tout azimut, que connaît notre pays, ces dernières années, constitue un facteur de risque pour une frange de la population citadine, notamment celle vivant en zone péri-urbaine dont les habitations sont dans le rayon d'action des phlébotomes vecteurs (Radja, 2013).

Indubitablement, le risque leishmanien, n'en sera que plus important dans l'avenir, ce d'autant que l'état projette dans sa politique de l'aménagement du territoire de faire déplacer une partie importante de la population du littoral vers les hauts plateaux steppiques (Radja,2013).

Cette multiplicité des facteurs, responsables de l'émergence, nécessite des approches systémiques interdisciplinaires si l'on veut en connaître exactement les causes, (Froment, 1997).

Ces vingt dernières années de nouvelles méthodes se sont développées dans l'étude des maladies vectorielles, notamment la géomatique, qui regroupe l'ensemble des disciplines (télédétection, informatique, cartographie, photogrammétrie, géodésie...) et moyens informatiques permettant de représenter, d'analyser et d'intégrer des données géographiques. Ses applications en épidémiologie sont en plein essor à cause d'une part du contexte épidémiologique et d'autre part des progrès technologiques dont elle a bénéficié (concernant en particulier la diversification et l'amélioration des capteurs satellitaires et des outils informatiques) (Beck et al., 2000).

Cerner géographiquement le foyer actif et identifier les mécanismes qui sous-tendent son évolution spatiale à travers la steppe et les hauts plateaux, nécessitent de nouveaux outils qui permettent de faire ressortir les tendances, les corrélations et les interrelations entre environnement et santé.

Notre contribution à travers cette étude vise à élaborer une démarche associant géomatique et épidémiologie, afin de caractériser le lien méconnu entre l'environnement et une

maladie, dans une zone de forte transmission de la leishmaniose cutanée, la région du Hodna. La finalité d'une telle démarche est d'asseoir une stratégie de lutte à visée préventive en protégeant par des méthodes de lutte intégrée les populations les plus exposées.

L'étude écologique adoptée ici, analysera l'interférence des différents éléments du cycle de transmission du parasite à savoir le cadre physique avec ses différentes composantes (géologie, topographie, climat, salinité, géomorphologie etc....) et le cadre biologique qui comprend les éléments biotique en relation avec le complexe pathogène, (entomologie, mammalogie, phytoécologie etc....).

Cette thèse est organisée en 5 chapitres

- Le chapitre I est une synthèse bibliographique consacrée aux leishmanioses, à l'application du système d'information géographique et de la télédétection en épidémiologie des leishmanioses et au phénomène de l'urbanisation et ses implications sanitaires.
- Le chapitre II discute des techniques d'identification des leishmanies
- Le chapitre III est consacré à la présentation de la zone d'étude, son cadre physique, sa classification bioclimatique et ses indicateurs socio-économiques.
- Le chapitre IV présente la partie matériel et méthodes appliqués tour à tour dans
 - l'étude épidémiologique (étude du réservoir, étude entomologique, étude du parasite et enfin l'analyse statistique)
 - l'étude cartographique qui comprend la cartographie paysagère, la cartographie épidémiologique, la carte de répartition des rongeurs réservoirs et la carte de répartition des phlébotomes vecteurs.
 - un programme de lutte inspiré des différentes expériences et observations sur l'épidémiologie des leishmanioses.
- Le chapitre V présente la partie résultats et discussion.
- Enfin une conclusion et perspectives.

CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Historique

La leishmaniose cutanée du vieux monde a une histoire documentée de longue date. Elle remonte probablement à 1500-2500 ans avant JC. Les premières descriptions du « bouton d'orient » ont été trouvées sur des objets appartenant au roi Ashurbanipal au septième siècle avant JC. Au dixième siècle, les médecins arabes ont décrit en Afghanistan la leishmaniose et l'ont désigné sous le nom de la blessure de " Balkh ". Les médecins arabes ont trouvé par la suite une maladie semblable à Bagdad et Jericho. A travers l'histoire, différentes régions du monde dans lesquelles la maladie fut découverte ont donné leurs noms à celle-ci (Cox, 2002).

La leishmaniose cutanée et cutanéomuqueuse du Nouveau monde a été bien décrite par les missionnaires espagnols du seizième siècle, ils décrivent la manifestation de la maladie andine ou celle de la vallée en tant que blessures cutanées (Cox, 2002). La Paléopathologie a mis en évidence et a confirmé la présence de lésions leishmaniennes mucocutanées antiques sur des crânes des populations autochtones anciennes (Costa et al., 2009).

James Homer Wright est considéré comme étant le premier qui avait observé le parasite de leishmanies, cependant, d'autres auteurs avancent que c'est David Cunningham en 1885 et Peter Borovsky, un chirurgien Russe qui ont vu le parasite. Borovsky avait même publié un article décrivant exactement le parasite en tant que protozoaire. Cependant, le travail de Borovsky écrit en russe n'a pas été mondialement reconnu (Cox, 2002).

La leishmaniose viscérale a été décrite beaucoup plus tard. Il n'y avait aucune documentation sur la maladie jusqu'en 1823, en dépit de la documentation claire sur d'autres maladies causant le même degré de sévérité, indiquant probablement qu'elle ne s'était pas manifestée avant cette date (Cox, 2002). Il a été noté qu'en 1824 une manifestation épidémique au Bengale d'une maladie causant la fièvre et la cachexie et n'a pas répondu à la quinine (Cox, 2002). Cette maladie fut appelée kala-azar ou fièvre noire en raison du noircissement de la peau des patients indiens ; la maladie fut également appelée la fièvre de Dum Dum en raison de son occurrence dans le Dum Dum, région près de Calcutta. Initialement, avant de reconnaître cette maladie, l'on avait pensé que les signes cliniques d'anémies et de splénomégalies étaient secondaires à une combinaison d'ankylostomiase de bérubéri, et de malaria. Les Drs. William Boog Leishman et Charles Donovan ont été les premiers à découvrir l'agent causal du Kala Azar. Dr Leishman a trouvé le parasite dans la rate d'un soldat qui était mort de la fièvre Dum Dum. Il a d'abord faussement classé le parasite comme étant un trypanosome. Il a publié ces

résultats en 1903. Dans le même temps, Dr. Donovan, a isolé le parasite de la rate d'un patient malade. Il était également rendu compte que c'était le même parasite isolé des malades atteints de bouton d'orient. En 1908, en Tunisie, Charles Nicolle retrouvera des leishmanies chez un enfant de kala azar méditerranéen et le désigna par le binôme *L. infantum* (Dedet, 1999).

La relation entre le vecteur (phlébotome) et les symptômes de la maladie est due à l'équipe de l'Institut Pasteur d'Algérie dirigé à l'époque par les frères Edmond et Etienne Sergent et leurs collaborateurs. Les preuves expérimentales de la transmission de la leishmaniose cutanée ont été apportées en 1921, lorsque les frères Sergent contaminèrent un sujet sain en le faisant piquer par des phlébotomes récoltés à Biskra. Presque parallèlement, des observations faites en Palestine et en Syrie par Adler et Theodor (1941) confirmèrent celles de l'équipe de l'Institut Pasteur d'Algérie (Dedet, 1999).

L'historique de la leishmaniose cutanée en Algérie remonte à 1860 quand Hamel découvrit la maladie à Biskra (Sergent et al., 1926). 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 furent signalés au Nord du pays, dans le littoral Algérien à Ténès, et Boumerdès en 1909 (Sergent et al., 1926).

La maladie était à la une de l'actualité et chaque cas diagnostiqué fût aussitôt publié. C'est à Etienne et à Edmond Sergent que revient cette citation quand en 1927, ils affirmèrent «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 Ziban, on sait maintenant qu'au contraire, la leishmaniose cutanée existe sur tout le territoire de la colonie, depuis le bord même de la mer jusqu'au Oasis Sahariennes».

Au Sahara, les recherches systématiques par les médecins des Territoires du Sud ont établi la répartition géographique du bouton d'Orient dans le sud de l'Algérie. Celle-ci, 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). Ces auteurs ont montré que toute la lisière Nord du désert est territoire du Bouton d'orient ; ils ont également signalé que le nombre des cas de leishmaniose cutanée soit dans les régions sahariennes soit dans le tell augmente chaque année, comme si la leishmaniose essaimait peu à peu à travers tout le pays.

Dans cet espace géographique steppique, la dépression du Hodna ne paraissait pas touchée par la maladie, les médecins militaires, n'ont jamais eu l'occasion d'y diagnostiquer la leishmaniose bien qu'ils soient attentifs à la rechercher. Et voici qu'en 1924, une européenne l'y contracte (Parrot et Foley, 1925). Les cas sporadiques signalés çà et là par les médecins militaires sont « la face immergée de l'iceberg », en effet, très peu de cas sont identifiés en tant que tel, car la couverture sanitaire de l'époque est très insuffisante et la population vit très dispersée dans l'immensité des territoires steppiques. Les nomades se sont bien accommodés avec le bouton pour lequel ils utilisent la pharmacopée traditionnelle. La maladie y sévit probablement en mode endémo-épidémique.

Ainsi au Sahara comme dans le Tell, les cas algériens de bouton d'orient doivent être considérés purement autochtones. Ils sont la manifestation tantôt précoce et tantôt tardive, tantôt floride et tantôt discrète d'un état endémique étendu depuis longtemps à tout le pays (Parrot et Foley, 1925).

A ce propos, Donatien écrit " On est fondé à penser que plus on appliquera les méthodes d'examen microscopique au diagnostic des ulcérations croûteuses des indigènes Algériens, Marocains et Tunisiens et plus l'aire de distribution géographique du bouton d'orient apparaîtra considérable en Afrique du Nord ".

Les frères Sergent, qui ont diagnostiqué en 1923 de nombreux cas de leishmaniose cutanée à Mila, au Nord de l'Algérie, 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.

Pour le Tell, la leishmaniose cutanée a été identifiée par les mêmes auteurs dans 13 localités différentes et fort distantes les unes des autres du département de Constantine, d'Alger et d'Oran (Sergent et al., 1926).

Parallèlement au dépistage de la maladie de nombreux travaux concernant le parasite et son mode de transmission, furent entrepris à l'Institut Pasteur d'Algérie. 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 écraser sur leur peau le broyat de quelques femelles de *P. papatasi* capturées vivantes à Biskra, ont pu reproduire la lésion chez l'homme.

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

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

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 (Sergent et al., 1926).

Cependant l'affection évoluait sous un mode endémique avec quelques pics épidémiques bien circonscrits dans les Oasis de Biskra, du Souf et de Béni Abbés. La première épidémie fût rapportée dans les garnisons militaires à Biskra en 1960 où plus de 200 cas ont été enregistrés (Belazzoug, 1983).

Après l'indépendance, l'affection n'était qu'occasionnellement signalée. 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 (Belazzoug, 1983).

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 du service militaire, et près d'un millier de cas en 1982 à M'sila (Belazzoug, 1983). Il semble que le dépistage des premiers cas remonte à la fin de l'année 1980 dans la région d'Ain Khadra et que la première épidémie ait débuté durant l'hiver 1981-82. L'étude des cas dépistés mensuellement à partir de janvier 1982 montre une chute vers avril 1982 et une recrudescence en novembre 1982 (transmission estivale). L'incidence de la maladie pour 1982 est proche de 9 pour mille. L'ensemble des cas dépistés cette année et au cours du premier trimestre 1983 (7985 cas pour 489756 habitants) correspond à un taux de morbidité de 16,3 pour mille. L'examen de la morbidité par âge montre que 64,5% des enfants atteints ont moins de 14 ans, la tranche d'âge la plus marquée étant celle de 3 à 6 ans, avec près de 22% des cas. La totalité de la wilaya est touchée, avec, toutefois, une faible incidence dans la partie la plus méridionale (Secteur sanitaire d'Aïn El Melh) (Belazzoug, 1983).

Dans la même période, toutes les wilayates voisines déclarèrent des cas, en particulier celle de Batna, à l'est (900 cas environ en 1982) et de Djelfa au sud-ouest (77 cas en 1982). Le

foyer bien connu de Biskra, en zone présaharienne, a déclaré 950 cas dépistés en 1982. Environ 10% des cas connus sont traités (Belazzoug, 1983).

Durant l'hiver de l'année 1986, la maladie toucha la localité de K'sar Chellala en 1985 (700 cas) (Wilaya de Tiaret). Après 1986, d'autres foyers nouveaux ont émergé : Oued Souf (400 cas, 1994), Saida (500 cas en 1999, Ain Sekhouna ,750 cas 2002), Djelfa (Hassi Behbah nouveau foyer près de 1000 cas), Bordj Bou-Arredj en 1996 (1000 cas). En 2005 une importante épidémie de leishmaniose cutanée a frappé le pays et a touché plus de 40 wilayates.

Suite à quoi le ministère de la santé a mis en place un programme de lutte intégré contre ce fléau, programme qui a donné ses fruits quelques années plus tard ou en le nombre de cas a diminué drastiquement.

2. Les Leishmanioses dans le monde

Actuellement les leishmanioses, prévalentes dans quatre continents, sont endémiques dans 88 pays (22 du Nouveau monde, 66 de l'Ancien monde), dont 72 pays en développement (Desjeux, 2001). On estime l'incidence annuelle à environ 600.000 nouveaux cas cliniques, officiellement signalés, avec une prévalence globale de 12 millions de cas et une population à risque de 350 millions de personnes environ, l'incidence de la maladie est évaluée à 1,5 millions à 2 millions de nouveaux cas dont les trois quarts sont imputés aux formes cutanées. Toutefois, il apparaît clairement que le nombre de cas officiellement signalés représente une large sous-estimation du problème. Les leishmanioses représentent un frein au développement, une charge pour les pays en termes d'affaiblissement de la population active, du coût élevé du traitement qui dépasse souvent, à lui seul, le budget global des soins de santé primaires (60-120 \$ des EU par malade) et du retard dans les programmes de développement rural (Desjeux, 2001).

Il semble que les leishmanioses humaines et animales sont en nette expansion en dehors de leur aires naturelles, elles sont bien présentes dans des régions qui restaient inconnues jusqu'à présent. Des cas autochtones de leishmanioses ont été notifiés dans de nouveaux territoires jusque-là indemne, Haut-Nil occidental, Soudan (Desjeux, 2001), certains département des états unis d'Amérique et du Canada (Enserink, 2000), le Nord Australien (Rose et al., 2004) et des régions de l'Europe (Koehler et al., 2002 ; Capelli et al., 2004). Il est admis que les leishmanioses sont des maladies dynamiques dont les circonstances de transmission changent continuellement en relation avec les facteurs de l'environnement, les facteurs démographiques et du milieu ; i.e., modification des niches écologiques des vecteurs

et réservoirs de maladie, immunosuppression associée au HIV, conflits armés, sont autant de facteurs qui influencent la morbidité de la leishmaniose.

La distribution géographique des différentes espèces de *Leishmania* semble de plus très proche de celle des insectes vecteurs. Environ 30 espèces de phlébotomes jouent le rôle de vecteur et appartiennent soit au genre *Phlebotomus* (Ancien Monde) soit au genre *Lutzomyia* (Nouveau Monde). Ces insectes se distribuent en fonction de l'altitude et des facteurs climatiques généraux et, en particulier, la température et la pluviosité (Torres Espejo et al., 1989; Menne, 2006).

Les pays les plus touchés par la leishmaniose viscérale, représentant 90% des cas mondiaux, sont le Bangladesh, le Brésil, l'Inde, le Népal et le Soudan. De même, 90% des cas mondiaux de leishmaniose cutanée sont recensés en Afghanistan, en Algérie, au Brésil, en Iran,

Au Pérou, en Arabie Saoudite et en Syrie. En ce qui concerne la leishmaniose mucocutanée, 90% des cas se trouvent au Pérou, en Bolivie et au Brésil (Desjeux, 1996, 2004 ;WHO, 2000).

Au milieu des années 70, une vague épidémique de leishmaniose cutanée zoonotique a déferlé sur le Maghreb et le pourtour du grand désert africain de la Libye au Maroc et du Sénégal au Niger. Cette résurgence de LC zoonotique, toucha particulièrement les zones arides où elle intéressa principalement les steppes à chénopodiacées (Rioux et al., 1982).

Tous les vecteurs prouvées de *L.major* appartiennent au sous-genre *Phlebotomus* (*Phlebotomus*), i.e. *P. papatasi* en est le principal vecteur, d'autres espèces voisines sont également impliquées dans la transmission de *L. major* comme *P. salehi* et *P. dubosqi*.

Les foyers endémiques stables de leishmaniose cutanée dans l'Afrique du Nord et le moyen orient sont associés au couple *P.obesus/P.papatasi* et *R.opimus/P.papatasi* en Asie Centrale. Les foyers de leishmanioses épidémiques ou instables sont toujours associés au couple *Meriones spp./Phlebotomus spp.* La pullulation de ces espèces de rongeurs est à l'origine des épidémies de leishmanioses notifiées du Maroc à l'Inde. La migration et la fluctuation de populations de rongeurs ont, dans les pays du Maghreb, causé plusieurs épidémies au début des années quatre-vingt (ElFari et al., 2005).

Le parasite *L.major* présente une certaine homogénéité génétique, révélée par le typage isoenzymatique, malgré sa large distribution géographique et la multiplicité de ses hôtes (Rioux et al., 1990 a). Des études récentes ont montré que *L.major* se distingue en trois groupes génétiques, les souches Asiatique, Moyen Orientales et Africaines. Les essais d'infection croisées des rongeurs réservoirs par les différentes souches de *L.major* ont révélés la sensibilité

de *R.opimus* à la souche Africaine, par contre *P.obesus* est insensible à la souche Asiatique (ElFari et al., 2005).

Les facteurs de risque de la leishmaniose cutanée sont associés à des régions bien définies (foyers) et en des moments bien précis (saisons), dépendant de la présence des insectes vecteurs (les phlébotomes) et du cycle de leur activité (Desjeux, 2001). Dans l'Ancien monde, l'urbanisation semble devenir un facteur important de risque de la leishmaniose cutanée, les nouvelles extensions urbaines, les banlieues et les périphéries des villes sont vulnérables à la leishmaniose car ils interfèrent avec le cycle sauvage opérant chez les rongeurs colonisant l'interface ville-campagne. Dans le Nouveau Monde, la ville de Manaus, Brésil, est un exemple qui montre le facteur aggravant de l'urbanisation sur l'incidence de la leishmaniose, ainsi la ville a connu un essor commercial et industriel, tel qu'elle attira de nombreux migrants venant des états voisins, l'afflux des émigrants a été à l'origine de la construction de nombreux quartiers périphériques, en bordure de la forêt. La proximité de ces nouvelles habitations à la forêt, les exposa au cycle de transmission sylvatique de *L.guyanensis*, ainsi l'incidence de la maladie chez la population de la banlieue dépassa les 1000 cas/an (Desjeux, 2001).

La construction des barrages et l'extension des terres irriguées sont à l'origine de la pullulation des rongeurs réservoirs qui précède les épidémies humaines, c'est ce qui est arrivé en Tunisie, après la construction du barrage de Beni Saad (Ben Ismail et al., 1987) et en Syrie, après les opérations de mises en valeurs par l'extension des terres irriguées longeant l'Euphrate (Desjeux, 2001).

2.1. Leishmaniose Viscérale de l'Ancien Monde

La leishmaniose viscérale est provoquée par les membres du complexe *L. donovani-L. infantum* (fig.1 et Tab.1), exceptionnellement, *L. tropica*. La leishmaniose viscérale peut être endémique, sporadique ou épidémique, avec dans chaque cas des caractéristiques cliniques différentes.

Dans les régions où la leishmaniose viscérale est endémique, la maladie tend généralement vers la chronicité et fait ses principales victimes chez les enfants.

Tableau 1: Formes cliniques et différentes espèces de *Leishmania* pathogènes pour l'Homme (WHO, 2004).

LEISHMANIOSE	ESPECES DE L'ANCIEN MONDE	ESPECES DU NOUVEAU MONDE	CLINIQUE	RESERVOIR
Viscérale	<i>L. donovani</i>		Kala azar	homme
	<i>L. infantum</i>		Kala azar	chien
		<i>L. chagasi</i>	Kala azar	chien, renard
Cutanée simple	<i>L. tropica</i>		Lésion sèche (Bouton d'orient)	homme
	<i>L. major</i>		lésion humide	rongeurs
		<i>L. mexicana</i>	ulcère du chiclero	rongeurs, marsupiaux
		<i>L. peruviana</i>	uta	chien
		<i>L. guyanensis</i>	pian-bois	fourmilier, paresseux
		<i>L. panamensis</i>	ulcère unique	paresseux, singes
Cutanée diffuse (si immunité déficiente)	<i>L. aethiopica</i>		diffuse et grave	Daman
		<i>L. amazonensis</i>	id.	homme
		<i>L. pifanoi</i>	id.	rongeurs
Cutanéo-muqueuse		<i>L. brasiliensis</i>	espundia	rongeurs, chien
Viscérale	<i>L. donovani</i>		Kala azar	homme

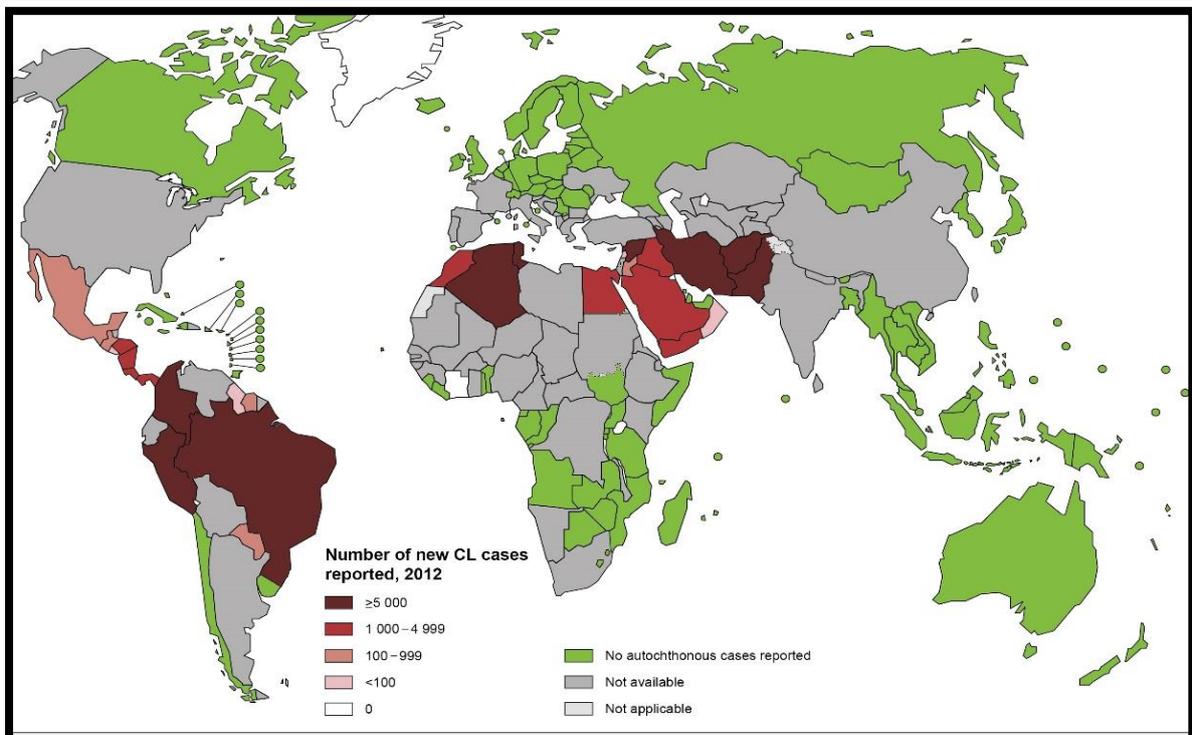


Fig.1 La distribution globale de la leishmaniose cutanée dans le monde (cas déclarés en 2012)
(www.who.int)

Jusqu'à une époque récente, le groupe d'âge le plus touché par la leishmaniose viscérale à *L. infantum* est de 1 à 4 ans. Toutefois, depuis que les infections par le VIH ont fait leur apparition et que l'on recourt davantage aux traitements immunodépresseurs pour les greffes d'organes et à la chimiothérapie, la moitié environ des cas observés en Europe sont désormais des adultes. La période d'incubation dure de 10 jours à plus de 1 an et la maladie progresse généralement à bas bruit (WHO, 2010).

Les symptômes habituels sont la fièvre, un malaise général, des tremblements ou frissons, une perte de poids, de l'anorexie et une gêne au niveau de l'hypochondre gauche. Les signes cliniques consistent ordinairement en une splénomégalie sans hyperesthésie, accompagnés ou non d'hépatomégalie, une fonte musculaire et une décoloration des muqueuses. Une adénopathie peut être présente (notamment au Soudan) et c'est parfois la seule manifestation clinique. On note des signes de malnutrition (œdème, altération de la peau et de la pilosité) à mesure que la maladie progresse. Les infections intercurrentes sont fréquentes (WHO, 2010).

La leishmaniose viscérale sporadique peut être contractée par des étrangers à une zone d'endémie, quel que soit leur âge. La maladie peut évoluer rapidement, avec des frissons, une forte fièvre ondulante, souvent avec deux clochers quotidiens, des sueurs profuses, une perte de poids rapide et un malaise profond. Ces patients présentent un risque accru de complications rares telles qu'une anémie hémolytique aiguë sévère, des lésions rénales aiguës et des hémorragies au niveau des muqueuses. Dans la leishmaniose viscérale anthroponotique épidémique (transmissible d'un sujet humain à un autre), les sujets de tout âge sont exposés, sauf ceux qui ont acquis une immunité lors d'une épidémie antérieure. Des formes aiguës sont possibles et la mortalité est habituellement élevée. En cas d'infection concomitante par le VIH le tableau clinique classique de leishmaniose viscérale et des autres formes de leishmaniose est modifié (WHO, 2010).

2.2. Leishmaniose Cutanée de l'ancien Monde

Les caractéristiques cliniques de la leishmaniose cutanée ont tendance à varier d'une région à l'autre et à l'intérieur d'une même région, par suite de différences touchant à l'espèce parasitaire, au type de cycle zoonosique en cause, à l'état immunitaire et peut-être aussi par suite du déterminisme génétique de la réponse du patient. La lésion « classique » débute sous la forme d'une papule ou d'un nodule au point d'inoculation ; elle s'accroît peu à peu pour

atteindre sa taille finale au bout d'une semaine. Une croûte se forme au centre en révélant, si elle se détache, une ulcération pouvant atteindre 5 cm de diamètre dont les bords sont surélevés et qui est entourée d'une induration variable. Cette ulcération évolue vers la guérison au prix d'une cicatrice profonde présentant une altération de la pigmentation. La présence de nodules satellites siégeant au bord de la lésion est courante. Le clinicien doit être parfaitement informé de l'extrême variété des manifestations cliniques possibles (WHO, 2010).

La leishmaniose cutanée de l'Ancien Monde est provoquée par cinq espèces de leishmanies: *L. infantum*, *L. tropica*, *L. major*, *L. aethiopica* et *L. donovani*. Des lésions cutanées dues à *L. infantum* s'observent dans toute son aire de répartition, tout particulièrement dans le bassin méditerranéen. *L. infantum* est la cause la plus fréquente de leishmaniose cutanée en Europe du sud et au Maghreb. Ce sont des lésions nodulaires le plus souvent uniques, peu enflammées, même si des ulcérations caractéristiques sont également observées. En l'absence d'immunodépression, il n'y a ni signes ni antécédents de leishmaniose viscérale. Les lésions guérissent spontanément en l'espace d'une année environ et semblent conférer une immunité. *L. tropica* est également présente en Grèce (WHO, 2010).

La leishmaniose cutanée due à *L. tropica* (désignée antérieurement sous la dénomination de leishmaniose anthroponotique ou de leishmaniose cutanée anthroponotique urbaine) détermine des ulcérations sèches et indolores de la peau, souvent multiples, qui en règle générale guérissent spontanément en l'espace d'une année ou parfois plus, laissant souvent derrière elles des cicatrices inesthétiques. La durée d'incubation est généralement de 2 à 8 mois (WHO, 2010).

La leishmaniose récidivante, également connue sous le nom de leishmaniose lupuloïde ou tuberculoïde est une forme chronique de la leishmaniose cutanée anthroponotique qui peut durer de longues années. Les lésions, d'évolution lente, siègent habituellement sur les parties exposées ; elles se caractérisent par une cicatrice douée d'activité périphérique. En l'absence de traitement, la maladie est destructrice et le patient reste défiguré. La rareté des amastigotes au niveau de la lésion peut facilement conduire à un diagnostic tardif ou erroné (WHO, 2010).

La leishmaniose cutanée provoquée par *L. major* (désignée antérieurement sous la dénomination de leishmaniose zoonosique ou de leishmaniose cutanée zoonosique rurale) est indolore, comme les autres formes de leishmaniose cutanée, quand les lésions ne s'accompagnent pas de complications. Ces lésions sont souvent très enflammées et ulcérées et guérissent en 2 à 8 mois (WHO, 2010). Elles sont fréquemment multiples, spécialement chez les immigrants non immunisés, et l'on observe une confluence et une surinfection. Elles

mettent souvent longtemps à guérir et peuvent laisser d'importantes cicatrices inesthétiques et invalidantes. La durée d'incubation est souvent inférieure à 4 mois (WHO, 2010).

La leishmaniose cutanée due à *L. aethiopica* s'accompagne essentiellement de lésions cutanées nodulaires localisées et moins fréquemment prend l'aspect d'une leishmaniose bucco-nasale qui peut déformer les narines et les lèvres ou encore d'une leishmaniose cutanée diffuse. La plupart des lésions évoluent lentement et peuvent s'étendre localement. L'ulcération est tardive ou absente. La guérison spontanée prend habituellement de 2 à 5 ans (WHO, 2010).

2.3. Leishmaniose des muqueuses de l'Ancien Monde

Des lésions leishmaniennes au niveau des muqueuses peuvent s'observer et n'importe quelle espèce peut les provoquer. En Inde et au Soudan, chez les malades qui souffrent d'une leishmaniose viscérale ou d'une leishmaniose dermique post-kala-azar, de même aussi que chez ceux qui présentent une infection concomitante par le VIH, des lésions peuvent se manifester au niveau de la muqueuse buccale, nasale ou génitale. Des lésions de la muqueuse buccale ou laryngée dues à *L. infantum*, *L. major* ou *L. tropica* peuvent apparaître chez des personnes âgées ou présentant des formes mineures d'immunodépression. Les lésions laryngées peuvent devenir chroniques et faire croire à un cancer (WHO, 2010).

2.4. Leishmaniose cutanée diffuse de l'Ancien Monde

La leishmaniose cutanée diffuse est provoquée par *L. aethiopica* et se caractérise par des macules, des papules, des lésions nodulaires ou des plaques très disséminées ou par une infiltration diffuse de la peau, spécialement au niveau de la face et des faces externes des membres où l'épaississement des sourcils et du lobe des oreilles peut ressembler à la lèpre lépromateuse. Il n'y a pas d'ulcération. L'atteinte des muqueuses se limite à la bordure des narines et des lèvres. Cette maladie ne guérit pas spontanément et les récurrences sont fréquentes après le traitement. Une leishmaniose cutanée diffuse liée à une immunodépression et due à d'autres espèces de leishmanies peut se produire chez les sujets porteurs d'une infection concomitante par le VIH et les personnes présentant d'autres formes d'immuno dépression. Des manifestations atypiques peuvent se produire, comme des ulcérations par exemple (WHO, 2010).

2.5. Leishmaniose viscérale du Nouveau Monde

Dans le Nouveau Monde, la leishmaniose viscérale est endémique ou sporadique. L'agent étiologique est *L. infantum* et la maladie présente la même forme clinique que la leishmaniose à *L. infantum* de l'Ancien Monde. La plupart des cas s'observent chez les enfants

de moins de 10 ans, mais les adultes sont également fréquemment atteints dans les foyers où la maladie a été récemment réintroduite. La leishmaniose dermique post-kala-azar est extrêmement rare. Au Brésil, les infestations asymptomatiques et les formes bénignes de la maladie sont plus fréquentes qu'une leishmaniose viscérale tout à fait manifeste. Un suivi longitudinal a montré que certaines personnes restent asymptomatiques ou se remettent spontanément d'une forme bénigne, alors que d'autres, souffrant des mêmes troubles, finissent par faire une forme clinique de leishmaniose viscérale. Au nombre des facteurs de risque qui conditionnent la progression vers une leishmaniose viscérale figurent la malnutrition, certains facteurs génétiques et d'autres maladies infectieuses. On signale de plus en plus d'infections concomitantes par le VIH (WHO, 2010).

2.6. Leishmaniose cutanée du Nouveau Monde

Dans les Amériques, il existe toute une variété de manifestations cliniques dues à de multiples espèces de leishmanies qui sont phylogénétiquement distinctes. Si certaines de ces manifestations cliniques sont plus souvent liées à une espèce ou à un sous-genre particulier, aucune d'entre elles n'est propre à une espèce donnée. En outre, une part importante des infestations sont asymptomatiques. Au nombre de ces formes cliniques figurent des leishmanioses cutanées ou cutanéomuqueuses localisées, disséminées ou atypiques. La leishmaniose cutanée localisée est provoquée par de multiples espèces appartenant aux deux sous-genres *Leishmania* et *Viannia*, d'abondance variable dans la région des Amériques. Les lésions peuvent apparaître dans n'importe quelle région du corps mais prennent généralement naissance au point d'inoculation sous la forme d'une macule, suivie d'une papule qui s'ulcère et s'étend en prenant l'aspect d'une lésion cratériforme ronde à ovale ou évolue vers une forme nodulaire. Les lésions peuvent se manifester des semaines, des mois, voire des années après la contamination. Les lésions primitives peuvent être uniques ou multiples. L'extension par voie lymphatique se manifeste par une adénite ou adénopathie et elle est commune aux lésions dues aux espèces du sous-genre *Viannia*. Les lésions provoquées par *L. mexicana* sont souvent spontanément résolutive en l'espace de 3 à 4 mois, celles qui sont dues aux espèces du sous-genre *Viannia* telles que *L. braziliensis*, *L. panamensis*, *L. guyanensis* et *L. peruviana* pouvant guérir sans traitement au bout de 6 mois. Des lésions secondaires cutanées ou intéressant les muqueuses peuvent se former, l'atteinte des muqueuses est la plupart du temps imputable à une infestation par *L. braziliensis* ou *L. panamensis* mais peut également être due à d'autres espèces. La leishmaniose cutanée due à *L. infantum*, l'espèce qui est généralement la cause de la leishmaniose viscérale, est souvent atypique. Les lésions se manifestent sous la forme de

plaques ou de nodules localisés qui s'inscrivent dans le spectre clinique des lésions dues aux espèces dermatropes du Nouveau Monde. La leishmaniose cutanée à *L. infantum* s'observe principalement en Amérique centrale, dans des zones où la leishmaniose viscérale est endémique chez les grands enfants et les jeunes adultes, alors que chez les enfants de moins de cinq ans, c'est cette dernière forme qui prédomine (WHO, 2010).

2.7. Leishmaniose cutanée diffuse du Nouveau Monde

La leishmaniose cutanée diffuse du Nouveau Monde est analogue à celle de l'Ancien Monde tant sur le plan clinique que sur le plan anatomo-pathologique. Il n'y a généralement pas de lésions au niveau des muqueuses. Cette affection ne guérit pas spontanément. Au début, la maladie cède au traitement classique mais elle récidive et reste réfractaire à tout traitement ultérieur. Elle n'est attribuée qu'à *L. mexicana* et *L. amazonensis*. Un foyer inhabituel a fait son apparition en République Dominicaine (WHO, 2010).

2.8. Leishmaniose cutanée disséminée du nouveau Monde

La leishmaniose cutanée disséminée se présente sous la forme de nombreuses lésions étendues nodulaire ou ulcérées et on l'attribue à des infestations par *L. braziliensis*, *L. panamensis*, *L. guyanensis* et *L. amazonensis*. Plus de 20 et jusqu'à plusieurs centaines de lésions cutanées peuvent se former avec ou sans atteinte des muqueuses. La réaction aux antigènes leishmaniens, qu'il s'agisse d'une réponse d'hypersensibilité retardée ou d'une réponse anticorpale, reste intacte et les lésions cèdent partiellement aux antimoniés et à la miltéfosine (WHO, 2010).

2.9. Leishmaniose dermique post-kala-azar

La LDPKA est présente dans toutes les régions où *L. donovani* est endémique mais c'est en Afrique orientale et sur le sous-continent indien qu'elle est la plus courante où jusqu'à 50 % et 10 % respectivement des malades atteints d'un kala-azar font la maladie. En Inde, on fait état d'une baisse de la fréquence. La LDPKA débute 6 mois à une ou plusieurs années après la guérison apparente de la leishmaniose viscérale mais au Soudan, elle peut survenir plus tôt, voire coïncider avec la leishmaniose viscérale. Il n'y a pas forcément d'antécédents de leishmaniose. Elle se manifeste par des macules hypo pigmentées ou érythémateuses sur n'importe quelle partie du corps qui peuvent se transformer ultérieurement en infiltrations papulaires ou nodulaires, notamment au niveau de la face. Ces macules sont souvent confondues avec des lésions du vitiligo ou de la lèpre. Il peut également y avoir atteinte de la muqueuse buccale et génitale ou de la conjonctive. La LDPKA guérit spontanément chez une

partie des cas en Afrique, mais rarement, voire jamais, en Inde. Au Soudan, on distingue trois degrés de gravité dans la LDPKA (WHO, 2010).

2.10. Concomitance infestation leishmanienne et infection VIH

Le VIH et les leishmanies se renforcent mutuellement et de façon néfaste. Une leishmaniose viscérale a plus de chances de se manifester chez un patient porteur du VIH et de compromettre sa réaction au traitement antirétroviral. En cas d'immunodépression profonde, les localisations de l'infestation peuvent être atypiques, par exemple les voies digestives, la cavité péritonéale, le poumon, la cavité pleurale et la peau. Une atteinte de l'œsophage peut entraîner une dysphagie et une odyndophagie qu'il faut distinguer d'autres causes d'œsophagite, comme une candidose par exemple. Chez les malades du SIDA du Nouveau Monde, la leishmaniose tégumentaire comporte des lésions multiples, polymorphes et récidivantes. On a fait état de formes cutanées diffuses et de LDPKA liées à une leishmaniose viscérale. Des considérations relatives au diagnostic et au traitement applicables aux patients présentant une infection concomitante par le VIH figurent respectivement aux sections (WHO, 2010).

3. Les Leishmanioses en Algérie

L'Algérie est un pays qui compte parmi les plus exposés au Monde, elle est concernée par quatre formes cliniques sévissant à l'état endémique : la leishmaniose viscérale (LV), la leishmaniose cutanée sporadique du nord (LCS) et la leishmaniose cutanée zoonotique et tout dernièrement, la forme anthroponotique à *L. killicki* qui fut récemment signalée à Ghardaïa (Harrat et al., 2009).

3.1. Leishmaniose Cutanée sporadique du Nord

La leishmaniose cutanée sporadique du Nord (LCN) est connue en Algérie sous le nom de clou de Mila. Elle a été rapportée par Sergent en 1923 (Sergent et al., 1923). Les caractéristiques parasitologiques, épidémiologiques et cliniques ont été individualisées par Belazzoug et al.(1985 b). Ainsi un nouveau variant enzymatique du complexe *L. infantum* MON-24 a été identifié comme principal agent responsable de la leishmaniose cutanée du nord. Cette forme présente la particularité de siéger au niveau du visage sous forme d'une lésion nodulaire souvent unique, très riche en parasites. Son évolution chronique s'étale entre 6 et 12 mois (Belazzoug, 1986 b).

La transmission du parasite est assurée par *P. perfiliewi*, trouvé naturellement infesté par le variant enzymatique *L. infantum* MON 24, dans la localité de Ténès, foyer actif de la

leishmaniose cutanée du nord (Izri et al, 1993). Le chien est le principal réservoir de *L. infantum* (Benikhlef et al., 2004).

3.2. Leishmaniose Viscérale Zoonotique

En Algérie, *L. infantum* MON-1 est le principal zymodème isolé à partir des LV humaines et des cas canins (Harrat et al., 1996). Depuis la première description de la “leishmaniose cutanée sporadique du nord” (Belazzoug et al., 1985 a), les cas de LCN de cette région d’Algérie ont tous été attribués au zymodème MON-24. Au centre du pays, *L. infantum* MON-80 a été isolé de 4 cas de LCN (Harrat et al., 1996). Le zymodème MON-1, quant à lui, n’a été isolé qu’une fois d’une LC en Algérie (Harrat et al., 1996). On ne dispose d’aucun renseignement clinique sur le cas observé à Biskra, dans le sud, terre d’élection de la leishmaniose zoonotique à *L. major*. Benikhlef et al. (2009) ont découvert le zymodème MON-80 chez le chien. Récemment Bessad et al. (2012) ont trouvé ce zymodème chez le chacal doré *Canis aureus* capturé en Kabylie.

3.3. Leishmaniose Cutanée Zoonotique

Cette forme sévit à l’état endémo-épidémique au niveau des zones arides et semi-aride de l’Afrique du Nord. Au Hodna, elle est connue depuis 1924 (Parrot et Foley, 1925). Les débuts de l’épidémie remontent à 1982 avec l’apparition des premiers cas à l’est du chott El Hodna. Rapidement toute la région fut concernée ; l’incidence de la maladie atteignit 9 pour mille en 1982 (Belazzoug, 1983). L’épidémie ne se limita pas à la région de M’sila puisque les 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. Elle fut signalée la première fois dans la wilaya de Ghardaïa, située au centre et au nord du Sahara, en Algérie. Elle constitue l’un des gros foyers émergents de leishmaniose cutanée, 2040 cas y ont été recensés au cours de l’année 2000.

3.4. Leishmaniose Cutanée Anthroponotique

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

cette forme est apparue en 2005 à Ghardaïa, son vecteur fut identifié, il s'agit de *P.sergenti*, le réservoir reste inconnu, cependant *Ctenodactylus gundi* en est fortement suspecté (Boubidi et al , 2011).

4. Leishmaniose Cutanée Zoonotique du bassin du Hodna

4.1. Historique de la L C Z dans le bassin du Hodna

La Wilaya a connu sa première épidémie de leishmaniose cutanée en 1982, elle éclata dans les localités situées autour du Chott El Hodna, elle est apparue en premier à l'Est du chott puis de proche en proche s'est répandue en tâche d'huile sur le territoire de la Wilaya n'épargnant que les localités de montagne et même débordant sur les Wilaya limitrophes (Batna. et Djelfa). Aussitôt après la déclaration de cette maladie, le ministère de la santé a délégué une équipe pour mener une enquête épidémiologique. Effectuée du 4 au 7 janvier de L'année 1982, la tournée de prospection toucha sept zones cibles dans la Wilaya et un rapport de mission faisant état d'une véritable épidémie de leishmaniose cutanée a été établi à cet effet. Les travaux effectués par la suite par Belazzoug (1982) ont permis d'en définir les caractéristiques cliniques et éco-épidémiologiques. Les souches de parasites isolées à partir des malades et après typage iso enzymatique ont été rapportées au zymodème Mon-25, établissant ainsi la nature zoonotique à *L. major* du foyer et qui admet un rongeur *Gerbillidae* comme réservoir vertébré, généralement *P. obesus* qui en constitue le réservoir principal et *M. shawi*, le réservoir secondaire. Les études approfondies du foyer de M'sila ont permis pour la première fois en Algérie d'identifier *P. obesus*, longtemps soupçonné d'être le réservoir de la L.C.Z, il a été trouvé infesté à Bou Saâda ; avec un taux d'infestation relativement élevé (3 sur 60 soit 5%) (Belazzoug, 1983). La wilaya de M'sila fait partie de la frange steppique nord Saharienne ; Cette zone est parsemée de dépressions successives parallèles à la chaîne Atlassique. Elle débute par le chott Eldjerid à l'Est en Tunisie et se termine à l'Ouest par le chott El Guarbi dans la Wilaya de Saida, en passant par le chott Hodna, Zahrez Chergui et Zahrez Guarbi. Ces zones, recouvertes par des steppes halophiles, colonisées par *P.obesus* constituent en fait, un territoire potentiel pour la L.C.Z. Il faut s'attendre dans les années à venir à l'installation de véritables épidémies dans toutes les régions qui se trouvent sur la ligne des chotts de la frange steppique nord-saharienne. Le repeuplement des régions intérieures du pays par les autorités visant à la fois le désengorgement des villes du littoral et la mise en valeur des vastes régions steppiques est un facteur aggravant de cette situation. Dans ce nouveau foyer, les malades présentent des lésions à caractère grave, chez la majorité d'entre eux, en effet, les lésions étaient humides,

multiples et étendues, la plupart des formes étaient ulcéro-végétantes ; l'atteinte est strictement cutanée sans extension muqueuse, la durée d'incubation est de 6 mois, les lésions étaient volontiers multiples, le sérum des malades présente un taux d'anticorps circulants élevé (Belazzoug, 1982).

Les lésions apparaissent entre le mois de septembre et mars avec un maximum de fréquence le mois de décembre et février, compte de la période d'incubation qui est de 1 à 3 mois , ceci montre le caractère saisonnier automno-estival de la transmission .

4.2. Epidémiologie

4.2.1.Parasite

Les *Leishmania* sont des protozoaires qui se présentent chez leurs hôtes successifs (mammifères et insectes) sous deux stades morphologiques distincts : les amastigotes et les promastigotes (Fig.2) .

Les leishmanies présentent au cours de leur cycle, deux stades évolutifs distincts : le stade promastigote dans le tube digestif du phlébotome et le stade amastigote intracellulaire chez l'hôte vertébré. Ils se multiplient aux deux stades par division binaire simple (Dedet, 2009). La forme promastigote munie d'un flagelle antérieur, est issue de la forme amastigote aspirée par le phlébotome au cours d'un repas sanguin. Il s'agit d'un organisme allongé, d'environ 10 à 25µm de longueur (Fig.2). Le noyau est approximativement central, le kinétoplaste est situé en position antérieure et le flagelle libre s'échappe à l'extrémité antérieure. Cette forme se développe par scissiparité dans l'intestin moyen du phlébotome puis migre jusqu'au pharynx. La durée de cette phase varie de 14 à 18 jours. Le parasite est régurgité par l'insecte au moment de son repas sanguin. C'est la forme que l'on retrouve dans les milieux de culture (killick-Kendrick, 1990).

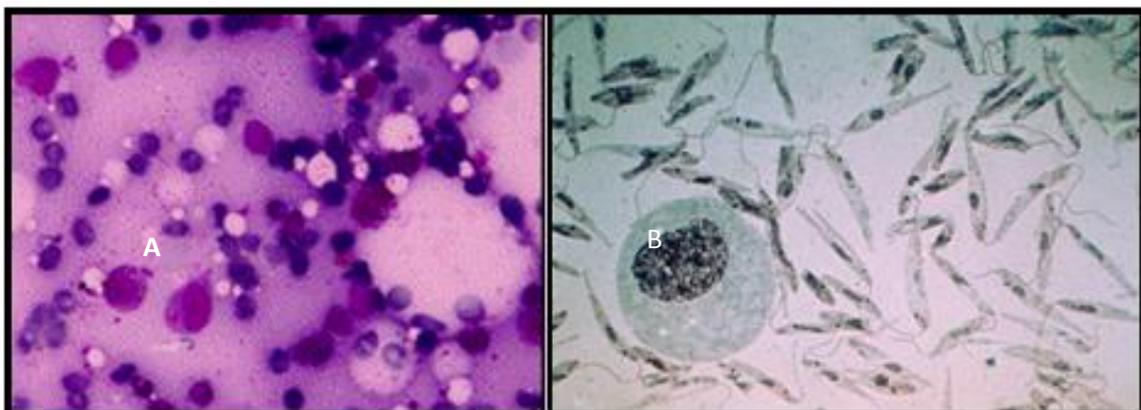


Fig. 2: Formes promastigotes de *Leishmania* (A)/ Présence de nombreuses leishmanies, dans leur forme amastigote, en intra et extracellulaire (MGG×100).(B) (OMS,2004)

La forme amastigote est la forme intracellulaire des leishmanies que l'on retrouve dans les cellules du système réticulo-histocytaire des hôtes vertébrés et dans les cellules mises en culture. Ce sont de petits corpuscules ovalaires ou arrondis de 2 à 6 µm de diamètre (Fig.2), immobiles, enveloppés d'une membrane bien définie, présentant un noyau, un kinétoplaste et une ébauche de flagelle ne faisant pas saillie à l'extérieur (Killick-Kendrick,1990).

Les leishmanies sont des protozoaires appartenant au genre *Leishmania* Ross, 1903 ; la place de ce genre dans la classification de Levine et al., (1980) est la suivante (fig.3et tab.2):

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

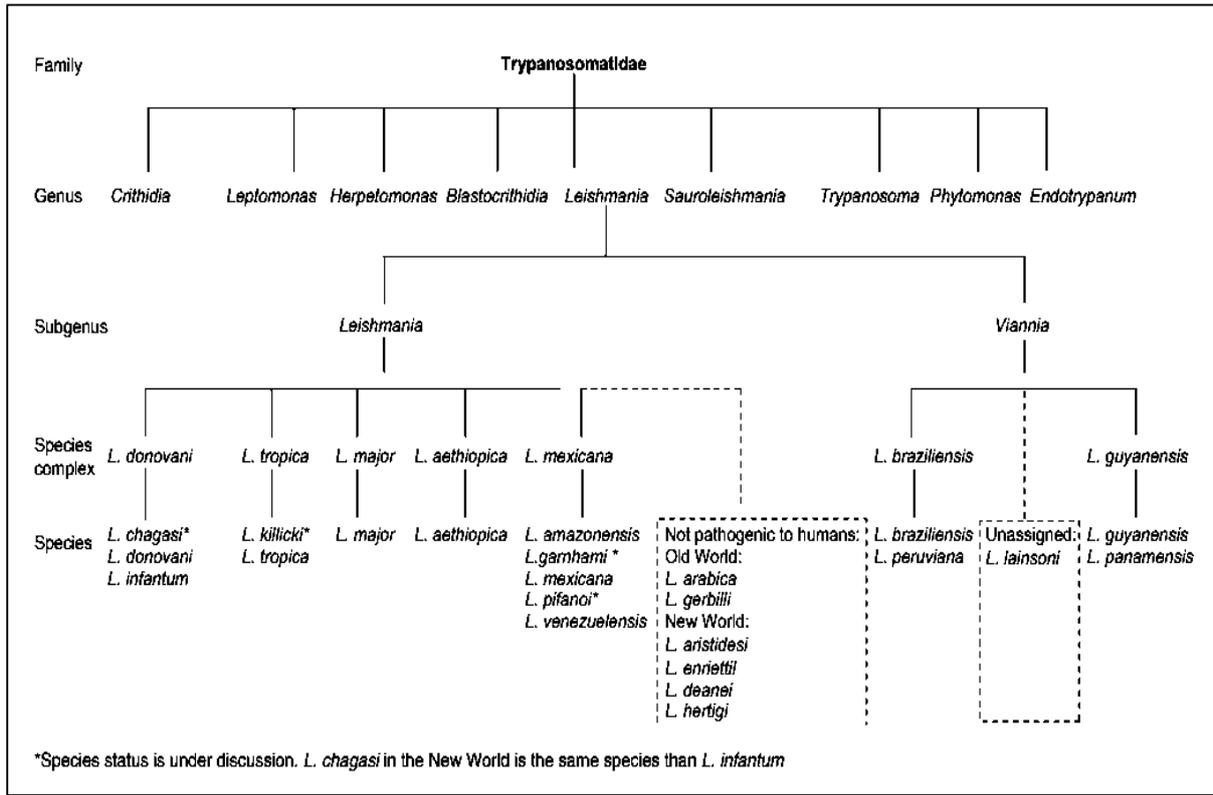


Fig 3 : Taxonomie des *Leishmania* (WHO, 2010)

Tableau2 : Espèces de Leishmanie, maladies provoquées et distribution géographique

ESPECES	TABLEAU CLINIQUE	LOCALISATION GEOGRAPHIQUE
<i>Leishmania infantum</i>	LV; LCL	Ancien et nouveau monde
<i>L. donovani</i>	LV; LCL	Asie, Afrique, Europe
<i>L. major</i>	LCL	Ancien monde
<i>L. tropica</i>	LCL	Ancien monde
<i>L. mexicana</i>	LCL	Nouveau monde
<i>L. peruviana</i>	LCL	Nouveau monde
<i>L. guyanensis</i>	LCL	Nouveau monde
<i>L. amazonensis</i>	LCL; LCD	Nouveau monde
<i>L. aethiopica</i>	LCL; LCD	Ancien monde
<i>L. braziliensis</i>	LCL ; LCD ; LCM	Nouveau monde
<i>L. panamensis</i>	LCL ; LCM	Nouveau monde

LV : leishmaniose viscérale ; LCL : leishmaniose cutanée localisée ; LCD : leishmaniose cutanée diffuse ; LCM : leishmaniose cutanéomuqueuse.

4.2.2. Phlébotome vecteur

4.2.2.1. Importance médicale

Les phlébotomes présentent un intérêt médical, ils transmettent en plus des leishmanioses, la bartonellose et plusieurs arboviroses. Plus de 20 arbovirus peuvent être

transmis par les phlébotomes, qui jouent en même temps le rôle de réservoir et de vecteur. Les arboviroses évoluent dans les mêmes régions géographiques et sous les mêmes conditions climatiques que les leishmanioses. Les virus transmis se répartissent en trois genres appartenant à des familles différentes : *Phlebovirus* (famille des Bunyaviridae, présents dans l'ancien Monde et le nouveau Monde), *Orbivirus* (famille des Reoviridae, présents dans le nouveau Monde) et *Vesiculovirus* (famille des Rhabdoviridae, présents dans l'ancien Monde et le nouveau Monde). Dans la région méditerranéenne, seuls les *Phlebovirus* sont impliqués en médecine. Ils définissent ce qui est communément appelé le groupe des « fièvres à phlébotomes », « fièvres à papatasi » ou encore « fièvres de trois jours ». Ils appartiennent aux sérocomplexes *Sicile* et *Naples*, ce dernier incluant le virus *Toscana*. Quelques vecteurs sont identifiés tels que *P. perniciosus* pour *Toscana*, *P. perfiliewi* pour *Naples* ou *P. papatasi* pour Sicile (Izri et al., 2006).

4.2.2.2. Liste des phlébotomes d'Algérie

La liste des phlébotomes d'Algérie, avec la découverte récente de nouvelles espèces (Berdjane –Brouk , 2011 ; Bounamous, 2008), contient désormais 24 espèces :

Genre *Phlebotomus Rondani 1843*

-Sous-genre *Phlebotomus Rondani 1843*

-*Phlebotomus papatasi Scopoli, 1786*

-*Phlebotomus bergeroti Parrot, 1934*

- Sous-genre *Paraphlebotomus Theodor, 1948*

-*Phlebotomus sergenti Parrot, 1917*

-*Phlebotomus alexandri Sinton, 1928*

-*Phlebotomus riouxi (Depaquit, Killick-Kendrick et Léger, 1998)*

-*Phlebotomus chabaudi Croset, Abonnenc et Rioux, 1970*

-*Phlebotomus kazeruni Theodor et Mesghali, 1964*

- Sous-genre *Larroussius Nitzulescu, 1931*

-*Phlebotomus perniciosus Newstead 1911*

-*Phlebotomus ariasi Tonnoir, 1921*

- *Phlebotomus langeroni Nitzulescu, 1950*

-*Phlebotomus longicuspis Nitzulescu, 1930*

- *Phlebotomus perfiliewi Parrot, 1930*

- *Phlebotomus chadlii Rioux, Juminer et Gibily, 1966*

Sous-genre Transphlebotomus

-*Phlebotomus (Transphlebotomus) mascittii, Grassi, 1908*

Genre *Sergentomyia*

- Sous-genre *Sergentomyia Franca, 1920*

- *Sergentomyia antennata* Newstead ,1912
- *Sergentomyia fallax* Parrot, 1921
- *Sergentomyia minuta parroti* Adler et Theodor, 1927
- *Sergentomyia schwetzi* Adler, Theodor et Parrot, 1929
- Sous-genre *Parrotomyia*
- *Sergentomyia africana* Newstead ,1921
- *Sergentomyia eremetis* Parrot et Jolinière, 1945
- *Sergentomyia lewisi* Parrot, 1948
- Sous-genre *Grassomyia*
- *Sergentomyia dreyfussi* Parrot, 1933
- Sous genre *Sintonius*
- *Sergentomyia clydei* Sinton, 1928
- *Sergentomyia christophersi* Sinton, 1927

4.2.2.3. Biologie

Les phlébotomes sont des insectes diptères, nématocères appartenant à la famille des *Psychodidae* sous famille des *Phlebotominae*, de petite taille (2 à 3 mm) dont seule la femelle est hématophage (fig.4 et fig.5), ils sont largement répandus dans le monde partout où règne une température assez élevée pour l'activité biologique, au moins pendant une partie de l'année. Les phlébotomes apparaissent seulement l'été en région tempérée, où ils confèrent à la maladie un caractère saisonnier ; il en existe plus de 600 espèces, parmi elles, une vingtaine de vecteurs prouvés d'espèces de *Leishmania* ; elles appartiennent aux genres *Phlebotomus* dans l'Ancien Monde et *Lutzomyia* dans le Nouveau Monde. Présents toute l'année en zone intertropicale, les phlébotomes ont de mœurs nocturnes, ils commencent à s'agiter à la tombée du jour, si la température est suffisamment élevée (19-20°) et s'il n'y a pas de vent. Certaines espèces sont attirées par la lumière, le plus souvent de faible intensité. Durant la journée les phlébotomes se cachent dans des endroits retirés, sombres et relativement humides. Le biotope des phlébotomes est variable selon l'espèce mais toujours influencé par la température, l'humidité et les besoins trophiques (Killick-Kendrick, 1979) : terriers, murs, ordures etc. et certaines espèces sont péri domestiques. Les espèces appartenant au genre *Phlebotomus* (Ancien Monde) préfèrent les terriers et les habitations en chaume, tandis que les espèces du genre *Lutzomyia* (Nouveau Monde) habitent les écosystèmes forestiers, notamment la forêt humide, où ils se reproduisent entre les contreforts des troncs d'arbres, au milieu des feuilles en décomposition. Les phlébotomes sont de mauvais voiliers. Ils se déplacent par vols courts,

avec des arrêts fréquents. Leur rayonnement maximum se situe aux alentours de 1 km. Les femelles se nourrissent sur mammifères, oiseaux, reptiles ou batraciens. Certaines espèces sont très spécialisées dans l'exploitation d'un ou de quelques hôtes. Chez l'homme, ce sont les parties découvertes du corps qui sont exposées aux piqûres, chez les animaux, les zones les moins velues (museau, oreille). Il faut de 30 secondes à 5 minutes pour que l'estomac se trouve entièrement rempli (Killick-Kendrick, 1979).



Fig. 4: Phlébotome femelle gorgée de sang (<http://www.ird.fr>)

Le repas sanguin est indispensable à la maturation des œufs qui se développent au fur et à mesure de la digestion. La copulation a lieu peu de temps après l'éclosion des adultes ou, pour certaines espèces, après le premier repas sanguin. Mais d'autres copulations peuvent intervenir au cours de la vie des femelles. La copulation dure une quinzaine de minutes et se produit le matin ou le soir. La maturation des œufs s'effectue en même temps que la digestion du sang et le nombre maximum est de 100 à 110. La ponte intervient 5 à 10 jours après le repas sanguin. foncé en 5-6 heures (Izri et al., 2006).

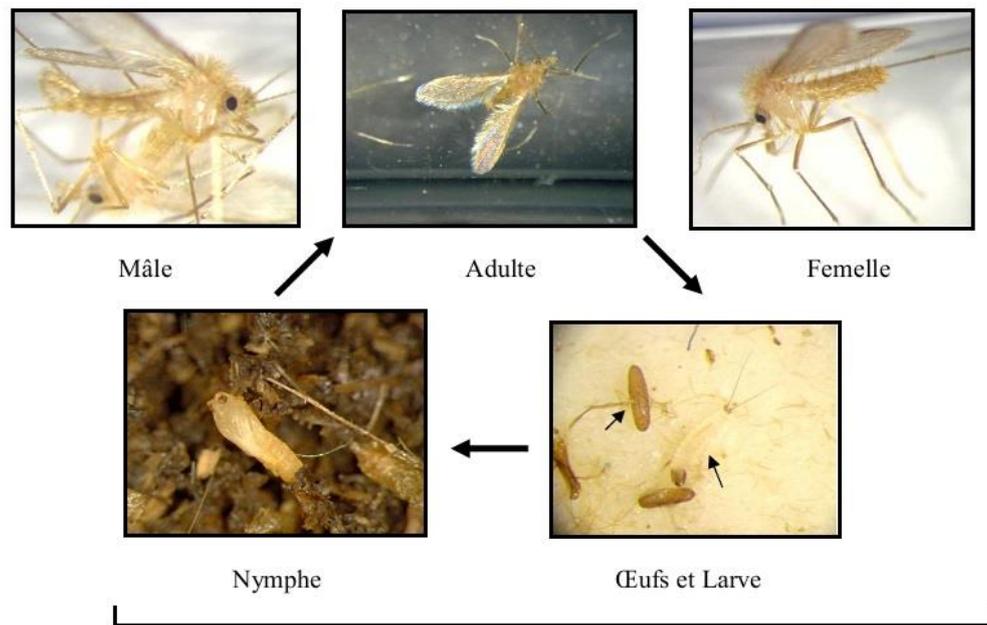


Fig 5. Cycle de vie d'un phlébotome (Elevage de *P. duboscqi*) (<http://www.ird.fr>)

A 26-30°C, l'incubation de l'œuf de *P. papatasi* est de 6 à 7 jours ; La durée du développement embryonnaire dans des conditions d'humidité appropriées dépend de la température. A la ponte les œufs sont de couleur blanchâtre ou jaune clair qui vire au brun. La larve se nourrit de débris végétaux, subit 4 mues avant de donner une nymphe d'où émerge le phlébotome adulte. Pendant la saison estivale, les émergences d'insectes adultes ont lieu massivement et la densité des populations de phlébotomes atteint son maximum. En saison froide, les phlébotomes hibernent à l'état d'œuf ou de larve. La larve de premier stade qui sort de l'œuf mesure environ 1mm. Au quatrième stade, elle atteint 3 à 4 mm. Le stimulus qui provoque l'oviposition est le contact avec une surface humide (Izri et al., 2006). Depuis l'œuf jusqu'au stade imaginal, le développement dure 20 à 90 jours en fonction des conditions climatiques. Pendant la saison estivale, les émergences d'insectes adultes ont lieu massivement et la densité des populations de phlébotomes atteint son maximum. En saison froide, les phlébotomes hibernent à l'état d'œuf ou de larve. Leur cycle de développement comprend quatre formes larvaires et une forme nymphale avec une métamorphose. Le développement est influencé par la température et durant les saisons hivernales, les formes larvaires peuvent être en phase de diapause (Dolmatova et Demina, 1971).

Les phlébotomes sont cosmopolites mais surtout présents dans les régions chaudes. Ayant une activité crépusculaire et nocturne, ils se réfugient la journée dans les crevasses,

arbres creux et terriers. Leur vol est de courtes durées, silencieux et saccadé ; les phlébotomes ne s'éloignent pas loin de leur gîte et craignent le vent. Les deux sexes se nourrissent de sucs végétaux, seules les femelles sont hématophages (telmophagie) ; elles se nourrissent sur des mammifères (homme, rongeurs et chien) et sur des oiseaux. La durée de vie des adultes est de un à deux mois (Izri et al., 2006).

Il existe deux stades morphologiques du parasite, les promastigotes, chez le phlébotome, et les amastigotes, chez le mammifère. Dans le tube digestif du phlébotome, les parasites se différencient en promastigotes après 12 à 18 heures. Ces promastigotes se multiplient et migrent vers les glandes salivaires et la trompe en attendant d'être injecter à un nouvel hôte réceptif lors d'un nouveau repas sanguin. Lorsque la femelle du phlébotome infectée pique un hôte mammifère pour se nourrir de son sang, elle contamine ce dernier et transmet le parasite sous forme promastigote. Les promastigotes sont des parasites extracellulaires mobiles vivant dans le tube digestif du phlébotome. Chez l'hôte mammifère, les promastigotes se transforment en amastigote. Au niveau des phagolysosomes, où elles vont se multiplier par division binaire jusqu'à la lyse du phagolysosome, ainsi les parasites libérés ils vont contaminer d'autres macrophages qui se développent au fur et à mesure de la digestion (Izri et al, 2006).

Pendant la période juin à septembre, les larves peuvent donner jusqu'à deux à trois générations d'adultes. Son habitat est diversifié : terriers, murs, ordures etc... et certaines espèces sont péri domestiques, donc accessibles aux insecticides et en particulier *P. papatasi* (Dolmatova et Demina, 1971). Dans la nature, les lieux de la ponte sont des gîtes de repos : terriers, cavernes, litières au pied des arbres, fissures dans les murs et dans le sol. Le terrier de rongeur constitue une véritable niche écologique où prolifèrent les phlébotomes (Dolmatova et Demina, 1971).

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). En moyenne les femelles vivent de deux semaines à deux mois. Les mâles ont une durée de vie plus brève. L'âge de la femelle correspond au nombre de cycles gonotrophiques, qui est réglé par les repas sanguins. Les espèces appartenant au genre *Phlebotomus* affectionnent les taudis, tandis que les espèces du genre *Lutzomyia* habitent les écosystèmes forestiers, notamment la forêt humide, où ils se reproduisent entre les contreforts des troncs d'arbres, au milieu des feuilles en décomposition (Dolmatova et Demina, 1971). Il existe près de 800 espèces de phlébotomes dans le monde, dont environ 400 dans le Nouveau Monde.

Mais seules une quarantaine d'espèces transmettent *Leishmania*, *Bartonella* ou des arbovirus dans l'Ancien ou le Nouveau Monde (Rodhain, 2000).

4.2.3. Rongeurs

Les mammifères hôtes accidentels ou réservoirs de parasites sont nombreux et diversifiés (WHO, 2004). Selon l'anthropisation du réservoir, on distingue des cycles primaires (animal sauvage) et secondaire (animal domestique). Lorsque l'Homme joue le rôle de réservoir de parasites, on parle de cycle tertiaire.

Les hôtes réservoirs habituels sont essentiellement les rongeurs (*Rodentia*, *Muridae*, *Gerbillinae*), *Psammomys obesus* (Belazzoug, 1983), *Meriones shawi* (Belazzoug, 1986 a), *Rhombomys opimus* (Latyshev & Krujukova, 1941), *M. shawi* en Afrique du nord (Rioux et al., 1982) ; *M. libycus* en Arabie saoudite, Iran, Jordanie, Libye, Tunisie et Ouzbekistan (Desjeux, 1991) ; *M. crassus* en Egypte et en Israël ; *M. hurricanae* en Inde (Peters et al., 1981), Iran et Pakistan ; *M. meridianus* et *Meriones erythrouros* dans le district de Kizilarvat en ex- URSS. Quant à *M. persicus* il est très fortement suspecté en Iran (Edrissian et al.; 1975). *Arvicanthis niloticus* (*Muridae*, *Murinae*) serait le réservoir de *L. major* au Soudan, en Ethiopie ainsi qu'au Sénégal (Chance et al., 1978) et *Tatera nigricauda* (*Muridae*, *Murinae*) sont également impliqués (Dedet et al., 1982). Six espèces ont été trouvées infestées au Kenya *Xerus retilus* (*Scuridae*), *Tatera robusta* (Chance et al., 1978) et *Tatera nigricauda* (*Muridae*, *Gerbillinae*) (Heisch et al., 1959), *Arvicanthis niloticus*, *Taterillus emini*, *Mastomys natalensis*, *Achomys kaiseri* (*Muridae*, *Murinae*). Enfin *Gerbillus pyramidum* (*Muridae*, *gerbillinae*) est considéré comme réservoir en Egypte, de même que *Tartera indica* en Iran et au Pakistan et *Nesokia indica* (*Muridae*, *Murinae*) également en Iran et en Israel (Schlein et al., 1984).

Concernant la leishmaniose cutanée zoonotique d'Afrique du nord et du Proche orient, le réservoir primaire est constitué par des rongeurs sauvages, principalement par *P. obesus* (Belazzoug, 1983; Rioux et al., 1990 b et 1993) qui occupe les régions steppiques à sol limoneux riche en sels, favorable au développement des chénopodiacées constituant l'alimentation de base de ce rongeur. Sur les sols plus durs, notamment les éboulis rocheux, *Ctenodactylus gundii* est suspecté de jouer ce rôle. En Tunisie, Jaouadi et al. (2011) ont détecté chez cette dernière espèce, le parasite *L. killicki* par biologie moléculaire. Dans les terrains cultivés, autour des habitations et dans les décharges publiques, *M. shawi* et *M. libycus* assurent le rôle de réservoirs secondaire de la maladie (Ashford et al., 1992).

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

la ceinture aride de l'Ancien monde, depuis la région du nord du Sahara jusqu'à la Mongolie et l'Inde septentrionale. Ces animaux sont un réservoir pour la leishmaniose. Les habitats qui leur conviennent se trouvent généralement dans les basses terres recouvertes de loess (limon des plateaux) ou d'alluvions fluviaux friables auxquels il ne manque qu'un peu d'eau pour devenir extrêmement fertiles.

Il y a eu de graves épidémies de leishmaniose cutanée à la suite de projets de développement des ressources en eau en Libye, en Arabie Saoudite, dans l'ex-Union Soviétique, au Pakistan et en Inde.

Dans le Nouveau monde, les vecteurs et les réservoirs abondent surtout dans les forêts primaires et secondaires. Des personnes ont été infectées parce qu'elles avaient un contact plus fréquent avec la forêt, et cela n'a aucun rapport avec le développement des ressources en eau.

La destruction de la jungle élimine les vecteurs de la leishmaniose cutanée mais favorise le développement de la leishmaniose viscérale (Desjeux, 2004).

4.2.3.1. Réservoirs anthropiques

L'homme malade joue le rôle de réservoir du parasite dans le cas de Kala-Azar indien et dans certains foyers de leishmaniose anthroponotique viscérale à *L. donovani* et également un réservoir pour *L.tropica* pour la forme cutanée (Wery, 1995).

4.2.3.2. Réservoirs zoonotiques

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

a) Le chien : Un fort pourcentage de chiens sont atteints de la leishmaniose et présentent donc une source de contamination possible pour les habitants et en particulier les enfants.

b) Les canidés : tel que les chacals, renards, lycalopax.

c) Les rongeurs : ceux qui sont naturellement infestés appartiennent à des familles différentes :

- Gerbillidés (*Meriones*, *Gerbillus*, *Rhombomys*).

- Cricetidés (*Arvicanthis*).

- Gliridés (Loirs et lérots).

d) Autres mammifères tels que Tapirs, Hérissons (Wery, 1995).

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

Dans l'ancien monde 37 espèces ont été trouvées infestées par des leishmanies appartenant à 8 complexes leishmaniens. Dans le nouveau Monde, 25 espèces sont porteurs de leishmanies appartenant à 7 complexes du sous genre *Leishmania* ; quant au sous genre *Viannia*, 7 complexes ont été identifiés chez 26 espèces (Wery, 1995).

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

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

4.3. Cycle épidémiologique

Le parasite *Leishmania* a un cycle de vie biomorphique qui nécessite deux hôtes, le phlébotome vecteur et un mammifère réservoir de parasites (fig.6). Lorsqu'un phlébotome infecté prend un repas sanguin chez un hôte mammifère, il salive au site de piqûre et régurgite par la même occasion le parasite sous sa forme promastigote. Il infecte ensuite un phagocyte (principalement les monocytes/macrophages) du système réticulo-endothélial et se transforme en amastigote, s'ensuit une multiplication du parasite par fission binaire dans le phagolysosome du phagocyte qui est finalement lysé. Les parasites ainsi libérés sont phagocytés par les cellules avoisinantes où le processus se poursuit. Le cycle est complété lorsqu'un phlébotome prend un repas sanguin au site d'infection et aspire des phagocytes contenant des *Leishmania*. De retour dans le tube digestif de l'arthropode, les parasites se différencient à nouveau en promastigotes après 12 à 18 heures. Ils sont d'abord au stade procyclique où ils se divisent activement mais

ne sont pas infectieux. Des promastigotes plus allongés et motiles appelés nectomonades, commencent à apparaître après 4 jours et s'attachent aux microvillosités des cellules épithéliales de l'intestin médian par leur flagelle. A partir du 7^{ème} jour, les parasites migrent vers la partie antérieure de l'intestin médian jusqu'à la valve du stomodaeum qui sépare l'intestin médian de l'avant du système digestif. Les nectomades se transforment alors en heptomades, qui sont plus petits et plus arrondis, et en promastigotes métacycliques qui eux, ne se divisent plus, sont plus minces avec un long flagelle et hautement motiles. C'est cette forme qui est infectieuse pour les mammifères. La valve du stomodaeum se dégrade et permet la migration des métacycliques vers l'œsophage, le pharynx et le proboscis (killick-Kendrick, 1990).

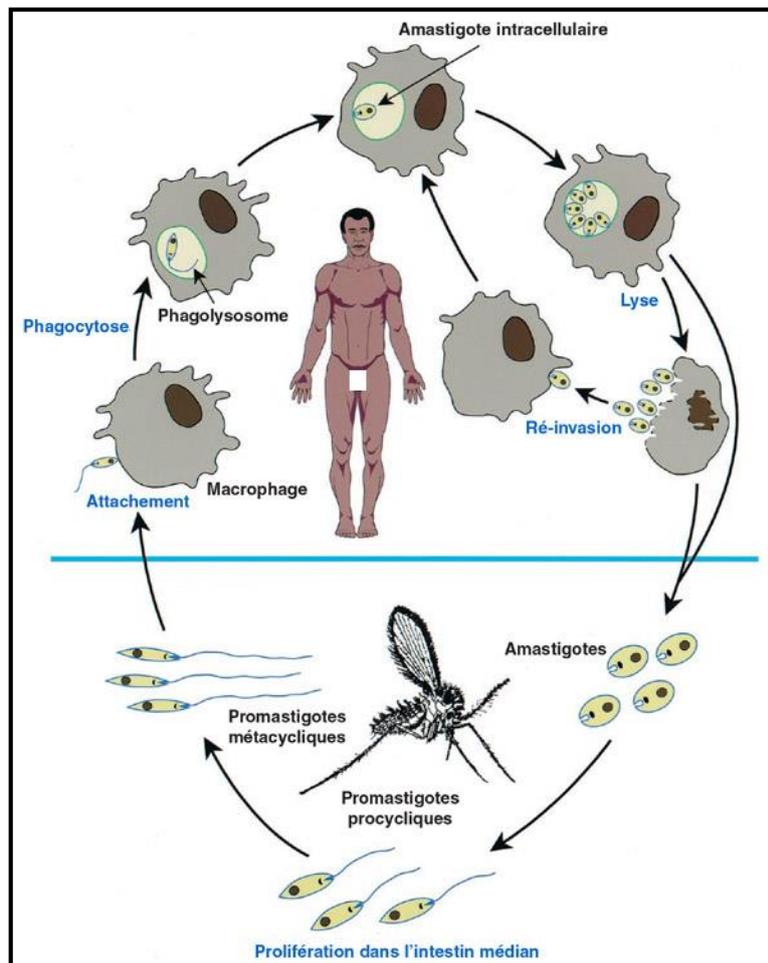


Fig. 6- Cycle épidémiologique de la leishmaniose (Desjeux, 2004)

5. Impact de l'environnement sur la LCZ

5.1. Impacts de l'environnement sur les rongeurs

Par ses activités, l'Homme intervient directement sur le milieu. Il peut modifier l'environnement et bouleverser les conditions naturelles de prolifération des espèces. Si ces activités ont souvent pour objectif le développement de l'agriculture, elles ont parfois 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 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).

5.2. Impact de l'environnement sur les phlébotomes

Les paramètres dits abiotiques (notamment la température et l'humidité) sont connus comme étant déterminants pour la dynamique des maladies infectieuses dont un stade de développement se réalise en dehors de l'hôte définitif (dans l'environnement, dans un hôte intermédiaire ou dans un vecteur poïkilotherme) (Reiter, 2001). Les facteurs abiotiques affectent les dynamiques des populations des insectes vecteurs et donc leur abondance. Un accroissement de la température ambiante augmente la prolificité, le taux de survie journalier, le nombre de générations annuelles et réduit les durées larvaires et nymphales. Il augmente également l'activité et la fréquence des repas sanguins, facilitant alors la transmission vectorielles (Wittman, 2002). Les seuils de températures létaux varient selon l'humidité, en relation avec les capacités de thermorégulation et les réserves lipidiques de l'insecte. Enfin, il a été montré que l'augmentation de la température accélérerait la multiplication de certains pathogènes à l'intérieur des arthropodes vecteurs et pouvait même augmenter la capacité vectorielle d'espèces jusqu'alors décrites comme inoffensives (Wittman, 2002).

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

L'ensemble des travaux remarquables de Rioux sur les phlébotomes du Maroc ont permis de faire la répartition des phlébotomes par étage bioclimatique ; des analyses de correspondance « espèce de phlébotomes-station de piégeage » ont montré l'existence de fortes liaisons (effet Gutmann), entre les espèces phlébotomiennes et les zones bioclimatiques. L'étude des abondances relatives par étage bioclimatique a confirmé le preferendum de *P.papatasi* pour le climat hyper-aride (plus précisément pour celui du sous-étage à hiver chaud) et les dynamiques saisonnières ont confirmé l'influence des températures hivernales (m) sur la durée des activités imaginales.

Le rôle de la température sur le cycle parasitaire intra-vectoriel, rarement prise en compte, a fait l'objet d'une intéressante étude expérimentale pour le parasite responsable de la leishmaniose viscérale. Quelques centaines de Phlébotomes (*P. ariasi*) infestés par *L. infantum* ont été placés pendant huit jours, à 10°, 15°, 20° et 25° C. La dissection au huitième jour a montré que les fréquences des infestations passaient de 18% à 10°, 61% à 15°, 70% à 20°C et 71% à 25° C. Bien plus, la migration intestinale antérieure des parasites, preuve de leur pouvoir infestant, passait de 7% à 10° C pour atteindre 74% à 20° et 86 % à 25° C. L'influence du réchauffement climatique sur la capacité d'infestation du couple Leishmanies- Phlébotomes n'était donc pas à négliger, en particulier lors de la construction de modèles dynamiques. (Rodhain, 2003).

D'une manière générale, outre les conséquences possibles sur les autres composants du système épidémiologique, l'impact d'un réchauffement au niveau de l'intervention du vecteur peut, en théorie, se manifester de plusieurs façons, dont les effets peuvent se potentialiser (Rodhain, 2003) :

- 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.
- 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 tempérés.

Rioux et al.(1990 b) ont pu établir une relation entre la répartition des vecteurs majeurs et les strates bioclimatiques à l'issu de son travail effectué sur les foyers de leishmanioses au Maroc, *P. ariasi*, vecteur de *L. infantum*, se localise aux étages humides et sub-humide; le couple *P. papatasi*, *P. alexandri*, vecteur de *L. major* est abondant 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'œufs.
- un raccourcissement du cycle de développement du vecteur, voire augmentation du nombre annuel de générations, ce qui peut avoir des répercussions sur la structure génétique des populations (avec peut-être des effets 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 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... (Rodhain, 2000).

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 (Reiter, 2001).

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 (Tunisie, Maroc) pourrait apporter des éléments prédictifs utiles (Rioux et al., 1990 b) : 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., 1990 b).

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 et al., 2006).

Application du système d'information géographique et de la télédétection dans l'étude de l'évolution des maladies vectorielles

1. Introduction

L'incidence toujours croissante des maladies infectieuses dans le monde a conduit de nombreux organismes et institutions à développer de nouvelles et innovantes approches pour surveiller et contrôler ces maladies. Par le passé ; les méthodes de contrôle vectoriel étaient longues, coûteuses, et demandaient beaucoup de travail, qui doit être réalisé sur de grandes surfaces. Pour prévenir la maladie, la capacité de prédire son incidence doit être améliorée et le temps de réaction pour l'observation du changement de l'environnement doit être radicalement raccourci pour mettre en œuvre les mesures de contrôle appropriées. À cette fin, les technologies spatiales, telles que la télédétection (RS) et les systèmes d'information géographique (SIG), offrent un espoir nouveau, en offrant une approche holistique pour la surveillance et le contrôle des arthropodes transmetteurs de maladie (Roberts et Rodriguez , 1994). Ces outils améliorent considérablement les capacités d'analyser les relations au niveau du paysage de vecteurs et les maladies (Rejmankova et al., 1995). Comme suggéré par Glass et al. (1995), un facteur important dans l'étude des zoonoses est de déterminer où doivent être portées les mesures de contrôle et de prévention.

2. Importance et intérêt de la télédétection et le système d'information géographique (SIG) en épidémiologie

De nombreuses pathologies sont liées de manière plus ou moins directe, à l'environnement. A titre d'exemple, ce lien est particulièrement fort pour les maladies humaines ou animales transmises par des insectes vecteurs (comme moustique, mouches, tiques) dont la distribution est liée à des paramètres tels que la température, le type de végétation, l'humidité, etc. qui déterminent leur habitat (Hay et al., 1998), (Curran et al., 2000). C'est le cas également des maladies ayant pour réservoir un animal sauvage dont la présence dépend fortement du type de paysage.

Dans le cas des maladies pour lesquelles les liens avec l'environnement sont moins bien connus, l'apport de la télédétection peut être justement de permettre de recherches des associations entre paramètres environnementaux et la distribution de la maladie afin de mieux comprendre les modes de transmission.

Depuis le lancement des premiers satellites civils d'observation de la Terre dans les années 1970, les capacités des capteurs de télédétection à caractériser l'environnement à différentes échelles spatiales, temporelles, et spectrales, n'ont cessé de croître. Ce développement a été accompagné de celui d'indices et de modèles permettant de lier la mesure du rayonnement électromagnétique de l'environnement physique, écologique ou social (Curran et al., 2000).

Ainsi, et de plus en plus, les capteurs de télédétection sont à même de fournir aux épidémiologistes l'information sur l'environnement pertinente pour l'étude et la surveillance des maladies liés à des conditions environnementales. Cette approche est particulièrement intéressante pour les zones intertropicales pour lesquels les maladies transmissibles sont nombreuses et posent de graves problèmes de santé publique. Actuellement, les SIG sont également introduit dans les programmes de lutte contre les maladies tropicales contre le paludisme, la fièvre de la vallée du Rift, la leishmaniose, la schistosomiase, le ver de Guinée, et d'autres (Mott et al., 1995; Savigny et Wijeyrattne, 1995) (tab 3 et 4).

Openshaw (1996) énumère quelques-avantages des SIG pour l'étude des maladies tropicales :

- La première application du SIG est une capacité à cartographier l'information spatiale relative à l'incidence de la maladie, offrant une certaine perspective d'une meilleure compréhension des tendances géographiques de la morbidité et de la mortalité.
- Deuxièmement, la capacité des SIG pour intégrer les données provenant de nombreuses sources différentes, sur différentes échelles et des projections cartographiques, offrent un certain nombre d'avantages pratiques. Par exemple, les

cartes de l'incidence de la maladie peuvent être facilement converties en zones du risque de maladie et associations faites avec n'importe quel écologique liée indicateur qui semble être impliqué, par exemple, une infection du paludisme avec les plans d'eau et la végétation.

- Troisièmement, l'analyse de données spatiales exploratoires, bases de données épidémiologiques, est potentiellement très utile pour traiter avec moins motifs évidents, par exemple, où il est temps de latence avant que les symptômes apparaître.
- Quatrièmement, la disponibilité des outils de recherche dans divers logiciels de SIG.

Divers facteurs environnementaux, en particulier la température, l'altitude, l'état des sols, les précipitations et d'autres conditions météorologiques, influent fortement sur l'endémicité des maladies infectieuses, et notamment de celles qui sont transmises par des vecteurs.

Tableau 3 quelques applications dans l'étude des maladies vectorielles par Télédétection

Vecteurs de maladie	de	Modèles et éléments étudiés	Sources d'informations	Références	régions
Typhus des broussailles	des	Cartographie des habitats	Photos Panchromatique	Audy, 1949	Asie du Sud-Est
Encéphalites tiques	à	Unités du paysage	Photos Panchromatique	Pavlovsky, 1966	URSS
<i>Aedes sollicitis</i>		Habitats	Photos infrarouge	NASA, 1973	Louisiana, USA
<i>Aedes sollicitis</i>		Habitat type de végétation	Airborne MSS	Cibula, 1976	USA
<i>Aedes sollicitis</i>		Habitat type de végétation	Airborne MSS	Barnes and Cibula, 1979	USA
<i>Aedes sollicitis</i>		Sites de reproduction	Photos infrarouge	Wagner <i>et al</i> , 1979	USA
Schistosomiase		Caractéristiques du paysage	Landsat MSS	Cross <i>et al</i> , 1984	Phillipine Islands
larve de moustique		Habitat	Landsat MSS	Hayes <i>et al</i> , 1985	USA
Fièvre de la Vallée du Rift		paramètres écologiques	AVHRR/NDVI	Linthicum <i>et al</i> , 1987	Kenya
<i>Anopholes freeborni</i>		Facteurs environnementaux	Landsat TM	Pitcairn <i>et al</i> , 1988	USA
larve de moustique		Dynamique de la population	Landsat TM/NDVI	Rejmankova <i>et al</i> , 1995	USA
Malaria		Dynamique de la population	Landsat TM	Roberts <i>et al</i> , 1991	Mexico
Ver de guinée		Programme de lutte	Landsat TM	Clarke <i>et al</i> , 1991	
Moustiques		Taux de reproduction	Landsat TM	Wood <i>et al</i> , 1991	Central America

Tiques	Habitat	Landsat TM	Hugh-Jones <i>et al</i> , 1992	Guadeloupe,
Lucilie bouchère	Paramètres environnement	Landsat MSS	Washinod, 1994	Mexico
Vecteur du paludisme	Sites de reproduction	Landsat TM	Pope <i>et al</i> , 1994	Chiapas, Mexico
Malaria	Zones à risques	Landsat TM	Beck <i>et al</i> , 2000	Mexico
Moustiques	Densité du vecteur	SPOT	Rejmankova <i>et al</i> , 1995	Belize
Vecteur du paludisme	Distribution	SPOT	Roberts <i>et al</i> , 1996	Belize
Malaria	Propagation de maladie	AVHRR GAC	Thomson <i>et al</i> , 1997	Gambia
Malaria	Saisonnalité	AVHRR	Hay <i>et al</i> , 1998 (b)	Kenya
Malaria	Transmission	Mapping/GIS	Omumbo <i>et al</i> , 1998	Kenya

La végétation peut être détectée à distance, et la végétation est soumise à l'influence de l'altitude, de la température, des précipitations et de l'humidité ; facteurs qui influencent aussi les caractéristiques spatiales et temporelles des populations de vecteurs. Les différentes phases de végétation, détectées à distance à partir des diverses nuances de vert, permettent de prévoir la présence d'insectes, d'escargots et d'autres vecteurs, ou leur brusque prolifération, indiquant ainsi la présence de conditions favorables à l'apparition d'une épidémie.

Tableau 4 Application de la télédétection dans l'étude des phlébotomes vecteurs

VECTEUR	LOCALISATION	SATELLITE / CAPTEUR	REFERENCES
<i>P.papatasi</i>	SW Asia	NOAA (AVHRR)	Cross et al . ;1996
<i>P.orientalis</i>	Sudan/Africa	NOAA (AVHRR)	Thompson et al . ;1999
<i>L.chagasi</i> , <i>L.longipalpis</i>	NE Brazil	Landsat -5 (TM)	Thompson et al . 2002
<i>P.orientalis</i>	Sudan/Africa	SPOT	Elnaiem <i>et al</i> ;2003
<i>P.longipalpis</i>	Bahia /Brazil	Bio-climatic variables ; SRTM	Neito <i>et al</i> ;2006
<i>P.argentipes</i>	Bihar/India	IRS LISS-III	Sudhakar <i>et al</i> ;2006
<i>L.chagasi</i>	Teresina/Brazil	Landsat -5 (TM)	Neto et al . ;2009

<i>P. argentipes</i>	India	SRTM NOAA	; Bhunia et al ;2010
<i>P. argentipes</i>	NE India	NOAA(AVHRR)	Bhunia et al ;2010
<i>P. alexandri</i>	Middle East	NOAA(AVHRR)	Colacicco-Mayhugh et al ;2010
<i>P. longipalpis</i>	Brazil	Landsat (TM)	Wemeck & Maguire ; 2002
<i>L. spp</i>	Brazil	Landsat (TM)	Aparicio & Dantas ; 2003

Depuis plusieurs années, la télédétection et les Systèmes d'Information Géographique (SIG) sont utilisés pour de telles recherches. Ces outils présentent en effet un intérêt à plus d'un titre (Mott et al., 1995).

- i. la cartographie de la distribution de la maladie pour la surveillance épidémiologique ;
- ii. la mise en place de systèmes d'alerte et de cartes de risque ;
- iii. enfin la mise en évidence de relations entre la maladie et l'environnement.

Dans la plupart des études, des paramètres environnementaux sont extraits des images satellitaires et une analyse statistique est utilisée pour tester leurs relations avec les données épidémiologiques.

La télédétection et les systèmes d'information géographique appliqués récemment dans l'étude des maladies vectorielles ont été d'un apport appréciable dans la compréhension de la nature complexe des modalités de transmission des agents pathogènes, virus et parasites par leurs insectes vecteurs.

La télé épidémiologie consiste à faire une évaluation, en terme d'évolution géographique pour un certain nombre d'épidémies qui touchent les êtres humains et les animaux, et qui sont vectorisées par des paramètres environnementaux et plus spécialement le climat. C'est ainsi que sont conçues des modèles prédictifs qui tiennent compte à la fois des données d'imagerie satellitaire, associées à des données de clinique humaine et animale (symptômes cliniques...) pour une épidémie donnée ainsi qu'à des données hydrologiques et du sol (quantification des dépressions d'eau, remonté des niveaux des nappes phréatiques...).

Après de longue année d'observation sur l'écologie de la leishmaniose dans le bassin du Hodna, il nous a paru intéressant de tester ces nouveaux outils pour mieux cerner le foyer actif et les mécanismes qui sous-tendent son évolution spatiale à travers la steppe et les hauts plateaux (Mott et al., 1995).

Dans le cas de la leishmaniose, une des épidémies les plus répandues en Amérique du sud, l'utilisation de la télédétection dans l'identification des facteurs environnementaux associés à la transmission des maladies liés aux agents vecteurs a permis de suivre cette maladie en Amérique du Sud, en définissant les sites susceptibles de favoriser la survie du vecteur dans les régions forestières à forte densité (jungles).

La télédétection est un moyen de définir un objet ou un groupe d'objets à la surface de la Terre à partir de leurs caractéristiques spécifiques (Mott et al., 1995) :

- Une signature spectrale : un ou plusieurs signaux électromagnétiques dans un ou plusieurs domaines de longueur d'onde plus ou moins étroits du spectre électromagnétique
- Une variation temporelle de cette signature spectrale ;
- Une répartition spatiale spécifique de l'objet ;
- Une ou des relations dites de voisinage de cet objet avec les autres objets qui l'entourent.

La végétation, les sols, les rivières, les surfaces en eau, les bâtiments, et de manière générale tout élément situé à la surface de la Terre et interagissant avec un rayonnement électromagnétique, sont considérés comme des objets (Openshaw, 1996).

La télédétection est une technologie et une discipline scientifique permettant d'observer et d'analyser notre environnement, elle est actuellement un des seuls outils permettant d'acquérir des informations détaillées en tout point du globe terrestre (ou presque), rapidement et de manière objective, régulière et répétitive, permettant ainsi un suivi des évènements environnementaux (pollution, feu de forêts, séisme, inondation, désertification, etc.). Elle permet également des applications dans de nombreux domaines comme l'agriculture, la forêt, l'hydrologie et les ressources en eau, les océans, la géologie, la cartographie, l'urbanisme, le cadastre, ou bien encore les renseignements stratégiques (la majeure partie des techniques de télédétection a d'abord été développée à des fins militaires) (Openshaw, 1996).

.La télédétection a vu le jour avec la première photographie aérienne en noir et blanc réalisée par Nadar au-dessus de la ville de Paris, en 1858, à partir d'un ballon.

Cependant, la photographie aérienne, qui a permis d'obtenir une vision globale de notre environnement, ne s'est véritablement développée que lors de la Première Guerre Mondiale. Tout d'abord restreinte au domaine du visible (longueurs d'onde comprises entre le violet [0,4 μm] et le rouge [0,8 μm]), la photographie s'est ensuite élargie au domaine du rayonnement proche infra-rouge (entre 0,8 et 1 μm). Ce n'est qu'à partir des années 1960 que son usage, jusque-là militaire, s'est étendu aux applications civiles telles que l'étude de la végétation.

La télédétection aérospatiale est apparue dans les années 1960. Elle n'a néanmoins pris son véritable essor à l'échelle internationale qu'avec le lancement du programme LANDSAT de la NASA (National Aeronautics and Space Administration) en 1972.

Bien d'autres programmes et lancements de satellites ont suivi depuis, avec une amélioration considérable réalisée non seulement au niveau des satellites, mais aussi dans la conception et la variété des instruments de mesure permettant l'acquisition de données d'une très grande diversité, précision et qualité. Si le potentiel de la télédétection spatiale est d'ores et déjà considérable, beaucoup de recherches restent encore à entreprendre pour mieux l'utiliser (Openshaw, 1996).

Les systèmes d'information géographique et les cartes qu'ils produisent sont utiles pour renforcer l'ensemble du processus de gestion et d'analyse des données de surveillance épidémiologique. Un SIG permet de stocker, de manipuler et d'intégrer au plan géographique de grandes quantités d'informations provenant de différentes sources, programmes et secteurs ; le géo-référencement standardisé des données épidémiologiques facilite l'approche rigoureuse de la gestion des données. En tant que tel, un SIG peut servir de point de départ pour une éventuelle intégration des activités de surveillance trans-maladies. Un SIG facilite le rapprochement, en une base d'analyse commune, de données multisectorielles telles que données de surveillance épidémiologique, données démographiques, informations sur l'environnement et informations sur l'infrastructure sanitaire et autres ressources.

2.1. Application dans l'épidémiologie de surveillance des leishmanioses

L'enquête entomologique est d'une importance capitale dans l'établissement de la carte de risque leishmanien dans le foyer du Hodna, en effet c'est le vecteur qui détermine le risque spatial de la maladie ; La notion de « précellence vectorielle », revient à Rioux et al., (1990 b) qui, en étudiant les phlébotomes vecteurs des leishmanioses en France et au Maroc, conclut que ce sont bien les vecteurs, et non les réservoirs, qui déterminent la situation géographique et le fonctionnement des foyers. Les phlébotomes vecteurs sont très sensibles aux variations climatiques latitudinales et altitudinales. Rioux et al., (1990 b), ont pu réaliser, grâce à la carte

bioclimatique du Maroc, l'analyse des correspondances « espèces-stations » et ont montré l'existence de préférendums pluvio-thermiques spécifique :

-1) *P. sergenti*, vecteur de *L. tropica*, présentait son maximum d'abondance à l'étage semi-aride ;

2) les vecteurs de *L. infantum*, constitués par trois espèces affines, s'étendaient du nord au sud sur l'ensemble du Maroc, depuis les étages humides (*P. ariasi*) et subhumide-semiaride (*P. perniciosus*), jusqu'à l'étage aride-peraride (*P. longicuspis*). Pour cette parasitose, la quasi-totalité du territoire marocain représentait donc un immense « espace à risque ».

3) *P. papatasi* accusait son maximum de densité à l'étage peraride, zone endémique pour *L. major*.

Rispail et al. (2002) proposèrent une cartographie du risque de leishmanioses en se basant sur la répartition des phlébotomes vecteurs. Le bioclimat est le facteur discriminant utilisé ici. Les résultats de l'analyse de 846 stations du bassin méditerranéen occidental ont été fournis selon un gradient bioclimatologique. Les phlébotomes du sous genre *Larroussius* et *Transphlebotomus* occupent les étages bioclimatiques humides, sub-humides et semi-arides ; quant aux sous genre *Paraphlebotomus* et *Phlebotomus* ils occupent préférentiellement les étages perarides et arides. Les mêmes auteurs affirment qu'il existe une forte corrélation entre la répartition géographique des espèces de phlébotomes vectrices et les foyers de leishmanioses (cutanée et viscérale).

Rioux et al., (1990 b) ont pu établir une relation entre la répartition des vecteurs majeurs et les strates bioclimatiques dans les foyers de leishmanioses du Maroc (fig.7), ainsi *P. ariasi*, vecteur de *L. infantum*, se localise aux étages humides et sub-humides ; le couple *P.papatasi*, *P. alexandri* vecteur de *L. major* est abondant non seulement à l'étage saharien, mais aussi à l'étage aride.

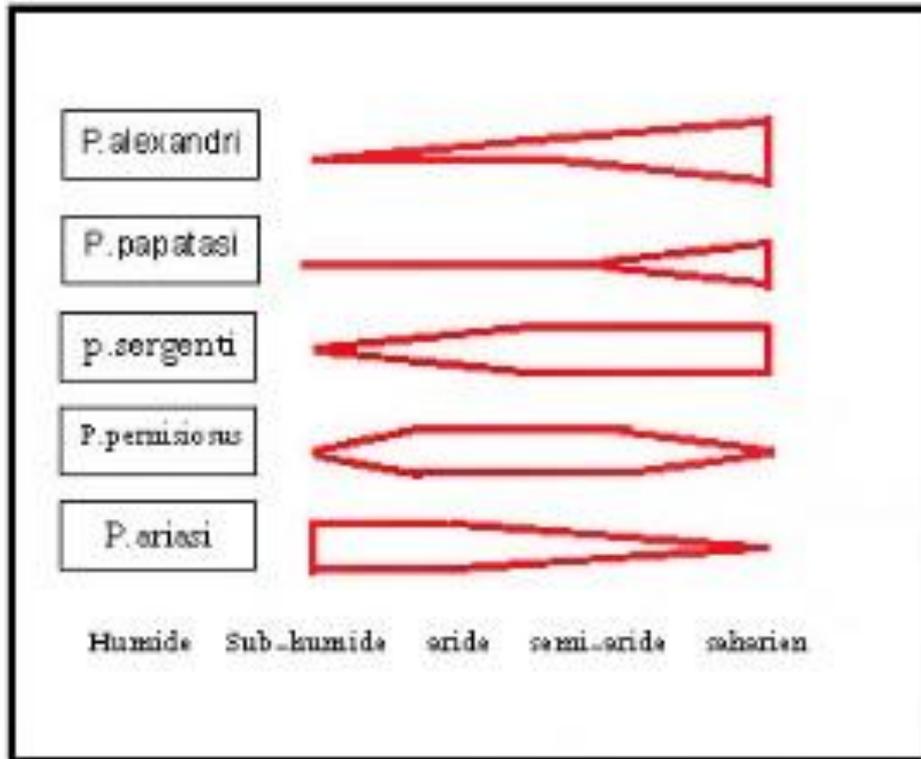


Fig.7 Profils écologiques corrigés établis pour cinq espèces de phlébotomes à l'aide d'un descripteur bioclimatique (quotient pluviométrique d'Emberger);

L'établissement de cartes thématiques particulières, dites nosoécologiques, constitue la phase ultime du zonage (Rioux et al., 1982). Ces cartes précisent les limites et l'organisation interne des foyers. Au Maroc la distribution des phlébotomes selon les strates bioclimatiques (Sauvage, 1963), a permis de désigner les étages à risque pour les leishmanioses viscérales et cutanées. Aux étages peraride et aride, *Phlebotomus papatasi* constitue le «vrai» vecteur de *L.major* MON-25 (Rioux et al., 1986). Au Maroc le foyer de LC à *L.tropica* d'Azilal-Tinent occupe préférentiellement l'étage phytoécologique du Thuya de Barbarie (*Tetraclinis ariculata*). En Cévennes méridionales (Sud de la France) l'application de ces mêmes concepts a permis d'établir de circonscrire le risque maximal à l'étage méso-méditerranéen à *Quercus ilex* et *Q.pubescens* (Rioux et al., 1986).

Urbanisation et santé

1. Définition de l'urbanisation:

La notion d'urbanisation a connu plusieurs interprétations et plusieurs définitions selon les différents spécialistes et chacun d'entre eux la manipule dans son domaine. Nous pouvons en citer les plus importantes :

-Encarta 2005 définit l'urbanisation comme étant : « *un phénomène de concentration croissante de la population dans les villes, qui induit l'effacement progressif du caractère rural d'une zone géographique. Ce processus est associé au développement de la civilisation et aux mutations sociales et économiques qu'il entraîne.*»

-Une autre définition révèle que: « *l'urbanisation est le phénomène par lequel l'habitat humain se développe autour des villes existantes ou dans des territoires attractifs.*»

"*La cité fonctionne comme un system cybernétique: elle reçoit l'eau, l'énergie, des matière premières, etc., elle transforme grâce à l'énergie, et crée ainsi des objets (industrie), elle stocke ces objets en les incluant dans des circuits annexes (commerce), elle utilise ces objets pour d'autre créations, et dernièrement, elle rejette les déchets industriels ou biologique par son réseau d'égout, ses dépotoirs, ses cimetières"* (Rodhain et al., 1985).

2.L'urbanisation en Algérie

Après l'indépendance, l'Algérie a connu un essor urbain considérable pour faire face à la demande sociale. L'essentiel de l'urbanisation a intéressé les quatre métropoles algériennes ; Alger, Oran, Constantine et Annaba, ainsi que l'émergence rapide d'un grand nombre de petits villages qui ont l'aspect rural

Cependant l'histoire de l'urbanisation est faite par successions et de ruptures entre les différentes occupations c'est-à-dire chaque civilisation efface les traces de celle qui la précède.

Après le départ des colons, il y avait eu un exode rural massif consécutif de la population algérienne vers les villes, cela a engendré une augmentation du taux d'urbanisation. Un phénomène qui prend une très grande importance c'est la croissance démographique. Un rythme pareil de croissance urbaine s'explique non seulement par l'exode rural, mais aussi par le croit naturel qui est de l'ordre de 3% par an.

Au cœur de cette période, il y a eu des tendances de développements menées par l'Etat en utilisant des instruments d'aménagement et de planification.

Après une économie basée sur l'agriculture, l'Etat a choisi la fonction productive en utilisant l'industrialisation en milieu urbain comme économie de base. Cela engendre des flux migratoires massifs vers les villes importantes (exode rural).

L'accélération de l'urbanisation s'est effectuée notamment après le découpage administratif de 1974, celui-ci a changé les organisations et les maillages territoriaux, cela a donné l'opportunité des petits centres ruraux pour devenir urbains.

En effet, la population urbaine s'est multipliée tandis que la population rurale a connu une décroissance. Cependant des nouveaux modes d'urbanisations caractérisent toutes les villes algériennes.

Ces nouveaux modes correspondent aux nouveaux projets urbains sous la forme de ZHUN, ainsi que la politique des lotissements adoptée dès 1974 en faveur des réserves foncières communales. Ces facteurs ont eu un impact direct sur la croissance des villes et de nombreuses villes ont vu leur superficie multipliée par cinq ; créant des ruptures entre l'ancien tissu et les nouvelles extensions répétitives et monotones. De même, la morphologie de la ville a été complètement modifiée. Entre autre, l'absence d'une politique de contrôle et de soutien des auto-constructeurs, encourage le développement de l'habitat précaire anarchique illicite qui se répand énormément dans nos villes.

L'urbanisation post-coloniale présente des nouvelles formes différentes de celles de la période coloniale et du près coloniale. Autrefois, le tissu urbain était homogène dense et compact, en revanche les nouvelles formes sont moins denses. Plus tard les tissus anciens sont dépassés. Cette rupture entre ces deux dernières donne un paysage urbain hétérogène, un centre type colonial ou bien des médinas et une périphérie sans liaison et relation entre les différentes extensions.

L'évolution rapide de la population urbaine en Algérie s'explique par une forte croissance urbaine qualifiée par une sur-urbanisation, comme elle tient à trois facteurs essentiels :

- a) un croît démographique naturel trop important résultant à l'excès des naissances sur les décès.
- b) un exode rural massif de toutes formes.
- c) aux changements structurels affectant la société et l'économie algérienne.

Les conséquences du phénomène d'urbanisation en Algérie au cours de la période antérieure sont les résultats de tendances préjudiciables :

- a) une tendance lourde du littoral par le biais de la forte croissance urbaine ainsi que la multiplication des agglomérations, qui ont généré un déséquilibre régional dont le Sud reste dévitalisé et manque de programmes de développement.
- b) une urbanisation incontrôlée par l'accélération de la croissance urbaine. Elle est configurée par une distinction entre les villes importantes du pays et leurs arrière-pays.

Le fait urbain actuel s'impose par une série de phénomènes de ce fait que leurs interactions.

Il ne faut pas oublier le fait que durant la décennie noire qu'a vécu notre pays au début des années 90, le terrorisme fit déplacer, pratiquement, toute la population rurale vers les grands centres urbains, fuyant l'insécurité qui règne dans les coins reculés du pays. Les nouveaux locataires ont emmené avec eux leurs cheptels, transformant les périphéries urbaines en de vaste enceinte à bestiaux. Cette situation a créé des conditions propices à la leishmaniose, laquelle a frappé de nombreuses agglomérations, où de terribles épidémies furent observées. Le lien causal entre ces épidémies de leishmanioses et les conditions propices de transmission instaurées par cette nouvelle situation pourra aisément être établi.

3. Tendances de l'urbanisation :

L'étalement urbain, tendance longtemps associée aux villes d'Amérique du Nord, s'accélère rapidement dans nombre de pays en développement, où les promoteurs immobiliers cherchent à introduire un "mode de vie de classe internationale".

L'ONU-Habitat, dans son rapport, « *Etat des villes dans le monde 2010/2011: réduire la fracture urbaine* », indique que, la ville mexicaine de Guadalajara est un bon exemple du phénomène d'urbanisation ainsi de 1970 à 2000, la superficie de la ville s'est accrue 1,5 fois plus vite que sa population. Il en va de même pour certaines villes en Chine; d'Antananarivo, la capitale de Madagascar; de Johannesburg, plus grand pôle commercial d'Afrique du Sud; et des capitales de l'Égypte et du Mexique, respectivement, Le Caire et Mexico (Oliveira et al, 2001).

Dans nombre de pays en développement, l'étalement urbain revêt deux principaux aspects différents au sein d'une même agglomération : l'un est caractérisé par la formation d'importantes zones périurbaines où des modes d'utilisation des sols informels et illicites prédominent. A cela s'ajoutent l'absence d'infrastructures, des services publics et des services de base insuffisants et, souvent, des transports publics peu développées ou inexistantes et des routes d'accès inadaptées (Oliveira et al., 2001).

L'autre aspect est l'expansion des banlieues, dans lesquelles des zones résidentielles regroupent des catégories de population à revenu élevé et moyen et des centres d'affaires et de vente au détail facilement accessibles par des moyens de transport individuels plutôt que collectifs (Oliveira et al., 2001).

L'étalement urbain accentue la fracture urbaine, favorisant la ségrégation sociale en fonction des catégories économiques et se traduisant par des écarts géographiques de la richesse et de la qualité de vie entre les diverses parties des villes et zones métropolitaines, des centres villes délabrés et toujours plus de banlieues.

Dans les pays en développement, la sur-urbanisation intervient essentiellement parce que la population riche et pauvre Bou-Saâda cherche à se soustraire aux déficiences de la gouvernance, à l'absence de planification et à un accès insuffisant aux équipements sociaux. "En résumé, l'étalement urbain est symptomatique d'une ville divisée (Oliveira et al, 2001).

L'étalement des zones périphériques pauvres intervient essentiellement parce que les autorités accordent peu d'attention aux bidonvilles, à la question foncière, aux services et aux transports. Elles n'ont pas la capacité voulue pour anticiper la croissance urbaine et, de ce fait, ne parviennent pas à libérer des terres qui pourraient être mises à la disposition des pauvres. En outre, les ménages urbains pauvres se voient refuser l'accès à des droits fonciers, ce qui est l'un des principaux facteurs les amenant à se déplacer vers la périphérie, mouvement qui est associé à l'étalement urbain dans les pays en développement (Oliveira et al., 2001).

L'autre élément généralement indissociable de cette croissance anarchique des villes est la dépendance excessive à l'égard des transports motorisés individuels, en raison de l'absence d'autres options de transport, de possibilités limitées de logement et du manque d'espace en zones urbaines, qui découragent les déplacements à pied (Bloom et al., 2008).

4. La dynamique de l'urbanisation

En 2008, plus de 50 % de la population mondiale vivra dans des zones urbaines. Le rythme actuel de l'urbanisation est tel que la part urbaine de la population mondiale pourrait atteindre 60 % d'ici à 2030 d'après l'ONU.

Si la tendance des dernières décennies se maintient, la majeure partie de la croissance des zones urbaines se produira dans les pays en développement. Au cours des vingt-cinq prochaines années, la population urbaine n'augmentera que légèrement dans les régions développées, mais connaîtra une hausse particulièrement vigoureuse dans les pays les moins développés.

Les problèmes de l'urbanisation peuvent être exacerbés dans les mégalo-poles. Assurer des emplois, des logements, l'assainissement, les moyens de transport, l'éducation et les soins de santé est une tâche complexe pour les pays riches et plus ardue encore pour les pays en développement qui connaissent aujourd'hui la plus forte hausse du nombre de mégalo-poles.

Enfin, plusieurs facteurs économiques, sociaux et politiques sous-tendent l'urbanisation, en particulier l'exode rural. Pour chaque migrant, il s'agit de chercher un emploi (ou un emploi mieux rémunéré), une meilleure qualité de vie sur le plan des soins de santé et de l'éducation, et un plus large éventail de choix en matière de distractions et de styles de vie. Les migrants sont peut-être influencés par l'image de la vie urbaine présentée dans les médias ou par la réussite de membres de leur famille qui ont migré avant eux vers des centres urbains (Bloom *et al.*, 2008).

Les défis urbains de santé faisant face à des nations industrialisées à travers le monde sont complexes et à plusieurs facettes. En 1900, environ 80% de la population du monde a vécu dans des secteurs ruraux ; on estime pour l'année 2000 que cette même proportion résidera dans des secteurs urbains (Duhl, 1986).

5. Conséquences de l'étalement urbain :

En de nombreux endroits, l'étalement urbain favorise l'extension des surfaces bâties, qui entraîne des pertes importantes de riches terres agricoles. Lorsque les villes ne sont pas bien planifiées, elle aggrave aussi la dégradation de l'environnement. C'est notamment le cas dans plusieurs villes d'Amérique latine, où des dommages importants ont été causés à des zones sensibles du point de vue écologique. On peut citer notamment les villes de Panama (Panama) et la zone du canal environnante, Caracas (Venezuela) et sa ligne côtière adjacente, San José de Costa Rica et sa zone montagneuse et São Paulo (Brésil) et ses bassins versants.

La vie urbaine est la clé de voûte de l'écologie humaine moderne. En deux siècles, les villes se sont multipliées et étendues rapidement dans le monde entier. Sources de créativité et de technologie et moteurs de croissance économique, les villes engendrent aussi la pauvreté, les inégalités et des risques pour la santé liés à l'environnement. Les populations urbaines sont depuis longtemps un terrain favorable pour l'incubation et la pénétration des maladies infectieuses. La croissance non planifiée et le laisser-faire économique des débuts de l'ère industrielle dans les villes des pays industrialisés ont fait place de plus en plus à une gestion collective du milieu urbain, en réaction à la dégradation de l'environnement et par suite de l'alphabétisation. Dans de nombreux pays à faible revenu, ce processus est ralenti par les pressions et la priorité de la mondialisation de l'économie. Au-delà des risques classiques de

maladies diarrhéiques et d'infections respiratoires qui affectent les citadins les plus démunis, il y'a l'apparition de diverses infections à transmission vectorielle en milieu urbain (Oliveira et al., 2001).

Sur le plan épidémiologique, la composante démographique, c'est –à-dire la densité de la population, demeure un facteur essentiel dans les pays peu développés. Entièrement créée par l'homme et pour l'homme, l'écosystème urbain y est ainsi caractérisé avant tout par la dominance d'une série d'espèces animales synanthropes qui ont su profiter de cette écologie particulière, s'y adapter, y progresser en véritables commensaux : rongeurs, mouches, moustiques domestiques, etc. (Rodhain, 2000).

6. Déterminants épidémiologiques

Les maladies urbaines peuvent être réparties en deux catégories : les maladies transmissibles, virales, bactériennes et parasitaires et les maladies non transmissibles dont les cancers et les maladies cardiovasculaires. Parmi les maladies transmissibles celles causées par les parasites sont de plus en plus fréquentes dans les milieux urbanisés et font partie des six maladies tropicales négligées (WHO, 2007).

Les déterminants épidémiologiques des maladies parasitaires urbaines peuvent être analysés en fonction de six scénarii, applicables chacun à une ou plusieurs maladies (WHO, 1990):

a. Arrivée de populations parasitées en zone urbaine non endémique ou les vecteurs sont absents :

Dans ce scénario la conséquence la plus grave est probablement la transfusion de sang contaminé observée dans les grandes villes des pays d'endémie d'Amérique latine, impliquant les migrants venus des secteurs d'endémie et les sujets contaminés dans les foyers périurbains, avec pour effet le renforcement de l'"urbanisation" de la maladie de Chagas. Le taux de dons de sang contaminés destinés aux transfusions dans les banques du sang est alarmant dans les villes d'Argentine, du Brésil et de Bolivie.

Les services urbains de santé devront répondre à la demande de soins de ces migrants. Dans la mesure où les vecteurs sont généralement absents, la transmission ne peut commencer que s'ils sont introduits dans le milieu urbain.

b. Arrivée de populations parasitées en zone urbaine non endémique ou les vecteurs sont présents :

Dans ce cas, le vecteur est déjà présent, et la surveillance des migrants est nécessaire pour éviter l'apparition de la transmission. L'arrivée de populations rurales contaminées entraîne donc un

bouleversement de la transmission. La transmission vectorielle de la maladie de Chagas a été rapportée dans les bidonvilles de la périphérie de nombreuses villes d'Amérique latine.

c. Arrivée de populations parasitées en zone urbaine d'endémie :

Une fois la transmission installée, les migrants parasités contribuent directement à son extension, à son aggravation et même à son intensification. Il arrive que de nouvelles espèces parasitaires soient introduites dans les agglomérations urbaines ou se trouvent déjà des vecteurs favorables, transmetteurs d'autres espèces. L'arrivée de sujets parasités en secteur d'endémie peut contribuer à l'extension de son aire géographique, à la création de nouveaux foyers de transmission ou à l'aggravation de la transmission.

d. Arrivée de populations non parasitées en zone urbaine d'endémie :

L'existence d'une transmission en zone périurbaine peut avoir des conséquences cliniques et épidémiologiques graves. Les facteurs de risque, malnutrition ou autres maladies infectieuses concomitantes, paraissent modifier l'histoire naturelle et le pronostic de l'infestation (leishmaniose viscérale par exemple).

La leishmaniose cutanée urbaine de l'Ancien Monde est anthroponotique, ce qui signifie que le parasite est transmis d'un sujet à l'autre par la pique d'un phlébotome péri domestique. Quand la maladie est endémique et la population de phlébotomes suffisante, la population humaine est en grande partie contaminée et immunisée au début de la vie. En cas d'exode rural accéléré, le risque de transmission de la leishmaniose cutanée urbaine est augmenté et atteint même des proportions épidémiques dans la population dense et non immunisée venue des zones rurales. En Afghanistan, la leishmaniose cutanée anthroponotique est endémique dans la plupart des villes. Depuis quelques années on dépiste passivement tous les ans près de 4000 cas à Kaboul et 5000 cas dans les villes de province. Dans les villes, les populations à faible revenu se concentrent dans les secteurs périurbains, à portée du cycle zoonosique de la leishmaniose.

e. Urbanisation ou domestication des foyers zoonosiques naturels :

En région tropicale et subtropicale, la population urbaine peut entrer en contact avec un cycle sylvatique déjà existant dans les régions rurales voisines, à la suite d'une urbanisation rapide et anarchique. L'incidence annuelle atteint des milliers de cas par suite de la très grande proximité de la forêt où la leishmaniose cutanée est enzootique. Dans nombre de villages et de villes, on signale un taux d'infection supérieur quand les établissements humains sont en bordure de la forêt à portée du cycle sylvatique. Le taux de transmission baisse rapidement au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la forêt, la capacité de vol des phlébotomes étant limitée

(Oliveira et al., 2001). L'interface forêt /nouvelles habitations est une zone à haut risque en raison de la proximité de réservoirs massivement parasités, notamment de rongeurs nuisibles, et du vecteur. A Santarem, dans l'Etat de Para (Brésil), les habitations de mauvaise qualité construites pendant une période d'urbanisation rapide ont été associées à l'installation d'un nouveau foyer de leishmaniose viscérale zoonosique. La création de nouvelles niches écologiques pour le vecteur *L. longipalpis* associées à la présence de chiens infestés est probablement l'origine de ce nouveau foyer (Oliveira et al., 2001). Dans certains pays de l'Ancien Monde, la non planification de l'urbanisation a fait entrer des populations urbaines dans les cycles zoonosiques de la leishmaniose cutanée et entraîné des épidémies (Oliveira et al., 2001). La population de Khartoum (Soudan) a massivement augmenté ces dix dernières années, grossie par les immigrants venus des zones atteintes par la sécheresse. La plupart se sont installées dans des bidonvilles à la limite de la ville principale. Entre 1985 et 1987, près de 100000 cas de leishmaniose cutanée ont été signalés par le Ministère de la Santé (Dejeux, 2004). Dans le centre et l'est de l'Arabie Saoudite (Hofouf, Riyad et Al-Kharj) le nombre de cas a brutalement augmenté et 4000 cas ont été observés en 1985. Le taux de contamination parmi les immigrants non immunisés est particulièrement élevé, du fait probablement de l'installation dans les zones périurbaines près du foyer naturel de la maladie. L'augmentation récente des leishmanioses cutanées dans la ville de Koweït serait liée à des circonstances du même ordre, la plupart des patients résidant dans les banlieues périurbaines nouvelles. En Jordanie, 300 cas ont été rapportés entre 1982 et 1987 dans de nouvelles zones résidentielles auparavant inhabitées près d'Amman, évoquant l'existence d'un cycle zoonosique antérieur dans ce secteur. (Desjeux, 2004).

f. Arrivée de vecteurs en zone urbaine non endémique :

Les ruraux qui arrivent en ville amènent avec eux non seulement le parasite mais encore ses vecteurs. Il en est de même pour le transport passif via les voies de communications maritimes, aériennes et terrestres assurant le transport des vecteurs et leur offrant la possibilité de franchir les barrières naturelles, Sahara , mer et océan.

Une fois arrivé dans les nouveaux territoires, les vecteurs s'adaptent souvent à leur environnement (Desjeux, 2004).

Chapitre II : Techniques d'identification des leishmanies

L'identification exacte de la forme parasitaire qui circule dans un foyer de transmission de la leishmaniose est capitale pour asseoir une stratégie de lutte et de prévention appropriée. Plusieurs méthodes d'identification existent. Les méthodes d'identification font simultanément appel à des caractères extrinsèques tels que :

- Manifestation clinique
- Distribution géographique
- Cycle épidémiologique et à
- Caractères intrinsèques et plus particulièrement biochimique, telle que l'analyse des isoenzymes par électrophorèse.

A l'heure actuelle cette méthode constitue la méthode de référence en matière d'identification (Pratlong et Lanotte, 1999).

1. Techniques d'identification :

Le diagnostic parasitologique est nécessaire pour la confirmation de la CL (par grattage des lésions ou aspiration avec une aiguille sur le bord des lésions) car ni l'examen clinique ni la sérologie ne sont suffisants (OIE, 2005).

1.1. La technique des anticorps monoclonaux (AcM) :

Cette méthode est appliquée à l'analyse et la classification des espèces et des sous-espèces de *Leishmania* du Nouveau et du Vieux Monde. Pour la production des anticorps, des souris BALB/c sont immunisées avec des préparations de membrane à partir soit des promastigotes soit des amastigotes. Les cultures d'hybridome sécrétant les anticorps sont ensuite sélectionnées et clonées par des dilutions limites. La spécificité des souches de *Leishmania* est évaluée grâce à des essais d'immunofluorescence ou d'immunoradiométrie. Cette analyse doit être quantitative, car la quantité du même antigène de surface peut varier parmi les espèces de *Leishmania*. Les anticorps monoclonaux ont aussi été utilisés dans des techniques d'immunohistochimie appliquées sur des biopsies de tissu (OIE, 2005).

1.2. l'utilisation de l'ADN

Dans le domaine des *leishmania*, il a été d'un grand apport pour la distinction des nombreux agents causaux des différentes pathologies leishmaniennes.

Les sondes d'hybridation de l'ADN sont un outil prometteur dont le principe est de permettre de marquer, des séquences d'ADN du kinétoplaste ou nucléaires simple brin à partir de souches standards bien caractérisées pour trouver et hybrider avec des séquences d'ADN homologues à partir ou dans des isolats de *Leishmania* inconnu. Seules des séquences d'ADN complémentaires formeront de l'ADN double brins, qui peut être détecté par autoradiographie si la sonde est marquée, ou par réaction immuno-enzymatique. Ces techniques sont assez sensibles pour identifier des organismes repérés sur filtres de nylon. Beaucoup moins de parasites (< 10) sont nécessaires pour l'identification par la technique d'hybridation in situ (Séridi, 1998).

1.3. Identification moléculaire par PCR séquençage :

La technique de référence reste l'identification enzymatique qui permet de trouver l'espèce et le zymodème en cause. Actuellement, la technique PCR (Polymerase Chain Reaction) d'utilisation récente permet une approche de l'identification d'espèce directement sur le prélèvement (Mahjour et al., 1997). Elle est basée sur l'analyse du polymorphisme nucléotidique d'une région de 1265 pb du gène de la RNA polymérase II (Croan et al., 1997). L'intérêt de cette approche, qui fait appel aux techniques d'amplification génétique et de séquençage, est d'utiliser des amorces universelles, valables pour toutes les espèces du genre *Leishmania*. (Djezzar-Mihoubi ,2006).

1.4. Identification enzymatique:

Cette méthode a comme principal objectif d'identifier la souche responsable de l'infection. Elle est basée sur le principe que chaque profil enzymatique est rattaché au complexe d'une espèce de *Leishmania* . Le typage enzymatique consiste à identifier le profil enzymatique de l'espèce en cause (Amrani et al,2011).

1.4.1-Rappels biochimiques

1.4.1.1. Les enzymes :

Les enzymes sont des catalyseurs de nature protéique transformant un substrat en un produit, ils possèdent des propriétés les différenciant des catalyseurs chimiques : activité plus importante, et spécificité (Coutouly, 1991)

Selon leur localisations in vivo les enzymes peuvent être divisé en trois catégories: (Coutouly, 1991).

a- Les enzymes extra cellulaires: qui sont synthétisées à l'intérieur de la cellule ; puis excrétés dans l'espace extracellulaire (cas des hydrolases).

b- Les enzymes intracellulaires: synthétisées et utilisées entièrement à l'intérieur de la cellule ; ils sont en général présents , soit sous forme d'agrégats soit liés ou emprisonnés dans des particules subcellulaire ou membranaire intracellulaire rendant leur isolement plus difficile.

c- Les enzymes périplasmiques situés à l'intérieur du périplasme

1.4.1.2. les isoenzymes :

Le terme "isoenzyme" ou isozymes a été créé par Markert et Moler 1957 pour désigner toute bande apparaissant au sein d'un système enzymatique donné sur un seul gel. Un système isoenzymatique correspond à l'ensemble des bandes dont chaque bande correspond à une isoenzyme ayant donc des vitesses de migration électrophorétique différentes. Les isoenzymes diffèrent sur le plan structural par leur composition en sous unités, mais catalysent la même réaction biochimique (Tibayrenc, 1979).

Dans le domaine de la parasitologie, les isoenzymes sont principalement utilisés pour caractériser et distinguer "les souches" de parasites (Ben Abderrazak et al., 1993).

Deux grands groupes sont à distinguer :

➤ **-Isoenzymes unigéniques:**

Les différences de structure qu'elles présentent résultent toutes de la modification secondaire que peut subir la chaîne polypeptidique originelle. Harris (1969) in (Tibayrenc, 1979) distingue deux grands groupes au sein de cette catégorie :

- isoenzymes unigéniques: différant par leur structure primaire (exemples : combinaison à d'autres molécules, perte d'une partie de la molécule).

- isoenzymes unigéniques: différant par leur structure tertiaire ou quaternaire : séries d'isomères de conformation ou « conformers ».

➤ **Isoenzymes multigéniques:**

Ce sont celles dont la différence de structure répond à une commande génétique différente. On peut séparer deux catégories(Tibayrenc, 1979) :

A. Isoenzymes alléliques:

Ou allozymes: enzymes codées par des allèles différents d'un même gène (situé au même locus), séparables par la mobilité électrophorétique (Ogita 1968).

Les alloenzymes sont en principe impossibles à distinguer par l'immunoélectrophorèse (Ogita 1968). D'autre part, en général, deux alloenzymes présentent exactement la même spécificité de substrat.

B. Isoenzymens non alléliques:

Chaque isoenzyme résulte de l'action d'un gène propre. Pour un même sujet, la présence de deux isoenzymes multigéniques non alléliques (zymogramme à deux bandes) traduit donc l'action de deux gènes, situés à des loci différents. On peut en général distinguer deux isoenzymes non alléliques par l'immunoélectrophorèse (Ogita, 1968). Ces différences de comportement antigénique trahissent sans doute des différences de structure plus fortes que celles qu'on observe chez les alloenzymes. D'autre part, on observe assez fréquemment des différences de spécificité de substrat.

CHAPITRE III ZONE D'ETUDE

1. Présentation de la zone d'étude

Situé au Sud-Est de l'Algérie entre 35°18' et 35°32' Nord et 4°15' et 5°06', le bassin versant du Hodna (El Hodna) « plaine entourée de montagnes » (fig.8), situé à 250 Km au sud-Est d'Alger, s'étend sur 26 000 Km². La partie centrale est la plus basse, elle a une altitude de 400 m. La dépression Hodnéenne se place au niveau où les deux grands ensembles tectorogéniques des Atlas tellien et saharien interfèrent ; les monts du Hodna la limite au Nord, les monts de Belezma et Metlili à l'Est, le Djebel Messaâd et les monts du M'zab au Sud.

Les monts du Hodna qui limitent au nord le bassin présentent une dissymétrie entre les versants d'exposition nord, généralement assez courts avec des pentes fortes, et ceux exposés face au sud, généralement plus longs et à pentes moins accusées. Cette opposition topographique entre les deux façades sera appuyée par les données biogéographiques, avec une façade semi-aride à subhumide au nord et une autre façade fortement marquée par l'aridité au sud où le milieu varie du semi-aride sur les hauteurs à l'aride sur les piémonts. Cette région se particularise également par sa localisation à la limite d'un grand nombre de milieux écologiques : entre le domaine subhumide, semi-aride, aride et sub-saharien.

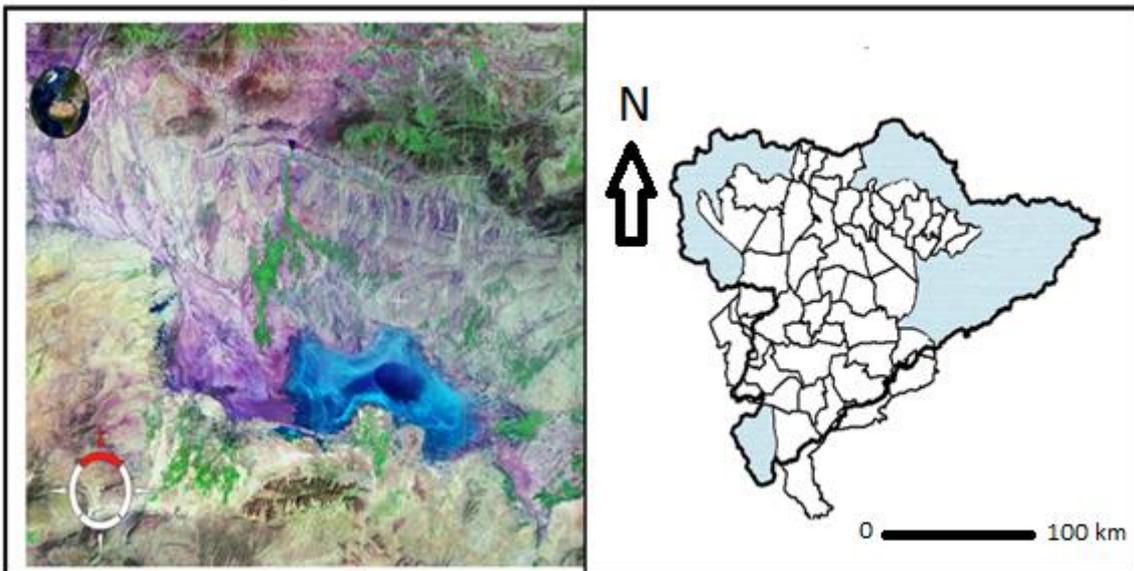


Fig 8.La wilaya de M'sila dans le bassin du Hodna

En effet, la présence du bassin du Chott Hodna au sud et l'existence de l'ouverture vers le Sahara à travers l'Atlas saharien (couloir de Bou Saada-Biskra) laisse pénétrer le climat saharien jusqu'au piémont sud du massif du Hodna. Cette situation permet aussi le développement d'un milieu fortement contrasté entre la façade nord de cette chaîne (tendance humide) et sa façade sud (tendance semi-aride à aride). La région du bassin versant du Hodna chevauche partiellement sept wilayates Batna, Sétif, BBA, Bouira, Médéa, Djelfa M'sila.

Du nord au sud, se succèdent des sols alluviaux, calcaires et /ou gypseux, allomorphes et /ou hydromorphes et des apports bruts éoliens. La végétation est essentiellement représentée par des steppes à recouvrement faible ; steppes crassulescentes du pourtour du chott et des parties basses des oueds du nord du chott, steppes graminéennes dans les zones sableuses au sud du chott. Les chénopodiacées, abondantes sur ces terres salées favorisent le développement d'une importante population des rongeurs, *P. obesus* en particulier.

2. Structure physique du Hodna

Cette région se particularise par sa localisation à la limite d'un grand nombre de milieux écologiques : entre le domaine subhumide, semi-aride, aride et sub-saharien.

En effet, la présence du bassin du Chott Hodna au sud et l'existence de la cuvette du Hodna s'étend sur une superficie de 8000 Km². Son bassin versant a une superficie de 25000 Km². Elle est entourée de montagne, l'Atlas Tellien, au Nord , formé essentiellement par les monts du Hodna dont l'altitude varie de 1400 à 1800 mètres (Tarf , Djeddoug , Maadid, Guettiane, Boutaleb, Belezma) à l'Est par les Aurès (Djebel Metlili, 1660 mètres), au Sud par l'Atlas Saharien (Monts du Zab , Monts des Ouled Nail , 800 et 1200 mètres). A l'Ouest, elle est ouverte vers les plaines du Sersou, 700 mètres et à l'Est vers les hautes plaines constantinoises, par la percée de l'Oued Barika (800 mètres).

Cette configuration géographique lui confère une individualité originale. C'est une entité naturelle diversifiée et comporte dans le détail selon la direction Nord-Sud :

- Le piémont (Djerr) s'étale entre la courbe 700 et 500 mètres.
- La plaine du Hodna commence de 500 à 430 mètres (limite de l'artésianisme).
- Le Chott (bordure) se trouve entre 430 et 400 mètres
- La Sebkha (lac salé) est entourée par la courbe 400 mètres
- Le Rmel (zone sableuse) de 400 à 600 mètres.

Elle est drainée par un bassin dont les oueds traversent des formations gypsifères et salifères.

La morphologie d'une région désertique se présente souvent sous la forme d'un système à trois composantes :

- Relief : hamada (plateau structural rocheux), inselberg, cuesta (forme structurale dégagée dans une série sédimentaire concordante à pendage faible (moins de 15°) comportant une succession de roches alternativement dures et tendres),
- Piémont (zone de contact entre le relief et la plaine) : pédiment, glacis, cônes alluviaux, cône d'épandage,...
- Plaine : playa, plaine alluviale, oued, bassin, sebkha,...

La playa est une zone d'épandage d'alluvions à surface plane, située à l'aval d'un glacis ou d'un pédiment avec lequel elle se raccorde. Lorsqu'elle tapisse une dépression endoréique, son centre est souvent occupé par une sebkha, lac temporaire (fine pellicule d'eau) alimenté par les nappes phréatiques ou par la concentration du ruissellement superficiel, où se déposent des évaporites (eaux en érodant le relief se chargent en minéraux). Les sebkhas sont des dépressions fermées, des lacs salés, parfois entourés d'une végétation halophile, le chott. Les sebkhas sont alimentées par de puissants appareils artésiens. Les sels, dissous dans l'eau qui subit une forte évaporation, sont déposés. On a donc formation de sel par évaporation et par remontée des eaux souterraines par capillarité.

Le Hodna peut schématiquement se diviser en quatre zones :

- La zone de montagne comprend les monts du Hodna et les monts de l'Atlas Saharien. La population des monts du Hodna est à dominante rurale, épars, beaucoup plus importante que celle des régions sud du chott. Le faciès écologique, fortement anthropisé (activité agro-sylvo-pastorale), regroupe un ensemble d'écosystème forestier dégradé, matorral, relique de forêt, steppe à alfa, steppe à armoise etc... L'économie de ces régions s'articule autour des activités agricoles. La céréaliculture, sur les flancs de montagne à pente douce et les cuvettes inter montagnarde et le long du réseau hydrographique qui jalonne les massifs montagneux et l'arboriculture.
- Une zone plus au moins centrale s'étendant de la région de Barika, entre la zone précédente et la bordure Nord du Chott, vers l'Ouest du bassin et la région d'Ain-El Hadjel et de Sidi Aissa ; c'est le piémont appelé " djerr " , entre 500 et 700 m, allongé Ouest-Est. Au Nord, il est assez large et se constitue en forme de grands paliers

correspondant à des niveaux de glacis qui sont profondément entaillés par une série d'oueds qui descendent des djebels septentrionaux. Le piémont Sud beaucoup moins étendu, est plat et encombré d'accumulations de sable: territoire où l'élevage vit en symbiose avec l'agriculture et où les habitants sont généralement sédentarisés. Caractérisée par une pente plus ou moins douce, cette partie est fortement anthropisée. La céréaliculture par épandage des crues et l'arboriculture sont les deux spéculations majoritaires (l'olivier et l'abricotier).

- La zone de plaine proprement dite est définie assez exactement par la courbe de niveau 500 m et couvre les deux tiers du Hodna. Elle s'étale jusqu'aux abords de la sabkha qui occupe le centre du bassin. Elle est le lieu privilégié de la culture où les Hodnéens ont depuis les siècles utilisé les épandages des crues sur les glacis limoneux. Elle est constituée par de larges et épaisses accumulations fines d'origine alluviale et prend souvent le nom de bled suivi d'un lieu-dit. Au sud le rmel offre un paysage d'étendue sablonneuse, plate avec souvent des champs de dunes de quelques mètres de hauteur. Le sable est accumulé soit en masse informe, soit en de petits massifs allongés ; de véritables dunes vives appelées erg ou zbar qui marquent en partie les bonnes terres et le chott.
- La sebkha vaste surface d'épandage des eaux de crues (1000 km²) de forme presque elliptique, se trouve au centre de la plaine. C'est une étendue argileuse, absolument plane et fortement salée où toute végétation est absente. Cette zone chevauche M'Sila, sur 1000 Km², et Batna sur 100 Km², Est. Le centre de la cuvette du Hodna est situé à 40 km de la Ville de M'sila, à 20 km au Sud-Ouest de la ville de Bou Sâada et à 80 km au Sud-Est de la ville de Biskra (Kaabache, 1990).

3. Géologie

Les terrains formant les monts du Hodna sont secondaires, surtout crétacés, les formations mio-plio-quadernaires, dans cette région, ne sont bien développées qu'en bordures de cette chaîne. Elles sont caractérisées par l'alternance de séries marines essentiellement marneuses et marno-calcaires avec des séries continentales argilo-sablo- conglomératiques, souvent alternées par des niveaux encroûtant et de formations salifères

Le chott El Hodna est un paysage transito-accumulatif de dépôts argileux récents qui bordent la sebkha, il renferme des dépôts alluvionnaires du Quaternaire. Le cadre montagneux est constitué principalement par des formations crétacées comprenant une sédimentation

calcaro-marneuse qui a fait l'objet d'une érosion profonde. Les formations tertiaires essentiellement argilo-gréseuses forment le substratum des formations quaternaires.

La présence de gypse et de sel dans beaucoup d'argiles est d'une extrême importance dans la mesure où elle est à l'origine de la formation des encroûtements gypseux au Quaternaire. Elle explique également la grande extension des alluvions salées ainsi que la nature des eaux profonde ou de surface et par conséquence, les difficultés de l'agriculture irriguée qui utilise le plus souvent des eaux et des sols plus ou moins salée. Le sel du Chott El-Hodna à une origine géologique, le Trias riche en sels compose les roches de montagnes qui entourent la région, qui en étant endoréique rassemble la totalité des sels dissous par les eaux des précipitations.

4. Hydrologie

Le régime hydrologique du Hodna est lié au régime pluviométrique qui est caractérisé par de fortes irrégularités. La majorité des cours d'eaux n'ont pas de débits pérennes. Tous les oueds, pérennes ou non, ont des crues secondaires et fortes, les eaux se déversant dans le chott sont estimées à 150 hm³ par an pour une année moyennement pluvieuse. Il existe une nappe phréatique dont l'eau est impropre à la consommation ainsi que des nappes profondes captives notamment celles du Hodna et la plaine d'Ain-Rich.

Une grande partie de la Wilaya est considérée comme un immense bassin versant bénéficiant de l'impluvium de l'Atlas Tellien. Les potentialités en eau de surface sont estimées à 320HM³.

Le bassin versant du Hodna dans la superficie est estimé à 26 000 km² est drainé vers la sebkha par d'importants oueds, le réseau hydrographique est y très dense. Les principaux oueds du bassin du Hodna sont :

- Oued *Leham*, dans le bassin présente un 1/5 ou 1/6 de la totalité du bassin hydrologique du Hodna, il draine les terrains gypso-salins du Nord-Ouest du bassin. L'eau de l'oued Targua, l'un de ces affluents, est particulièrement salée, surtout pendant l'été (50g/l résidu sec), (Mimoun, 1995).
- Oued Lougmane,
- Oued Ksoub
- Oued Ennfida
- Oued Nakrar.
- Oued Barika.
- Oued Bitam.

Par contre dans la zone sud du Chott El Hodna il n'existe que deux oueds importants :

- Oued Bousaada et son affluent Oued Maitar
- Oued el Melah et Oued M'cif

5. Climat

Les conditions climatiques sont celles des zones semi-arides et arides caractérisées par des cours d'eau non pérennes et à débit solide élevé, par des pluviosités annuelles faibles, par des précipitations d'intensité très variable et très inégalement réparties. La sécheresse est d'autant plus redoutable que l'évaporation est très forte et accentuée par des vents soufflant du Sahara et franchissant les chaînons montagneux discontinus du Sud du Chott.

5.1.Précipitations

la pluviosité moyenne annuelle passe de 500 à 600 mm environ sur le point les plus hauts (+ou- 1 800m) des monts du Hodna à moins de 200 mm au niveau du Chott. Le régime des pluies présente de courtes périodes favorables à la végétation entrecoupée par de longues périodes sèches. La sécheresse estivale est générale, mais il y a aussi fréquemment une période sèche en hiver. Des orages éclatent souvent en été.

Pour ce qui concerne la steppe, voici à titre indicatif la pluviométrie moyenne annuelle de points connus :

- 309 mm à Sidi Aissa dans le N.O du Hodna.
- 242 mm à Ain El Hadjel dans l'Ouest du Hodna.
- 224 mm à M'sila, au Nord du Chott.
- 224 mm à Baraka à l'Est du Chott.
- 262 mm à Bou-Saada au S.O du Chott.
- 164 mm à Guellalia, immédiatement au sud de la sebkha.

5.2.Grêle de neige

Il grêle une ou deux fois par an à M'sila, mais la grêle est pratiquement inconnue à Bou-Saada et à Biskra. La neige couvre les monts les Hodna de 10 à 30 jours par an, mais ne tombe que tout à fait exceptionnellement dans la cuvette (à M'sila, une fois en 1913 en 1959 et en janvier 1971).

5.3. Températures

Les températures annuelles moyennes sont de 18,3°C à M'sila, 18,5°C à Barika et 17,9°C à Bou-Saada. Les températures absolues extrêmes ont été :

- De -2.6°C et de 43.2°C à M'sila
- De -6.2°C et de 47.7°C à Barika.
- De -1.8°C et de 43.5°C à Bou-Saada
- De -3.0°C et de 45.4°C à Guellalia

Les températures égales ou inférieures à 0°C se sont manifestées pendant les mois de décembre, janvier, février et mars à M'sila, Bou-Saada et Guellalia, à partir de novembre à Barika. Les mois les plus chauds sont juillet et août pour ces quatre stations.

5.4. Humidité relative

Les résultats d'observations à partir des stations implantées dans le Hodna (Bou-Saada, M'sila, Barika...), montrent que les humidités mesurées à 11 h et à 17 h coïncident à peu près et varient pendant l'année entre un maximum de 82 % en Novembre et Décembre et un minimum de 37 à 42 % en Juillet et Août.

L'évapotranspiration potentielle : calculée d'après la formule de Turc donne 1 290 mm/an pour Guellalia et 1 256 mm/an à Sidi-Aissa.

5.5. Classification bioclimatique

La classification bioclimatique utilisée généralement dans la région méditerranéenne est basée sur la méthode d'Emberger ; la formule initiale d'Emberger, en 1930, était

$$Q1 = 100 P/M^2 - m^2.$$

P = pluviosité moyenne annuelle

M = moyenne des maxima du mois le plus chaud.

M = moyenne des minima du mois le plus froid.

Le Houérou et *al* (1977), fondent également leur classification bioclimatique sur la pluviosité moyenne annuelle, la température moyenne minimale du mois le plus froid et la température moyenne maximale du mois le plus chaud. Ils rappellent cependant que ces critères ne sont pas les seuls qui agissent sur les conditions de vie des espèces végétales et citent d'autres facteurs : longueur de la saison pluvieuse, variabilité des précipitations annuelles, évapotranspiration potentielle, nombre de jours de gelées, longueur du repos hivernal et la végétation etc.

En conclusion à ces données, il est établi la classification bioclimatique suivante :

- **L'étage humide**, caractérisé par des pluies supérieures à 800 mm par an. La végétation spontanée comprend notamment les espèces de montagne, chêne liège (*Quercus suber*) sur sol siliceux, chêne vert (*Quercus ilex*) largement répandu, sapin de numidie (*Abies numidica*) ; pin noir (*Pinus nigra*) et cèdre (*Cedrus atlantica*).
- **L'étage sub-humide**, caractérisé par des précipitations de 600 à 800 mm par an. L'isohyète 600 mm marque la limite des espèces de montagne qui sont progressivement remplacées par le chêne vert et le pin d'Alep (*Pinus halepensis*), l'olivier, le lentisque, le palmier nain, le romarin et le cyste.
- **L'étage semi-aride**, qui reçoit 400 à 600 mm de pluies par an constitue la limite méridionale des cultures en sec et la limite septentrionale des régions steppiques ; l'isohyète 400 mm correspond également à la disparition du chêne vert, remplacé par le thuya (*Callitris ariculata*), les genévriers (*Juniperus phoenicia*, *J. oxycedra*) et le Jujubier (*Zizyphus lotus*).
- **L'étage aride** reçoit de 100 à 400 mm de pluie par an. C'est le cas notamment des régions steppiques d'Algérie. Selon les conditions édaphiques, les espèces végétales rencontrées sont principalement ; l'alfa (*Stipa tenacissima*) l'armoise blanche (*Artemisia alba*), l'armoise champêtre (*Artemisia campestris*) , le drinn (*Aristida pungens*) , le sparce (*Lygium spartum*) et le guetaf (*Atriplex halimus*). Les sols salés près des chotts, sont particulièrement favorables au développement des chénopodiaceae. L'isohyète 300 mm correspond à la disparition du pin d'Alep. L'amplitude thermique annuelle est assez stable, de l'ordre de 34 °C.
- **L'étage peraride**, avec moins de 100 à 50 mm de pluies annuelles, correspond à l'ancien climat saharien.
- **L'étage érémitique** avec moins de 50 mm de pluies.

Dans ces deux derniers étages, la végétation est contractée dans les fonds et thalwegs.

6. Formations Végétales du Hodna

Les botanistes considèrent la région hodnéenne comme une enclave du désert (domaine saharien septentrional) et non dans le domaine mauritanien steppien. Le Chott El Hodna regroupe d'un point de vue floristique un ensemble d'espèces endémiques, représentatives tant de l'élément méditerranéen que de l'élément saharo-arabique.

La carte phyto-écologique montre que le couvert végétal se caractérise par une zonalité très nette de direction Nord-Sud constituant un parfait révélateur des nuances bioclimatique et la variété morpho-pédologique ; il renferme une topo séquence de groupements végétaux traduisant nettement le changement de végétation lié aux modifications écologiques ; dans l'ensemble de la cuvette hodnéenne, les groupements steppiques couvrent la plus grande superficie. Sur les glacis à encroûtement calcaire du piémont le couvert végétal est caractérisé par une végétation ligneuse basse ou prédomine l'armoise blanche, les steppes à *Traganum nudatum* et *Thymelea microphylla*. Sur les glacis inférieurs à encroûtement gypseux, caractérisés par des sols calcimagnésiques sur substratum marneux plus ou moins salifères, la végétation comprend des espèces gypsophiles, dont la plus fréquente est *Anabasis oropetiorum* associée à *Erodium glaucophyllum* avec des espèces adaptées à la salure comme *Salsola tetrandra* et *Atriplex halimus*. La flore est représentée par 550 Taxons recensés dans les communautés steppiques, forestières et pré-forestières (Kaabache, 1990). La majeure partie de la dépression est couverte d'une steppe à recouvrement souvent faible en relation avec l'importance dégradation qu'elle subit (surpâturage et emblavure) : steppes à Chamaephytes telles que l'armoise blanche, steppes crassulescentes des pourtours du chott et des parties basses des zones d'épandage des principaux oueds de la partie nord du bassin, les steppes crassulescentes sont subdivisées en steppes hyper halophiles, hypo halophiles et eu halophiles.

Sur les versants montagneux, le pin d'Alep domine avec quelques chênes verts et rarement des cèdres sur les sommets. Ces groupements forestiers correspondent au secteur semi-aride (P=400–600 mm). 7 types de formations végétales naturelles y sont reconnus :

- Formations sylvatiques orophiles
- Formations de dégradation forestière
- Ripisylves à base de *Populus alba*
- Pelouses écorchées dominées par des chamaephytes et des xérophytes épineux
- Prairies à hémicryptophytes et géophytes hygrophiles
- Ermes à thérophytes
- Formations steppiques

7. Données socio-économiques

L'activité économique de la wilaya de M'sila repose sur deux activités principales, l'élevage et l'agriculture. Dans le domaine agricole, la wilaya était connue dans le passé par ses cultures extensives dont la bonne production était conditionnée par une pluviométrie. Néanmoins, depuis la sécheresse prolongée qu'a connue le pays presque tous les agriculteurs ont opté principalement pour l'activité de l'élevage ovin en raison de la domination des parcours et pour l'agriculture vivrière pratiquée généralement sur de petites surfaces demandant de grandes quantités d'eau pour l'irrigation considérée comme facteur limitant.

7.1. Indicateurs économiques

Répartition générale des terres :

– S.A.T	: 1.790.620 Ha
– - S.A.U	: 275 711 Ha dont 29 413 Ha irrigués
– - Forêts et maquis	: 139 134 Ha
– - Parcours et Alfa	: 1.178 571 Ha
– - Terres improductives	: 197 204 Ha

Agriculture (répartition par spéculation) :

– - Plantations fruitières	: 5 415 Ha
– - Céréales	: 193 626 Ha
– - Elevage	: 80 544 Ha
– - Maraîchage	: 25 516 Ha
– - Autres Cultures	: 169 Ha

Production Végétale :

– - Céréales	: 91000 Qx
– - Fourrages	: 347000 Qx
– - Maraîchage	: 1094100 Qx

Effectifs du Cheptel :

– -Ovins	: 2.180.000 Têtes
– - Bovins	: 29.000 Têtes
– - Caprins	: 120.500 Têtes
– - Camelins	: 900 Têtes
– - Apiculture	: 1380 Ruches
– -Aviculture	: 2.000.000 poules

7.2. Caractéristiques démographiques

La population de la Wilaya de M'sila est caractérisée par un accroissement très important, dont l'analyse fait ressortir le constat suivant :

- La population de 302.305 Habitants en 1966 à 423.984 Habitants en 1977, soit un accroissement de 181.042 habitants et de 605.025 habitants en 1987 à 714.353 habitants en 1998, soit un accroissement de 209 327 habitants pour atteindre 956.080 habitants en 2004.
- L'autre principale caractéristique de cette population est l'inégale répartition géographique. Le Nord est plus peuplé que le Sud (61 % de la population vit au Nord).
- La population éparsée représente 22.95 % de la population totale. En 1987, elle représentait 34.46 %. Cette régression s'explique par un important exode rural vers les grands centres urbains. Ce phénomène s'est accentué après 1990 pour des raisons liées à la sécurité au niveau des Communes de Belaïba, Ouanougha, Hammam-Dlaâ, Sidi-Aïssa et Maâdid au Nord, Medjedel, Slim, Djebel Messaâd et Ain Rich au Sud. La population nomade est toujours localisée dans le Sud et le Sud-Est de la Wilaya. Deux communes sont constituées pratiquement d'une population nomade en l'occurrence Zarzour et Ouled Slimane dans la daïra de Ben S'Rour. L'avènement de la nouvelle politique agricole (PNDA et le programme d'urgence du gouvernement) ont contribué dans une large mesure au retour et à la stabilisation d'une grande partie des populations rurales dans leurs zones d'origine.

CHAPITRE IV : MATERIELS ET METHODES

1. Etude épidémiologique

1.1. Collecte des données

La démarche de recherche adoptée ici a combiné plusieurs méthodes et outils d'investigation. Les données collectées sont d'ordre démographique, socio-économique, climatique et sanitaire. Celles-ci ont ensuite fait l'objet d'une analyse statistique et cartographique. Les données sanitaires concernant le bassin ont été recueillies auprès des directions de la santé et de la population (service de prévention) des wilayates relevant du bassin du Hodna (M'sila, Batna, BBA, Médéa, Djelfa, Sétif, Bouira) (fig.9.). Les rapports épidémiologiques mensuels et annuels ont été exploités ainsi que les données sanitaires. Pour compléter certaines données manquantes, ce sont les relevés mensuels publiés par l'Institut National de Santé Public (INSP) qui ont été utilisés. Les données socio-économiques et démographiques ont été extraites à partir des monographies, éditées par les directions de planification et d'aménagement du territoire des wilayates correspondantes. Les données climatiques ont été obtenues auprès des stations de météorologies (Bou-Saada et M'sila).

1.2. Enquêtes épidémiologiques

1.2.1. Enquête épidémiologique rétrospective

L'enquête rétrospective de la leishmaniose cutanée dans le bassin du Hodna, a intéressé tous les cas humains notifiés à travers les communes du bassin sur une période de 15 années (1995-2010). Par ailleurs, les données épidémiologiques des fiches de malades (n=1063) reçus au niveau du SEMEP de Bou-Saada ont également été exploitées. Ces fiches comprennent en plus des informations personnelles du malade, d'autres sur la forme clinique de la leishmaniose et des données environnementales sur les conditions de vie des patients.

1.2.2. Enquête épidémiologique au niveau urbain

Afin de connaître la prévalence de la leishmaniose cutanée zoonotique dans la ville de Bou-Saâda et afin de déterminer ces facteurs de risque, nous avons mené une étude étiologique

Les enquêtes transversales à visée étiologique ont pour objectif de comparer la fréquence d'une maladie entre un groupe exposé et un groupe non exposé, ou d'étudier la fréquence d'une maladie selon différents niveaux d'exposition (Moatti et al., 1993).

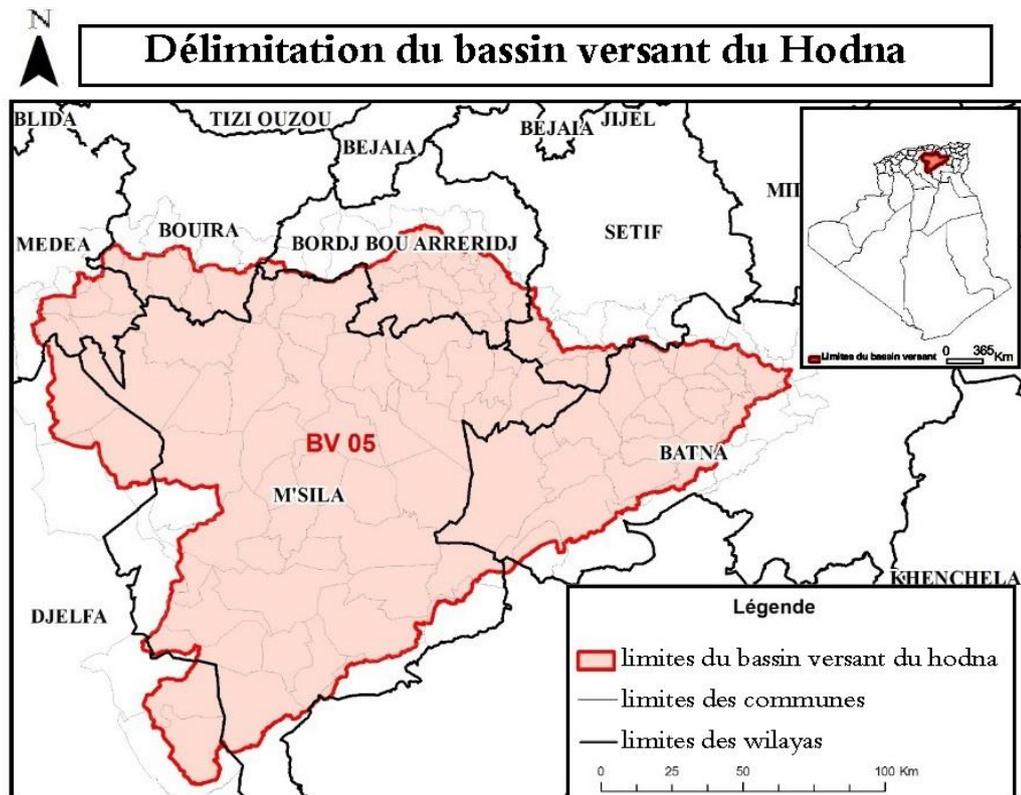


Fig.9. Délimitation du bassin versant du Hodna

L'enquête épidémiologique au niveau urbain a été réalisée en Mars 2012 au niveau de la ville de Bou Saâda. Quatre secteurs urbain de cette ville y furent choisis ; la collecte d'information sur un échantillon de 50 maisons par quartier s'est faite selon une fiche d'enquête (voir annexe 1). Les données utilisées dans notre travail proviennent de plusieurs sources (APC de Bou-Saada, DPAT, DSP, EPSP etc.....), ainsi qu'à partir de plusieurs rapports et études menées dans la région de Bou-Saada. Les plans directeurs d'urbanisme, les plans d'occupation du sol et les différentes enquêtes réalisées dans les quartiers lors du dernier recensement (RGPH, 2008) ont constitué la base de collecte. Les données épidémiologiques sur la leishmaniose sont issues de dépouillements manuels et exhaustifs des registres de consultations consignés auprès du Service de prévention de la ville de Bou-Saada, et grâce à une enquête environnementale, réalisée dans six quartiers (Staih, Cadat, El Koucha, Bendakmous, Maitar, Sidi Slimane) de la ville.

Les informations recherchées lors des enquêtes étaient relatives à :

1. Identification du profil socio-économique des ménages : statut, sexe, âge, niveau de scolarisation, taille du ménage...
2. - Description de l'habitat : type d'habitat, animaux présents dans la cour et dans la maison, système d'alimentation en eau potable, évacuation des excréta, des eaux usées et des ordures ménagères ;
3. Identification des personnes faisant ou ayant déjà fait l'objet de la maladie (porteur de cicatrices) ;

Une autre enquête fut réalisée à l'extérieure (enquête extramuros) pour caractériser l'état de l'environnement (annexe 1).

Les coordonnées géographiques sont prises chaque fois par GPS afin de les utiliser en cartographie.

Les données socio-économiques ; chômage, agriculture, industrie, sont collectées à partir de service de la ville de Bou-Saada (APC), le PDAU et la monographie de la wilaya.

Le support cartographique de la ville de Bou-Saâda fut obtenu à partir d'une image satellitaire Quickbird de 2.5 m de pixel et d'une carte d'état-major à 1/50.000^{ème}. Ce support cartographique fut traité sous Map info, pour la géo-référencement et pour la sectorisation. Toutes les formations attributaires liées aux lieux géographiques furent saisies pour constituer les bases de données.

Les enquêtes épidémiologiques (étude sur le phlébotome vecteur, sur les rongeurs réservoirs et sur les cas humains de leishmaniose) ont intéressé principalement la wilaya de M'sila, laquelle, couvre plus de 80% du territoire du bassin du Hodna, de ce fait les données analysées pour cette wilaya peuvent, être généralisées et extrapolées à l'ensemble du bassin

Le choix de la ville de Bou Saada pour mener une enquête épidémiologique prospective sur la leishmaniose cutanée, est motivé par l'incidence importante de cette maladie en son sein ainsi que les nombreux problèmes environnementaux qu'affronte la ville conjugué à un exode rural massif.

1.2.2.1 Sectorisation de la ville

La ville de Bou Saada comprend plusieurs types de noyaux urbains à savoir, la veille médina, les quartiers européens (issus de la colonisation), les nouvelles extensions urbaines (ZHUN) et les quartiers spontanés (constructions illicites). C'est sur la base de cette typologie

urbaine que nous avons réalisé la sectorisation de la ville, selon un certain nombre de critères, à l'effet de mieux appréhender le risque de la leishmaniose dans le district urbain. Cette sectorisation facilite la comparaison des données entre secteurs urbains.

- Secteur 1 aménagé nouveaux : regroupe les quartiers de et Cadat ;
- Secteur 2 aménagé ancien : regroupe le quartier de Staih et El Koucha;
- Secteur 3 illicite : regroupe les quartiers de Maitar et Sidi Sliman ;
- Secteur 4 ZHUN : regroupe le quartier de Bendakmous.

Une enquête porte à porte s'est faite dans les six quartiers, la taille totale des échantillons est de 300 maisons soit 50 maisons par quartier, les maisons enquêtées ont été choisies aléatoirement.

Les données recueillies ont été groupées (par quartier), et furent saisies sous ACCESS pour constituer les bases de données, puis ils ont été visualisés par entité géographique grâce à un logiciel de système d'information géographique (SIG).

L'image satellitaire de la zone d'intérêt a été géo référencée sous un SIG (ARC GIS 9.3). les secteurs de la ville ont été vectorisés ; pour chaque secteur une base de donnée associée, comportant tous les éléments relatifs à la maladie et à son environnement, fut créée (voir annexe 2) .

Bou-Saada représente le cadre dans lequel sera menée l'étude, la ville a été divisée en quatre secteurs urbains. (Fig 10).

1.2.2.2 . Réalisation d'une fiche d'enquête

Une enquête a intéressé un lot de 50 maisons par quartier, choisi aléatoirement sur une carte de plan de la ville. Les maisons retenues lors de cet échantillonnage (300 maisons /six secteurs urbains) ont été visités et les informations y afférentes sont consignées dans un questionnaire (voir annexe 1).

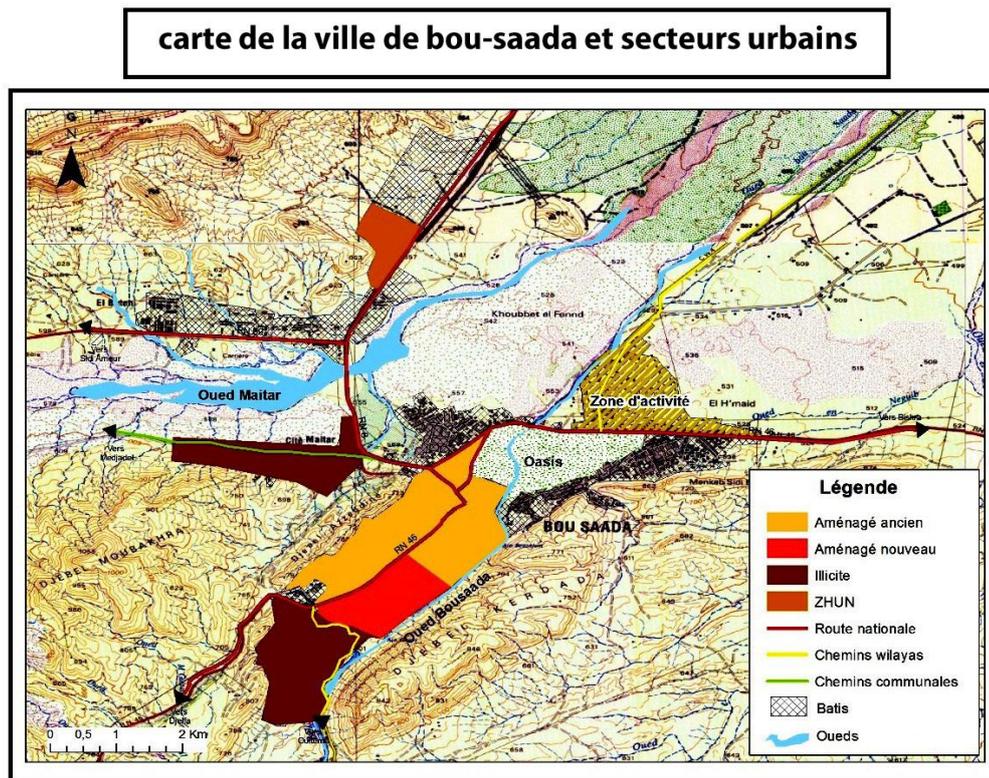


Fig10. Carte de la ville de Bou-Saâda et les secteurs urbains (Source : Extrait de la carte Bou-Saâda Est/Ouest 1/ 50 000^e)

1.3. Etude du réservoir

1.3.1. Prospection

L'aire de répartition des rongeurs a été délimitée sur la base de recherche des indices de présence : terriers, fragments de chénopodiacées, crottes et traces d'urines. En se basant sur cette technique, des milliers d'hectares ont été prospectés selon un transect (bordure de sebkhia, Chott, zone de piémont et montagne) ; Les coordonnées des biotopes prospectés sont relevées par GPS. Les rongeurs *Gerbillidae* en particulier (*M. shawi*, et *P. obesus*) sont les principaux réservoirs de la leishmaniose cutanée zoonotique en Algérie. Les habitats qui leur conviennent se trouvent généralement dans les basses terres recouvertes de loess (limon des plateaux) ou d'alluvions fluviaux friables, les dayas, les hamadas, les dunes etc.

1.3.2. Echantillonnage

-Capture manuelle

Les captures de rongeurs ont été effectuées au cours de l'année 2004, pour ce faire différentes techniques de capture ont été utilisées les techniques de captures utilisées à cette fin

sont variées, au total 90 rongeurs ont été capturés, par défoncement ou inondation des terriers à l'aide d'un camion-citerne. Ces derniers sont inondés à partir du trou le plus élevé. Les animaux sont saisis à la main gantée à la sortie des autres orifices. Cette méthode est d'une grande rentabilité lorsqu'il s'agit de rongeurs creusant leurs terriers sur un terrain argileux et que les galeries sont très réduites. *P. obesus*, *M. shawi* et *Jaculus*.

-Capture par piégeages

Certaines espèces ont été capturées à l'aide des pièges type Sherman ou ratières (nasse de rats). Les pièges sont appâtés par, pain, carotte, dattes, graisse animale pour *M. shawi* et *R rattus*. Différents biotopes du foyer du Hodna ont été prospectés afin de dresser un inventaire des espèces de rongeurs, actualiser les données d'une part et rechercher d'autres rongeurs réservoirs pouvant jouer un rôle dans la dissémination de la maladie d'autre part.

Les animaux capturés sont mis immédiatement après leur capture dans des cages en bois et transportés au laboratoire pour exploration.

1.3.3. Traitement des captures

Les rongeurs capturés sont anesthésiés à l'éther, puis identifiés selon les clés de détermination décrites par Bernard (1970).

1.4. Etude entomologique

1.4.1. Choix des stations

Les enquêtes entomologiques furent réalisées en différents endroits du foyer du Hodna, au nord comme au sud de la sebkha, dans la zone dunaire comme dans la zone montagneuse à l'effet de couvrir un quadrant qui englobe les 4 stratifications bioclimatique du Hodna, humide-subhumide- semi-aride, aride. Par ailleurs le choix des stations de capture fut choisi de telle façon à couvrir le maximum de niches écologiques, steppe découverte, jardin, abri d'animaux, terriers de rongeurs etc...et ceci, aussi bien en montagne qu'en piedmont et plaine.

Plusieurs stations furent échantillonnées à travers le territoire de la wilaya de M'sila, dont cinq, Bou-Saâda ; Ain El Hadjel ; M'sila ; Boukhmissa ; Ouled Madhi.

Pour les fluctuations saisonnières, l'activité des phlébotomes fut suivie hebdomadairement de mai à novembre à la station de Bou-Saâda (Palmeraie). Ce choix a été dicté par le nombre élevé de cas de leishmaniose humaine relevé autour de cette ville.

-Station de Bou-Saada : (35° 12' N / 04° 12' E)

Il s'agit d'un vieux moulin à eau dans la palmeraie de Bou-Saâda au bord de l'Oued. La construction de l'édifice remonte au siècle dernier, elle offre des conditions idéales de survie pour les phlébotomes : Obscurité, humidité et température modéré ; il est entouré d'un jardin de palmier dattier (*Phoenix dactylifera*), d'arbres fruitiers, *Prunus domestica*, *Punica granatum* et surtout *Ficus carica* ; le propriétaire y élève des chèvres, des poules et des pigeons.

-Station Ain El Hadjel : (35° 40' N / 03° 52' E)

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.

-Station Ouled Madhi: (35° 38' N / 04° 28' E)

Située au sud de M'sila, au cœur du périmètre irrigué du K'sob, traversée par la RN45, elle abrite le marché hebdomadaire des bestiaux. La principale activité agricole en est la céréaliculture associée à l'élevage ovin et bovin.

-Station M'sila (Localité de Nouarra) : (35° 39' N / 04° 31' E)

Zone de jardins de la ville de M'sila, longeant l'oued K'sob, elle s'étend sur environ 300 hectares de vergers, irriguée par les eaux du barrage du K'sob. Parallèlement à l'arboriculture, une activité d'élevage d'ovins et de bovin est y menée.

-Station Boukhmissa (35° 43' N / 04° 33'E)

C'est une localité située en aval du barrage du K'sob et s'étend jusqu'à limite de la ville de M'sila. A l'arboriculture sur le piémont est associé la culture maraîchère et la céréaliculture dans les plaines longeant l'oued K'sob ; l'élevage du bétail y est également pratiqué.

1.4.2. Technique d'échantillonnage

Deux techniques ont été employées pour l'échantillonnage des phlébotomes, la capture au papier adhésif et la capture au piège lumineux.

En ce qui concerne, l'étude des fluctuations saisonnières des phlébotomes, nous avons jugé utile de faire un travail sur la distribution temporelle et spatiale des phlébotomes. La finalité d'une telle étude est de dresser une carte de répartition géographique des espèces et de déterminer la période d'activité des phlébotomes. Ces données de base serviront par la suite dans un éventuel programme de lutte.

-Capture aux pièges huilés



Fig 11: Pose des pièges huilés (abri animaux et terriers de rongeurs)

Ce mode de capture est basé sur les propriétés attractives et engluantes de l'huile de ricin. Les pièges sont constitués de feuilles de papier blanc coupés en carrés de 20 cm de côté. On les imprègne en profondeur à l'aide d'un rouleau de peinture sur les deux faces d'huile de ricin officinal. Chaque feuille est montée à l'aide d'une tige métallique confectionnée en forme de pince. (Fig.11). Elle porte les renseignements concernant le site de piégeage, la date de capture et l'orientation des feuilles (Sud-est, Nord-ouest etc...).

Les pièges adhésifs ont été placés le soir avant la tombée de la nuit et retirés le lendemain matin. La période de capture s'étalait du mois de mai au mois de novembre. Le rythme des captures s'était effectué de façon irrégulière. Les phlébotomes capturés sont prélevés délicatement au pinceau puis conservés dans l'alcool à 95° dans des petits flacons contenant un morceau de papier sur lequel sont précisés au crayon noir : le numéro du piège, la localité, et la date du piégeage. Les résultats sont exprimés en nombre de phlébotomes par m² / nuit de piégeage (Rioux et al., 1967).

-Capture au Piège CDC

La technique des pièges CDC a été utilisée par plusieurs auteurs, à la fois pour inventorier et suivre l'évolution saisonnière des diptères ; Odetoyinbo (1969) avait le premier noté le succès des pièges CDC pour l'inventaire des vecteurs du paludisme, Bailly Choumara (1973) en utilisant la même technique, arriva à la même conclusion que celle de l'auteur sus cité et ce, aussi bien pour les Anophelinae, que pour les Culicinae. D'une manière générale, les phlébotomes à l'instar de beaucoup d'autres insectes (lépidoptères, diptères, cératopogonides et chironomides) sont attirés par la lumière à condition que son intensité ne soit pas forte, à noter

toutefois que l'attraction des insectes par la lumière diffère d'une espèce à une autre, certains possèdent un phototactisme positif, négatif ou indifférent (Rioux et al., 1970).

Le piège CDC est composé d'un aspirateur surmonté d'une ampoule électrique, le dispositif est alimenté par une batterie de 6 volts, le flux engendré par l'aspirateur dirige les insectes captifs vers l'intérieur d'une cage faite avec de la toile moustiquaire à mailles fines.

La capture se fait grâce à 4 pièges CDC, déposés dès le crépuscule et récupérés le lendemain matin. Les pièges sont placés au crépuscule, fonctionnent toute la nuit et sont récupérés tôt le matin.

1.4.3. Montage et conservation des phlébotomes

Les phlébotomes sont d'abord retirés de l'alcool puis mis à éclaircir pendant 2 heures dans une boîte de Pétri contenant la solution de Potasse à 20%. Après l'éclaircissement, les phlébotomes sont lavés quatre fois à l'eau de robinet pendant une heure. Chaque bain est changé toutes les 15 minutes. Après le rinçage on met les phlébotomes dans la solution de Marc-André et on laisse agir pendant une heure.

Chaque phlébotome est monté individuellement dans une goutte de la solution de Marc André, entre lame et lamelle, la tête en position dorso ventrale. L'identification est rapide, car les détails du cibarium du pharynx et des spermathèques sont nets et claires dans ce milieu.

Après identification les phlébotomes sont remis dans l'alcool à 70° pour être conservés. Pour l'identification des phlébotomes nous avons utilisé la table de la clé d'identification des phlébotomes d'Algérie établie par Dedet et al., (1984).

1.5. Etude du parasite

1.5.1. Techniques de prélèvement

3 souches de *Leishmania* de la wilaya de M'sila ont fait l'objet de ce travail, elles ont été isolées sur milieu NNN à partir de lésions cutanées actives chez des patients reçus à l'annexe pasteur de M'sila ,toutes les souches ont été conservées par repiquage tous les 8 jours sur milieu NNN,elles ont pour sigle (code) LIPA (Laboratoire de l'Institut de Pasteur Algérie)

- -MHOM/DZ/13/LIPA 341
- -MHOM/DZ/13/LIPA 342
- -MHOM/DZ/13/LIPA 447

1.5.2. Technique d'identification (typage iso enzymatique)

Cette méthode a comme principal objectif d'identifier la souche responsable de l'infection. Elle est basée sur le principe que chaque profil enzymatique est rattaché au complexe d'une espèce de *Leishmania*. Le typage enzymatique consiste à identifier le profil enzymatique de l'espèce en cause (Amrani et al.,2011).

Chaque souche est identifiée par rapport aux souches marqueurs provenant du l'unité de leishmaniose de l'institut de pasteur d'Algérie LIPA, elles portent toutes le code de l'OMS

Code OMS	Type de leishmanie	Zymodème	Origine	Mammifère
MHOM/DZ/07/LEM 75	<i>L.infantum</i>	Mon 1	France	Homme
MHOM/DZ/07/LEM 80	<i>L.major</i>	Mon 25	Algérie	Homme

1.5.2.1. Systèmes enzymatiques :

L'analyse électrophorétique est réalisée sur la base de quinze systèmes enzymatiques (Malate déshydrogénase[**MDH** EC 1.1.1.37]; Enzyme malique[**ME** EC 1.1.1.40]; 6-phosphogluconate déshydrogénase[**6 PGD** EC 1.1.1.44]; glucose-6-phosphate déshydrogénase[**G6PD**, EC 1.1.1.49]; Glutamate déshydrogénase [**GLUD**, EC 1.4.1.3]; NADH diaphorase [**DIA**, EC 1.6.2.2]; purine nucléoside phosphorylase[**NP1**, EC 2.4.2.1]; purine nucléoside phosphorylase[**NP2**, EC 2.4.2]; glutamate oxaloacétate-transaminase [**GOT1/GOT2** , EC 2.6.1.1]; Phosphoglucomutase[**PGM**, EC5.4.2.2]; fumarate hydratase[**FH**, EC4.2.1.2] ; Mannose phosphate isomérase [**MPI**, EC5.3.1.8]; glucose phosphate isomérase[**GPI** ,EC 5.3.1.9] ; Isocitrate déshydrogénase [**IDH**, EC 1.1.1.42]); certaines enzymes interviennent dans le cycle de Krebs , le cycle de pentose , et d'autre dans le métabolisme du glucose

Le typage iso-enzymatique a été effectué à l'Institut Pasteur d'Alger selon la méthode préconisée par Rioux et al.(1990)

Cette technique est aussi connue sous le nom de MLEE pour Multilocus Enzyme Electrophoresis. Elle permet d'étudier les variations de mobilité électrophorétique, pour une protéine de même fonction enzymatique, entre différents organismes. Cette mobilité est due à la charge électrique globale de l'enzyme, laquelle est une résultante de la charge élémentaire de chaque acide aminé. La mobilité reflète donc la structure primaire de la protéine. Seules les

mutations ponctuelles altérant la charge de la protéine sont détectables par cette méthode. En effet, cette variation de mobilité se traduit par des profils de niveaux différents. Pour cette raison, les isoenzymes peuvent être considérées comme des marqueurs génétiques car elles mettent indirectement en évidence des variations génomiques. Cependant, il faut tenir compte du fait que cette technique ne révèle que les mutations engendrant un acide aminé de charge isoélectrique significativement différente, soit en moyenne un tiers seulement (Mallorie, 2004).

1.6. Analyse statistique

1.6.1. Utilisation des indices écologiques

Les peuplements qui constituent une biocénose, peuvent se définir par des descripteurs qui prennent en considération l'importance numérique des espèces qu'ils comportent. Selon Ramade (1995) il sera possible de décrire la biocénose à l'aide de paramètres tels que la richesse spécifique, l'abondance dominance et la diversité.

-Abondance.

Elle quantifie le nombre des individus de toutes les espèces (peuplement), dans chaque relevé.

-Richesse spécifique (RS).

Elle représente le nombre d'espèces observées pendant une date précise.

-Indice de diversité de Shannon (H').

Il mesure le degré et le niveau de complexité d'un peuplement. Plus il est élevé, plus il correspond à un peuplement composé d'un grand nombre d'espèces avec une faible représentativité. A l'inverse, une valeur faible traduit un peuplement dominé par une espèce ou un peuplement à petit nombre d'espèces avec une grande représentativité.

L'indice de Shannon peut être calculé par la formule suivante :

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \log_2(p_i)$$
$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

n_i : Effectif de l'espèce n

N : Effectif total du peuplement

-Indice d'équitabilité (E).

Cet indice permet d'apprécier les déséquilibres que l'indice de diversité ne peut pas déceler. Ainsi, plus il se rapproche de un plus il est synonyme d'un peuplement équilibré. Il peut être calculé par la formule suivante :

$E = \frac{H'}{H_{\max}}$ $H_{\max} = \text{Log}_2(S)$	<p>H' = indice de diversité</p> <p>S = Richesse spécifique</p>
--	--

1.6.2. Statistiques multi variées

Pour le traitement statistique multi varié, en l'occurrence l'analyse en composante principale (ACP), nous avons eu recours au logiciel PAST version 3 pour analyser la distribution spatiale des phlébotomes dans le foyer du Hodna ainsi que l'élaboration des indices écologiques.

1.6.3. Géostatistique

De nombreuses méthodes ont été développées pour tester une tendance à l'agrégation de cas d'une pathologie. Elles ont pour objectif de mieux comprendre la distribution géographique des maladies et d'en étudier l'hétérogénéité spatiale. Une approche consiste à analyser globalement la distribution spatiale et temporelle d'une maladie. Une deuxième approche s'intéresse à l'estimation du risque d'une maladie par rapport à un point source (Elliot et al.2000).

Un cluster ou agrégat peut être défini comme une concentration de cas "anormalement élevée", supérieure à celle attendue, dans un groupe de personnes, une zone géographique ou une période de temps (Scott et Janikas, 2010).

Les tests proposés dans le but de savoir si les événements sont agrégés dans l'espace peuvent être classés selon leur objectif.

De nombreux tests statistiques ont été développés pour étudier la variabilité spatiale d'une maladie, ceux-ci incluent les tests globaux pour évaluer la tendance globale au clustering ou à l'agrégation de l'incidence d'une maladie dans une région d'étude (les tests de corrélation spatiale, par exemple), les tests de détection pour identifier la localisation des clusters potentiels et tester si ces derniers sont significatifs et les tests focalisés ou de concentration utilisés quand

une information permet a priori de spécifier une coordonnée géographique autour de laquelle la recherche d'un agrégat va se focaliser. Les méthodes de global clustering étudient la corrélation spatiale et détectent la tendance des cas à l'agrégation. Les méthodes de détection de cluster identifient les regroupements de cas incohérents avec l'hypothèse nulle de "no clustering" et évaluent leur niveau de significativité (Scott et Janikas, 2010).

L'outil Cluster (Anselin Local Moran's I) identifie des agrégats spatiaux d'entités présentant des valeurs d'attribut de même magnitude. L'outil identifie également des points spatiaux aberrants. Pour cela, l'outil calcule la valeur d'indice local de Moran, un score z, une valeur p et un code qui représente le type d'agrégat pour chaque entité. Les scores z et les valeurs p représentent la signification statistique des valeurs d'indice calculées. Nous nous intéressons ici aux données agrégées (Anselin, 1995).

L'indice local de Moran d'une association spatiale est donné par l'équation :

$$I_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} (x_j - \bar{X})$$

Où x_i est l'attribut de l'objet i ; \bar{X} est la moyenne de l'attribut, $W_{i,j}$ est le poids spatial des attributs et leur objets et

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n (x_j - \bar{X})^2}{n - 1} - \bar{X}^2$$

Avec n le nombre total des objets

Les statistiques du Zi score sont calculer par

$$z_{I_i} = \frac{I_i - E[I_i]}{\sqrt{V[I_i]}}$$

Où

$$E[I_i] = - \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ij}}{n - 1}$$

$$V[I_i] = E[I_i^2] - E[I_i]^2$$

2. Etude cartographique

2.1. Collecte des cartes et images

Les cartes d'état-major et les images satellitaires qui ont été utilisées dans ce travail , ainsi que d'autres cartes thématiques (phyto-écologie , géologie , bioclimat , pédologie etc...) ont été obtenus auprès de différents organismes (CNTC , INCT, HCDS , CADASTRE).

2.2. Traitement des images et cartes

Pour, le traitement des images et cartes, les logiciels ENVI, MAP INFO et ARC GIS ont été utilisés. Les données environnementales en relation avec le complexe pathogène de la leishmaniose ont été extraites après traitement approprié des images.

2.2.1. Cartographie paysagère

La carte d'occupation du sol représente des informations très importantes, ces dernières caractérisent au mieux le milieu physique. Ce document thématique va être intégré dans la base de données physique afin de caractériser et analyser ce milieu. La carte d'occupation du sol sert à informer le décideur sur une multitude d'informations selon qu'elle soit utilisée dans le domaine agricole, urbain et autre. Dans notre cas la carte sera utilisée pour analyser la végétation qui est un élément du complexe pathogène de la leishmaniose. Cette étape vise principalement à utiliser les images du satellite algérien Alsat 1 (une image d'avril 2004) pour la réalisation d'une carte d'occupation du sol sur une partie du bassin du Hodna. A cet effet, un logiciel ENVI 4.5 a été utilisé pour le traitement des images rasters. Les images traitées lors de cette première opération sont vectorisées et incorporées dans Map info 8.5, .ce qui permet de restituer l'image traitée et les différentes couches d'informations y afférentes. L'approche méthodologique a été conçue de telle façon à obtenir dans un premier temps, une composition colorée par repérage des échantillons et l'extraction des points d'appui. Ensuite une correction géométrique a été appliquée sur l'image afin de la géo- référencée par rapport à la carte topographique. Dans un second temps, une classification supervisée basée sur la méthode du maximum de vraisemblance a été utilisée sur les trois canaux choisis. La carte d'occupation ainsi réalisée par la classification a fait ressortir les différents thèmes choisis où les grands ensembles se distinguent nettement, caractérisant les différentes classes d'occupation.

L'approche méthodologique préconisée pour la réalisation de la carte d'occupation du sol est illustrée dans la figure (12).

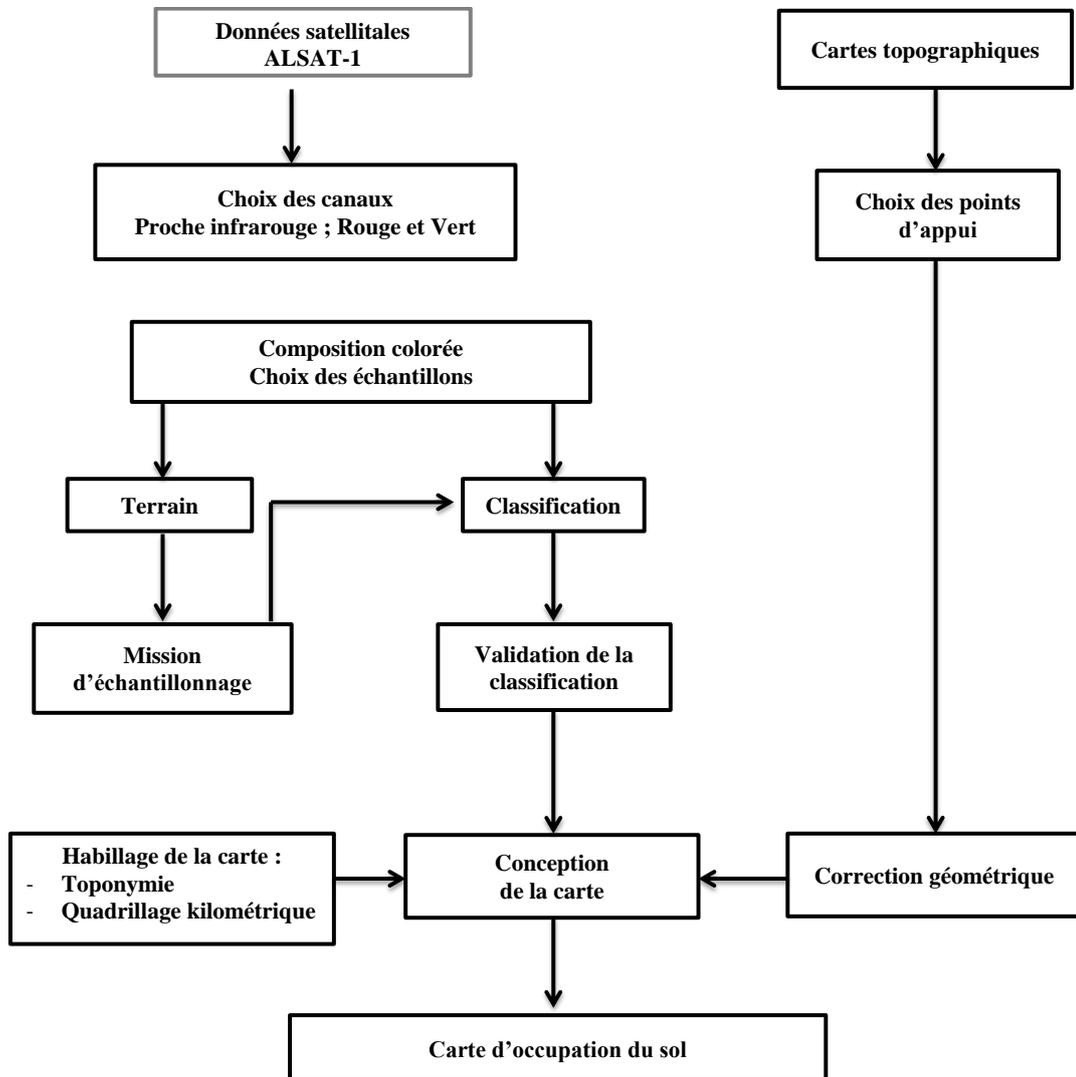


Fig.12 Approche méthodologique pour l'établissement d'une carte d'occupation

2.2.2. Cartographie épidémiologique

Pour l'étude de la répartition spatiale de la leishmaniose cutanée dans le bassin du Hodna, nous avons adopté la méthode des études écologiques

2.2.2.1. Description de la méthode

Il s'agit d'une étude épidémiologique rétrospective de la leishmaniose cutanée dans le bassin du Hodna, avec recueil de données réalisé sur 20 ans (1982-2002) auprès des directions de la santé et service de prévention des sept wilayates qui forment le bassin. Les données

monographiques ont été compilées à partir des différents rapports émanant des directions de la planification et de l'aménagement du territoire des wilayates concernées ainsi que différentes études réalisées sur la région, consultés auprès des organismes de recherches, notamment le BNEDER, l'HCDS et le CRSTRA.

Les données recueillies ont été les suivantes :

- (i) : carte vectorisé de délimitation des wilayates et des communes ;
- (ii) : données démographiques 1998 et la superficie de chaque commune ;
- (iii) : données sur les statistiques sanitaires de la leishmaniose cutanée ;

Les logiciels **ENVI 4.4, Vertical Mapper et Map Info 8 et ARC GIS 10.1** ont été utilisés pour extraire les données environnementales les plus susceptibles d'agir sur le complexe pathogène, à savoir l'élaboration d'un MNT , la carte d'occupation des sols, la carte du réseau hydrographique, la carte de topographie, ainsi que la numérisation de nombreuses cartes thématiques de la région du Hodna. Par ailleurs les données biologiques sur les phlébotomes : inventaire, répartition et fluctuation, et le réservoir : inventaire et répartition ont été recueillies.

Pour la constitution du SIG, les données recueillies ont été triées, puis analysées avec le logiciel Epi-Info 6.04. L'établissement des cartes et les analyses spatiales telles que requêtes SQL et analyses thématiques linéaires ont été réalisées avec le logiciel Mapinfo8 et le logiciel Geoda .

2.2.2.2. Raison du choix

Le risque de transmission de la leishmaniose se base sur la probabilité de présence des trois facteurs qui constituent le cycle de transmission de la leishmaniose cutanée zoonotique : Homme- vecteur- réservoir.

La carte de risque est établie en se basant sur la probabilité de présence de ces trois facteurs dont le score final obtenu permet d'estimer le risque.

Cette carte établie pour une région connue pour être un foyer actif de la leishmaniose cutanée, le Hodna, permet par extrapolation à des régions similaires d'estimer le risque de déclaration de la maladie si ces trois facteurs sont présents.

Le risque final est apprécié par addition des scores obtenus pour chaque strate d'altitude.

Les données groupées par communes sont visualisées, grâce à un logiciel de système d'information géographiques SIG (Mapinfo 8) par entité géographique. La saisie des données sous Map info, permet de réaliser les requêtes spatiales entre les variables retenues pour l'étude de la leishmaniose, notamment les études de cluster.

2.3. Carte de répartition des réservoirs

La répartition des rongeurs réservoirs (*P.obesus* et *M.shawi*) a été faite par positionnement géographique et localisation des terriers actifs des rongeurs dans le bassin du Hodna selon des itinéraires transect du Nord au Sud et d'Est d'Ouest. Les niches écologiques potentiels d'abriter ces deux espèces ont été prospectées.

Pour l'élaboration de la carte répartition des rongeurs, nous avons eu recours à une base de données sous MAP INFO 8. qui regroupe tous les points géo référencés des gîtes ainsi que les observations y afférentes. Une image satellitale géo référencée à l'échelle du bassin, nous a permis d'élaborer la carte de répartition des phlébotomes dans le bassin du Hodna. Par ailleurs une image Alsat 2004 a été utilisée comme support pour la réalisation de cartes paysagères qui permettent d'identifier les territoires potentiels des deux rongeurs gerbillidés incriminés dans la transmission de la leishmaniose cutanée.

2.4. Carte de répartition des phlébotomes vecteurs

L'étude entomologique sur les phlébotomes réalisée auparavant dans différentes stations du bassin du Hodna, nous a permis de dresser la carte de leur répartition spatiale. La carte de répartition des phlébotomes a été réalisée de la même façon que celle des rongeurs. Une table thématique sous Map info 8 fut élaborée à laquelle a été associée une base de données regroupant toute les informations écologiques du site de capture.

3. Méthode de lutte contre la leishmaniose cutanée

3.1. Zone d'étude

La wilaya de M'sila vient en tête des régions de l'Algérie où l'on enregistre la plus forte incidence de la leishmaniose cutanée (DSP, 2004). Longtemps signalée dans les zones rurales, au nord comme au sud, en plaine qu'en montagne, la maladie frappe de plus en plus les grands centres urbains. Les autorités sanitaires, alertées par cette recrudescence de la LCZ et afin d'en limiter sa transmission ont mis en œuvre différentes actions de luttés chimiques par emploi d'insecticides et luttés physiques par assainissement du milieu autour des habitations.

La wilaya de M'sila est située entre 35°18' et 35°32' Nord et 4°15' et 5°06' Est, à 240 Km au sud-est d'Alger (Fig 13), elle fait partie de la cuvette endoréique du Hodna caractérisée par quatre grands ensembles structuraux, zone de montagne, zone de piémont, zone de plaine et plaine inondée (Sebkha). Elle compte un million d'habitants dont 65% réside en zone urbaine. L'agropastoralisme, associé au petit élevage constitue l'activité économique principale de la population de la région. Le climat y est aride avec une pluviométrie qui oscille entre 100 mm et 250 mm par an.

On distingue une végétation halophyte au voisinage d'une étendue d'eau salée permanente (chott), représentée principalement par les espèces *Atriplex halimus*, *Salsola tetrandra*, *Salsola vermiculata*, *Salicornia fruticosa*, *Suaeda fruticosa* et *Anabasis oropetiorum* et plus à l'intérieur, sur la steppe rocheuse, une végétation formée essentiellement de *Stipa tenacissima*, *Artemisia herba alba* et *Lygeum spartum* (Le Houerou, 1977)].

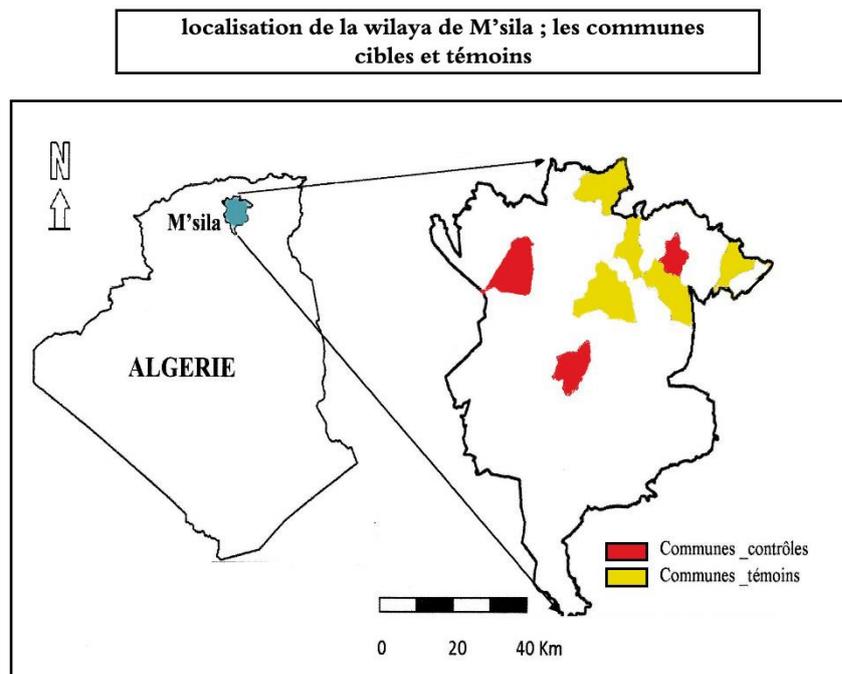


Fig .13 localisation de la wilaya de M'sila ; les communes cibles et témoins

3.2. Données épidémiologiques

Les données épidémiologiques sur les cas de leishmaniose cutanée, par année et par commune, nous ont été fournies par les services de prévention de la direction de santé du département de M'sila (DSP,2004)

En Algérie, la leishmaniose cutanée est une maladie à déclaration obligatoire. La déclaration des cas se fait sur un imprimé préétabli conçu à cet effet par la direction de la prévention du ministère de la santé et de la population. Ce relevé comprend un certain nombre de variables (nom, prénom, âge, sexe, nombre et lieu des lésions, origine géographique, etc...). L'ensemble des médecins, pharmaciens et les responsables des laboratoires quelque soit leur lieu et régime sont tenus de déclarer au service d'épidémiologie et de médecine préventive le résultat de l'examen parasitologique de tous les cas détectés. Cependant, malgré ce dispositif, la sous-déclaration reste importante.

3.3. Choix des communes

Deux critères ont été retenus pour faire le choix des communes cibles pour le lancement du programme pilote de lutte contre la leishmaniose (fig.13) :

- Le premier est basé sur le nombre de cas de LCZ enregistré et notifié par la direction de la santé de la wilaya de M'sila (maladie à déclaration obligatoire). Les communes choisies sont les plus touchées au cours de cette période (DSP, 2004);
- Le deuxième est le nombre de terriers actifs par hectare, établi sur la base d'observation de terrain à la recherche d'indices d'activité et sur la base de rapports émanant de l'inspection vétérinaire de la wilaya de M'sila, relatif à la pullulation et l'infestation des zones agricoles par le rongeur *M. shawi* (DSA, 2004).

Cinq communes ont ainsi été sélectionnées, elles se répartissent en 2 classes :

- a. Urbaines
 - M'sila (Chef lieu de la wilaya), ville de plus de 100.000 habitants.
 - Hammam Dalaa et Magra, villes de moins de 50.000 habitants.
- b. Semi-urbaines
 - Chellal et Souamaa

Trois communes servant de témoins appartenant à une classe ont été également choisies :

- a. Urbaines
 - Bou Saâda, ville de plus de 100.000 habitants
 - Ain El Hadjel et Ouled Derradj, villes de moins de 50.000 habitants.

La population de ces communes est établie sur la base du recensement général de la population et de l'habitat (RGPH, 1998).

3.4. Méthodes de lutte

Le principe de la lutte se base sur les connaissances scientifiques acquises dans l'éco-épidémiologie de la leishmaniose cutanée zoonotique à *L.major* en particulier du vecteur (*P.papatasi*) qui est très abondant dans les terriers du rongeur réservoir (*P.obesus*), et de son périmètre d'envol, n'excédant généralement pas 1 km (Rioux et al.,1979 ; Killick-Kendrick,1990 ; Izri et al.,1998). L'enlèvement des plantes chénopodiacées, nourriture exclusive de *P.obesus* autour des habitations sur un rayon de 300 à 500 mètres assure une protection contre le risque de transmission (Kamhawi et al.,1993).

3.4.1. Délimitation du périmètre

Après délimitation du périmètre à traiter, un désherbage sélectif est effectué à l'intérieur d'une zone tampon dont l'étendue est calculée sur la base du rayon d'action limité du vecteur *P.papatasi* (Killick-Kendrick, 1990), et ce par arrachage et déracinement de plantes chénopodiacées à l'aide de pioches et de pelles et incinération des plantes extirpées, selon les clauses techniques énumérés ci-après :

- i. Les quantités des travaux exécutés seront évaluées par hectare contradictoires entre le représentant de l'administration et le contractant.
- ii. Désherbage et enlèvement des plantes chénopodiacées autour des hameaux et dans les zones périurbaines sur un rayon de 500 mètres. Les plantes chénopodiacées incriminées sont :*Atriplex halimus*, *Sueda fruticosa*, *Salsola tetrandra*, *Salsola vermiculata*, *Salicornia fruticosa*, *Anabasis oropediolum*.
- iii. Transport des déchets vers la décharge publique

3.4.2. Recrutement du personnel.

Des travailleurs temporaires sont recrutés et organisés en équipe de 33 personnes en moyenne par projet. La liste des ouvriers est établie parmi les chômeurs demandeurs d'emploi, inscrits auprès du bureau local de main d'œuvre. La part des salariés doit avoisiner 60% du budget alloué pour chaque projet. Un contrat avec un cahier de charge est signé entre l'entreprise de réalisation, le bureau d'étude chargé du suivi et la direction de l'action sociale de la wilaya.

La supervision des activités est assurée par l'annexe de l'Institut Pasteur de M'sila et le centre national de référence des Leishmanioses. Des prises de photos des espaces à traiter sont faites avant et après les travaux.

3.4.3. Financement du programme

L'agence de développement social (ADS) assure le financement des projets en faveur des populations démunies et du développement communautaire. Chaque projet est doté d'une enveloppe de 1 à 2 million de Dinars Algérien.

CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Etude épidémiologique

L'étude épidémiologique interprète les résultats de l'enquête rétrospective à travers l'évolution annuelle et mensuelle des cas de leishmaniose, la répartition spatiale de la leishmaniose par commune du bassin du Hodna, ainsi que les résultats de l'étude clinique.

1.1. Enquête épidémiologique rétrospective de la L.C.Z

1.1.1. Evolution annuelle de la L.C.Z

La courbe d'évolution temporelle de la leishmaniose cutanée par année (1995-2009) dans la wilaya de M'sila, montre une allure en dent de scie, révélant la nature endémo-épidémique de la maladie (fig. 14). A chaque épidémie, s'ensuit une période d'accalmie qui dure de 2 à 3 années. Chaque année, des cas sont déclarés dans les toutes les communes de la wilaya, en période inter-épidémique, le nombre est de l'ordre des centaines, toute fois, tous les trois à quatre ans se déclare une épidémie qui touche de milliers de personnes.

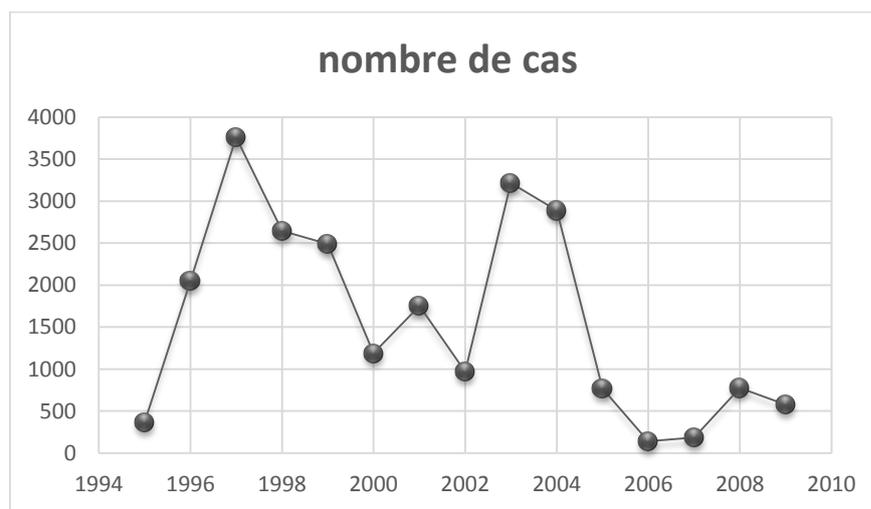


Fig 14. Courbe d'évolution temporelle (annuelle) de la leishmaniose cutanée (1995-2009) dans la wilaya de M'sila

Le grand premier pic épidémique a été enregistré en 1997, où 3761 cas, furent déclarés, cette épidémie est typique de l'évolution de la leishmaniose cutanée dans les foyers endémique qui connaît une périodicité de 3 à 4 années. Cette évolution cyclique a été bien établie par les modèles de simulation (Boudrissa, 2005). La grande épidémie de leishmaniose cutanée de 2005, qui a frappé pratiquement tout le pays, faisait suite à une année où la pluviométrie était exceptionnelle, rien qu'en deux mois (mars , avril) ;il est tombé l'équivalent d'une année de pluie dans la région de M'sila (230 mm) , la saison a été également décisive dans l'installation

de l'épidémie, car cette forte pluviométrie, favorisa une forte poussée végétative au printemps qui alimenta toute la chaîne trophique, support du complexe pathogène de la leishmaniose cutanée. Le graphique montre que, les épidémies de leishmaniose cutanée surviennent de façon périodique tous les 3 à 4 ans. Cette périodicité est imputable aux événements climatiques qui montrent pour la région du Maghreb l'alternance de période sèche et période humide ; l'allure de la courbe est, à priori, corrélée avec le couple sécheresse/ humidité. En couplant les données épidémiologiques avec les données climatiques, notamment la pluviométrie l'on se rend compte qu'effectivement les pics épidémiques sont bien corrélés aux années pluvieuses. Il est admis maintenant que l'eau joue un rôle important dans la dynamique des complexes pathogènes. L'évolution de la maladie est dépendante de l'interrelation des facteurs biotiques et abiotiques. Cette évolution est caractéristique des épidémies de leishmaniose cutanée qui évoluent de la manière suivante :

a)- une évolution violente liée à un cycle instable, résultant du cours de l'épidémie dans une région nouvellement infestée et où la population n'est pas immunisée, elle est liée aussi à l'espèce du rongeur réservoir en cause, sa densité, sa distribution vis-à-vis des habitations.

b)- une évolution lente et régressive liée à un cycle stable, résultant de l'acquisition de l'immunité et quand l'épidémie aurait occupé tout le territoire.

L'endémicité de la maladie est liée au cycle stable entretenu par *P.obesus*, limité géographiquement aux seules steppes crassulescentes, dont les populations ne connaissent pas de pullulation à l'instar de *M shawi*, ce dernier est responsable des flambées épidémiques corrélées avec l'abondance de la nourriture (année pluvieuse).

Dans les foyers anciens, la maladie touche les sujets jeunes, particulièrement les nourrissons, cela a été constaté à Biskra où 80% des patients sont des enfants (Belazzoug et al, 1979). Le nombre de cas/ an peut être lié dans les foyers anciens à l'indice de natalité.

Après cette alarmante recrudescence de la leishmaniose, le ministère de la santé a lancé un programme de lutte contre le phlébotome par l'utilisation de la Deltaméthrine. Par ailleurs, le ministère de l'agriculture a renforcé également le dispositif de lutte contre le rat des champs. Toutes ces actions concertées ont permis d'obtenir des résultats encourageants sur l'évolution de la maladie (baisse significative de l'incidence), cependant les objectifs atteints diffèrent d'une wilaya à une autre.

1.1.2. Evolution mensuelle de la LCZ

La répartition mensuelle de la leishmaniose cutanée (fig. 15) montre un pic saisonnier entre décembre et janvier. Les premiers cas humains commencent à apparaître à la fin de la saison chaude puis, en automne, le nombre de cas augmente régulièrement jusqu'à ce qu'il atteigne un pic entre décembre et janvier, après quoi, le pic redescend progressivement jusqu'à ce qu'il s'annule en période estivale.

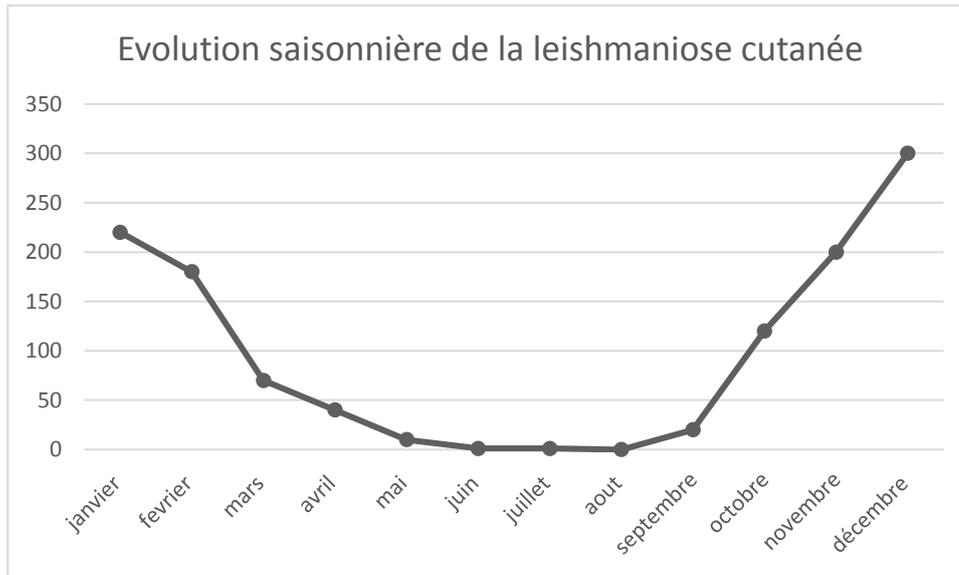


Fig.15 Evolution mensuelle de la leishmaniose cutanée (moyenne mensuelle sur plusieurs années (1995-2000) .

L'application du Ratched circular Scan Test sur les données épidémiologique à l'effet de tester la variabilité saisonnière a révélé que le mois de décembre et janvier totalisent à eux seuls 48.7% des événements la valeur de P est hautement significative $P < 0.005$

Les causes de la survenue des épidémies peuvent être d'origine naturelle, liés le plus souvent aux paramètres climatiques surtout la pluviométrie, mais également anthropique, ie modifications environnementales et facteurs socio-économiques (Boudrissa, 2005). A propos de la grande épidémie de 1997, et ses causes, elles sont liées à la dégradation de la situation sécuritaire associée au terrorisme et ses différents corollaires. Au cour de cette période, les villes ont connu un grand afflux de la population rurale. Les nouveaux venus ont érigé des habitats précaires à la périphérie urbaine. Les conditions d'hygiènes lamentables qui y régent ont favorisé le développement des facteurs biotiques de la maladie. Ce sont les grandes

agglomérations urbaines de la wilaya (M'sila, Bou-Saada, Sidi Aissa, Ain El Hadjel, Magra, Hammam Dalaâ) qui ont enregistré le plus de cas (fig 16).

1.1.3. Répartition de la L.C.Z. par commune de la wilaya de M'sila

La répartition de la leishmaniose cutanée dans les communes de la wilaya de M'sila, révèle une forte incidence de la maladie dans les communes abritant des agglomérations urbaines, ainsi en est-il de M'sila, Bou Saâda, Sidi Aissa et Ain El Hadjel.

L'Algérie, tout comme les pays du monde, s'urbanise de plus en plus (UN-Habitat, 2010). S'observe, ces dernières années, une forte tendance à l'urbanisation conséquemment à la politique sociale de l'état et ce par la création de nouveaux pôles urbains où des milliers de logements sociaux sont créés. D'ailleurs cela apparaît nettement dans la comparaison entre les deux recensements de la population de l'Algérie (1998-2008) où la tendance se confirme avec l'émergence de nouvelles villes de plus de 100.000 habitants. Par ailleurs, la situation sécuritaire qu'a connue le pays (1992-2002) a poussé la population rurale à s'installer dans des villes qui n'ont pas des capacités d'accueil satisfaisantes, situation qui a favorisé l'émergence d'immenses quartiers illicites, où les commodités de vie sont insuffisantes, voire absentes. Ces conditions de mauvaises hygiènes ont constitué le lit aux développements des maladies transmissibles, dans les cités périphériques à l'interface péri-urbaine. C'est ce qui le confirme les statistiques sanitaires de la wilaya de M'sila, qui révèlent une forte prévalence de la leishmaniose dans les grands centres urbains (M'sila, Bou Saâda, Sidi Aissa et Ain El Hadjel).

1.1.4. Répartition de la L.C.Z. par type de commune de la wilaya de M'sila

Trois types d'établissement humain existent dans la wilaya de M'sila (Agglomération Chef-lieu, Agglomération secondaire, zone éparse), la population est inégalement répartie entre ces trois zones, selon l'importance et le poids de chaque agglomération dans ses limites communales. Par ailleurs les agglomérations sont classées en urbaine, semi-urbaine et rurale.

Cette hiérarchisation a son importance si l'on se réfère aux statistiques sanitaires qui soulignent le poids des villes dans les indicateurs de morbidité des maladies transmissibles.

Un peu plus de 65% de la population de la wilaya de M'sila, qui avoisine 1 million d'habitant (RGPH, 2008), occupent les villes (fig. 17). Ces dernières, forment un chapelet

entourant une partie centrale de la wilaya, la sebkha. Elles occupent la plaine et le piémont. La densité de la population est beaucoup plus importante au Nord qu'au Sud.

Les régions montagneuses du Nord et du Sud comptent une population qui est dispersée entre agglomérations secondaires et zones éparses

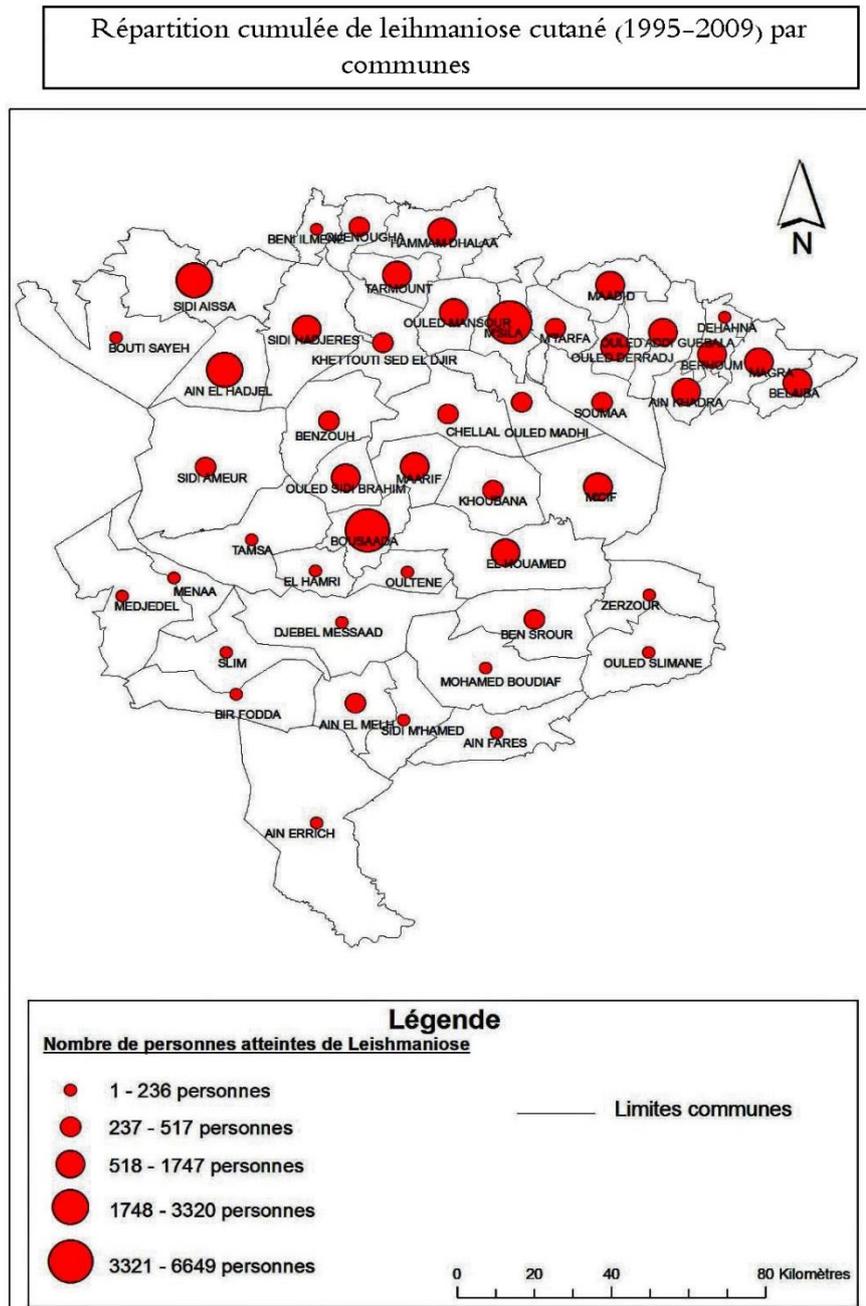


Fig 16 : Répartition cumulée des cas de leishmaniose cutanée (1995-2010) par communes (wilaya de M'sila)

Répartition de la population par communes de la wilaya de M'sila et typologie urbaine

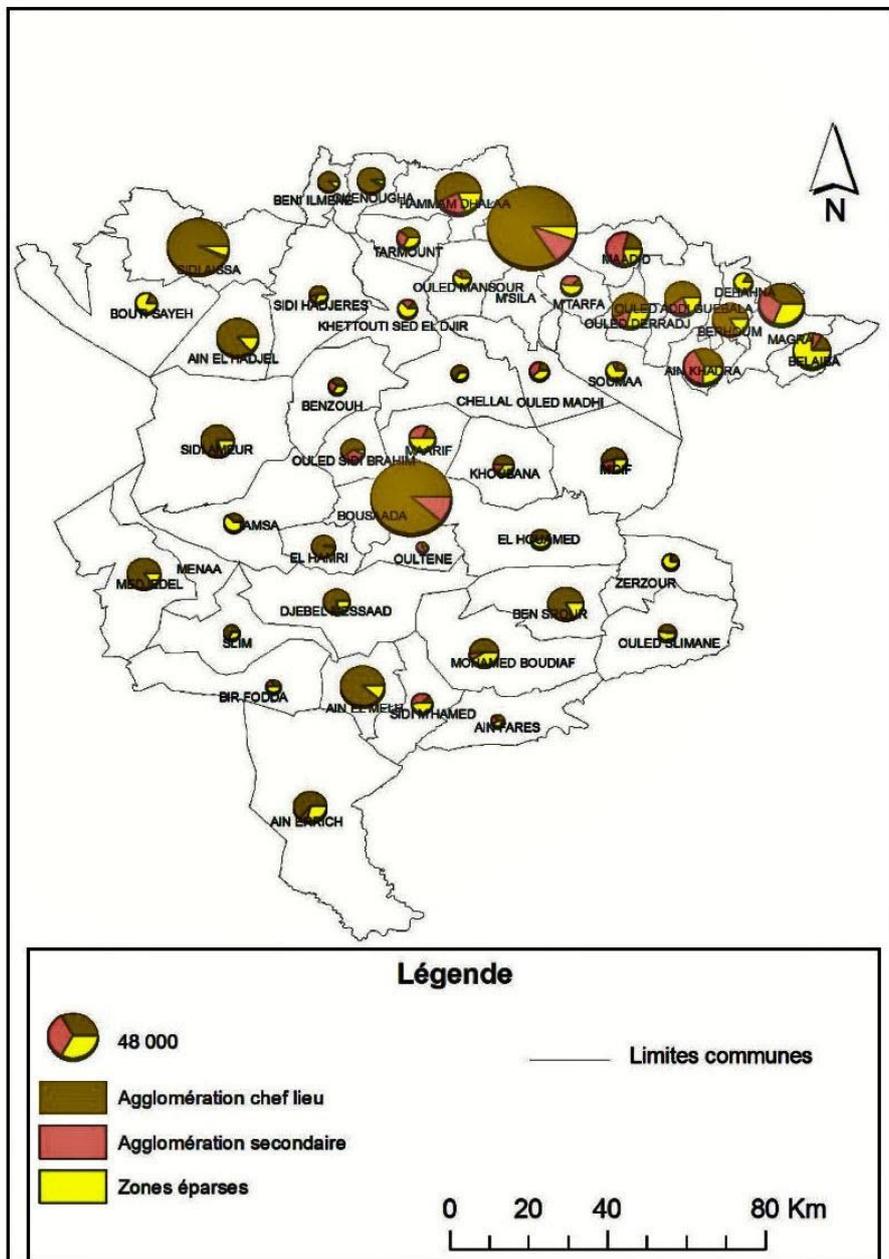


Fig 17 : Répartition de la population par communes de la wilaya de M'sila et typologie urbaine (RGPH, 2008).

1.1.5. Carte de répartition spatiale de la L.C.Z.

La carte de répartition spatiale de la leishmaniose cutanée zoonotique en Algérie, révèle des wilayates à forte incidence ; la plupart d'entre elles sont situées au Sud Est de l'Algérie, les 2 wilayates relevant du Bassin du Hodna (M'sila et Batna) enregistrent à elles seules plus 40% de l'incidence nationale, ces deux dernières avec Biskra englobe 65% de l'incidence nationale. (Fig.18). Dans la zone géographique du Sud-Est de l'Algérie à forte prévalence de la L.C.Z, c'est la région relevant du bassin hydro géographique du Hodna qui concentre le plus de cas.

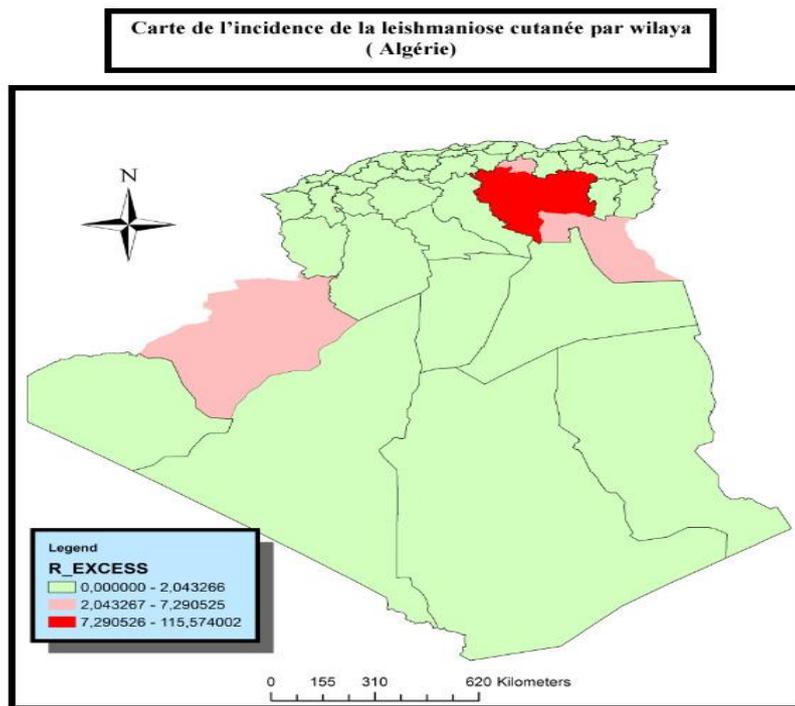


Fig18 : Incidence de la leishmaniose cutanée zoonotique par wilaya

Ce bassin, délimité par la ligne de partage des eaux, chevauche sept wilayates M'sila (47 communes); Batna (26 communes); Sétif (3 communes), Djelfa (2 communes), Bouira (5 communes), Médéa (6 communes), BBA (14 communes). Les cartes de répartition de la leishmaniose cutanée zoonotique par communes (bassin du Hodna) et par année (1995-2002) sont rapportées ci-après (Fig 19).

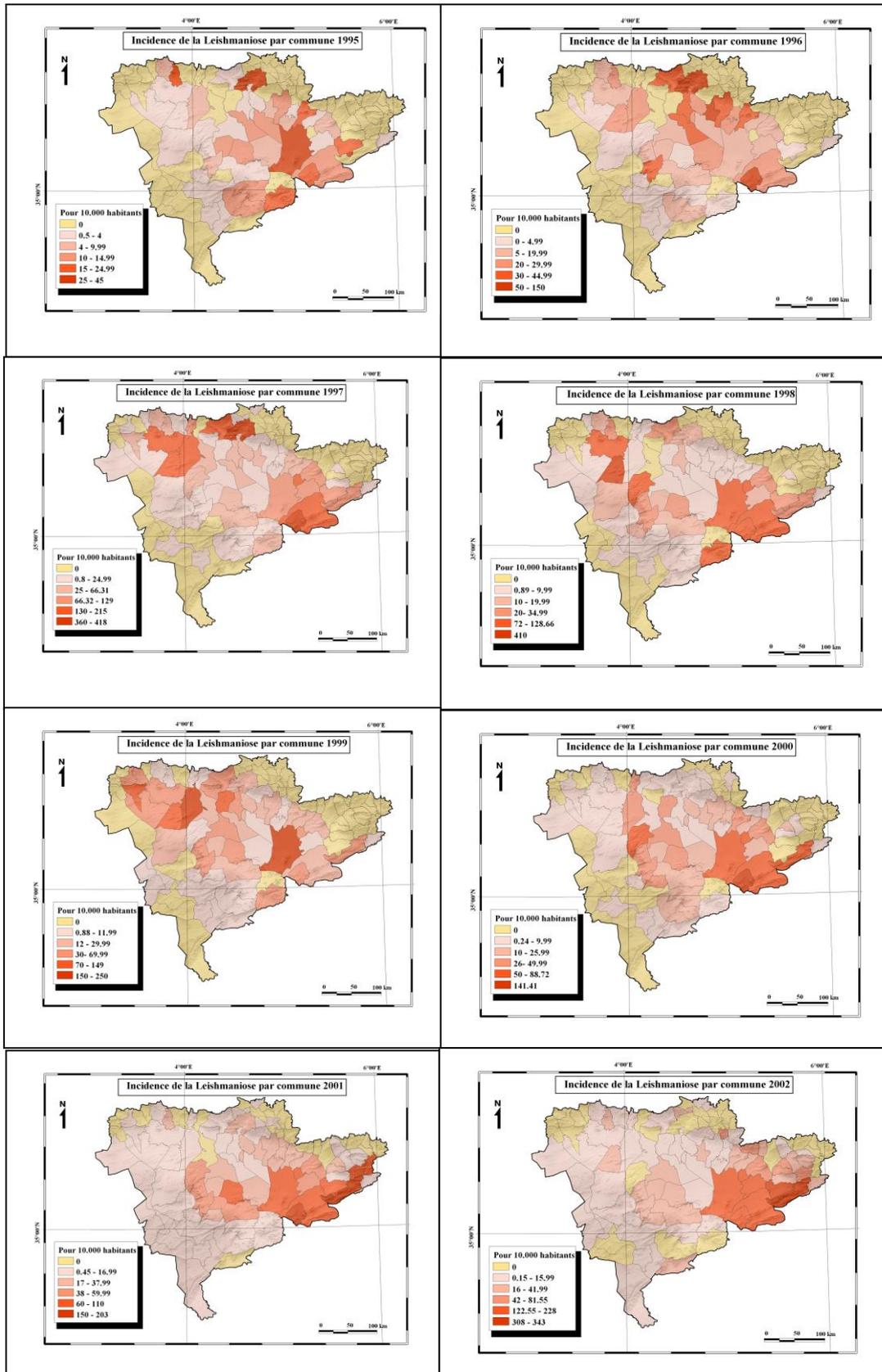


Fig.19 Carte d'incidence de la leishmaniose cutanée zoonotique de la LCZ dans le bassin du Hodna (1995-2002) (Algérie).

La maladie est à forte prévalence dans des communes plus que d'autres. Chaque année, cette forte prévalence se déplace vers d'autres communes, mais reste limitée spatialement aux seules communes situées dans la plaine et le piémont.

De la lecture des cartes, il apparaît que la leishmaniose a une inégale répartition de l'incidence selon la stratification physique du bassin, zone de montagne, piémont ou plaine. Ainsi se sont les communes qui se trouvent dans la plaine et le piémont qui enregistrent le fort taux d'incidence ; notamment au Sud-Est du bassin. Plus on remonte vers le piémont, plus le nombre de cas diminue. Par ailleurs, les communes ayant des grandes agglomérations urbaines, comme M'sila Bou-Saada et Sidi Aissa sont les plus affectées par la leishmaniose, chiffres révélateurs d'une urbanisation de la leishmaniose qui se déclare le plus souvent chez la population qui vit à l'interface milieu urbanisé –milieu naturel. La carte des incidences cumulée révèle que ce sont les communes de l'est du bassin du Hodna (wilaya de Batna) qui sont les plus touchées ; l'incidence cumulée de la leishmaniose par wilaya, fait apparaître la localisation des forts taux dans les communes situées au sud-est à la lisière du chott.

1.1.6. Etude clinique

Les principales informations sur la clinique de la maladie sont tirées du dépouillement des fiches d'enquêtes.

La maladie frappe sans distinction les deux sexes (fig.20.) avec cependant une légère prédominance est notée en faveur du sexe masculin, toutes les tranches d'âges sont atteintes y compris celle supérieure à 60 ans, les tranches d'âge, jeunes enfants (5-14) (population neuve) et adulte jeune (20-29) (population active) sont les plus touchées (fig. 21). Plus de 50% des malades n'ont qu'une lésion unique (fig.22). Les observations faites sur les patients, révélaient pour certains d'entre eux, une cicatrice ancienne typique d'une leishmaniose. La leishmaniose est une maladie qui, une fois déclarée chez un patient, lui confère une immunité définitive. On ne pourra pas attraper une deuxième fois la leishmaniose pour une même souche parasitaire (Dedet, 1999). Ainsi, l'apparition de la leishmaniose chez un patient porteur de cicatrice qui évoque une ancienne lésion leishmanienne, laisse présager une forte suspicion de la circulation d'une autre souche parasitaire dans le foyer du Hodna.

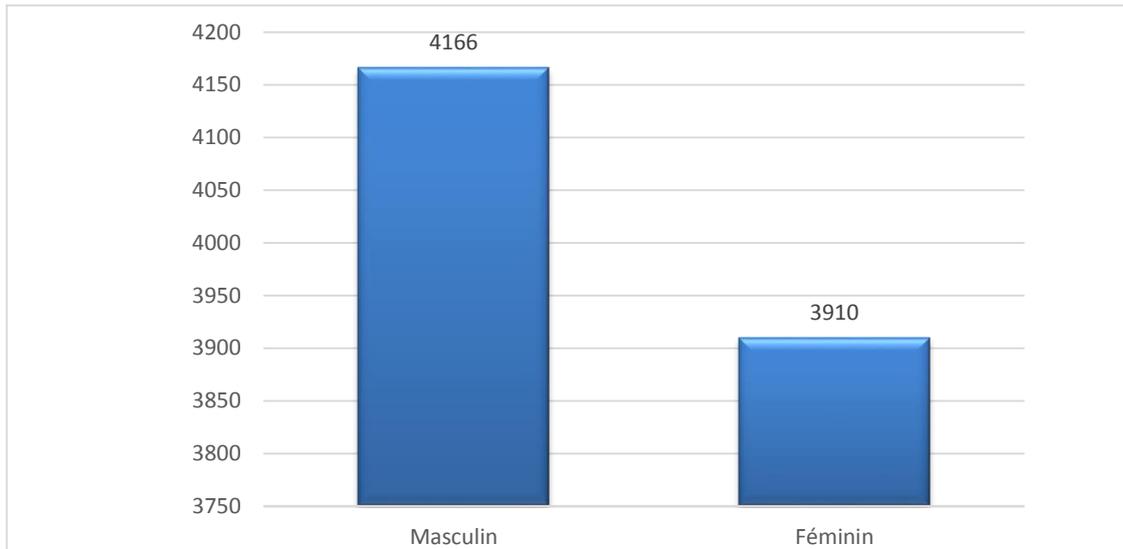


Fig.20. Répartition de la leishmaniose cutanée par sexe (Bou –Saada)

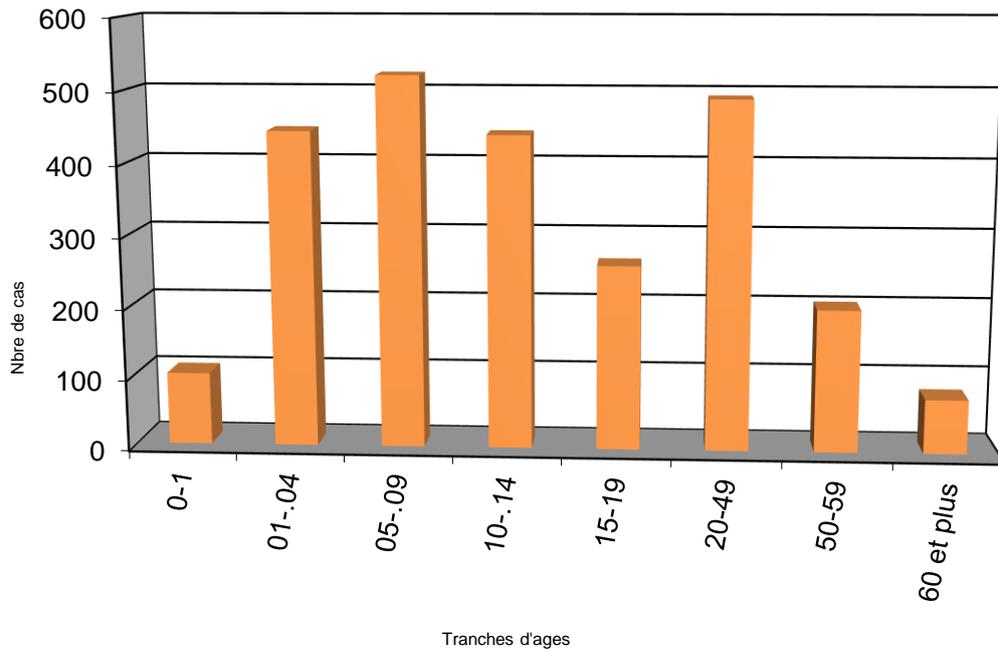


Fig.21. Répartition de la leishmaniose cutanée par tranches d'âge (Bou –Saada)

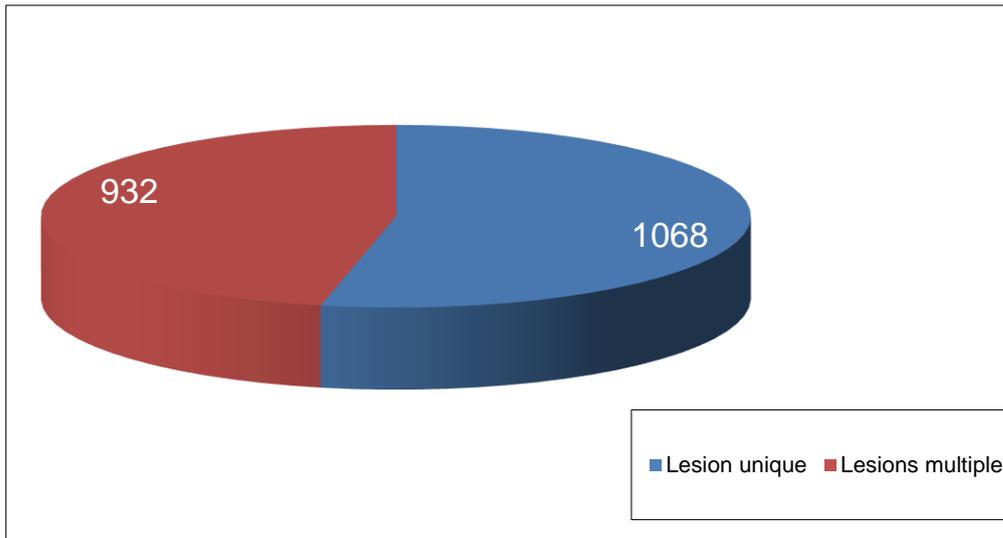


Fig.22. Répartition des malades par nombre de lésions (Bou –Saada)

1.1.6.1. Répartition des cas de leishmaniose par classes d'Age

La répartition des cas par tranches d'âge, montre que le jeune adulte et l'enfant totalisent plus de 70 % des cas. Cette affection est prédominante chez les jeunes, car leur statut immunitaire est vulnérable. Cette tendance de la leishmaniose de toucher la frange juvénile est le propre des foyers anciens dont l'incidence suit le taux de natalité (Belazzoug, 1983). Il n'existe pas de différence entre les deux sexes.

1.1.6.2. Répartition des cas de leishmaniose par siège de lésions

Les parties du corps découvertes et exposées aux phlébotomes sont porteuses de lésions, cependant la fréquence de distribution de ces lésions diffèrent d'une personne à une autre, généralement le visage, les membres supérieurs et inférieurs sont les sites qui attirent le plus les phlébotomes (fig.23). Dans la présente étude, ces sites totalisent 80% des lésions. Le pourcentage élevé des atteintes au visage a des répercussions psychiques non négligeable, notamment chez la jeune fille dans la mesure où cette affection laisse des traces indélébiles et des cicatrices préjudiciables à la beauté de la femme. Les lésions des membres inférieurs sont également embarrassante en période hivernale, elle empêche souvent le patient de porter des souliers qui le protègent du froid ; ces lésions du pied peuvent constituer également un souci supplémentaire pour les malades diabétiques, maladie chronique de plus en plus fréquente chez les Algériens, dont les cicatrices guérissent difficilement et peuvent se compliquer en nécrose.

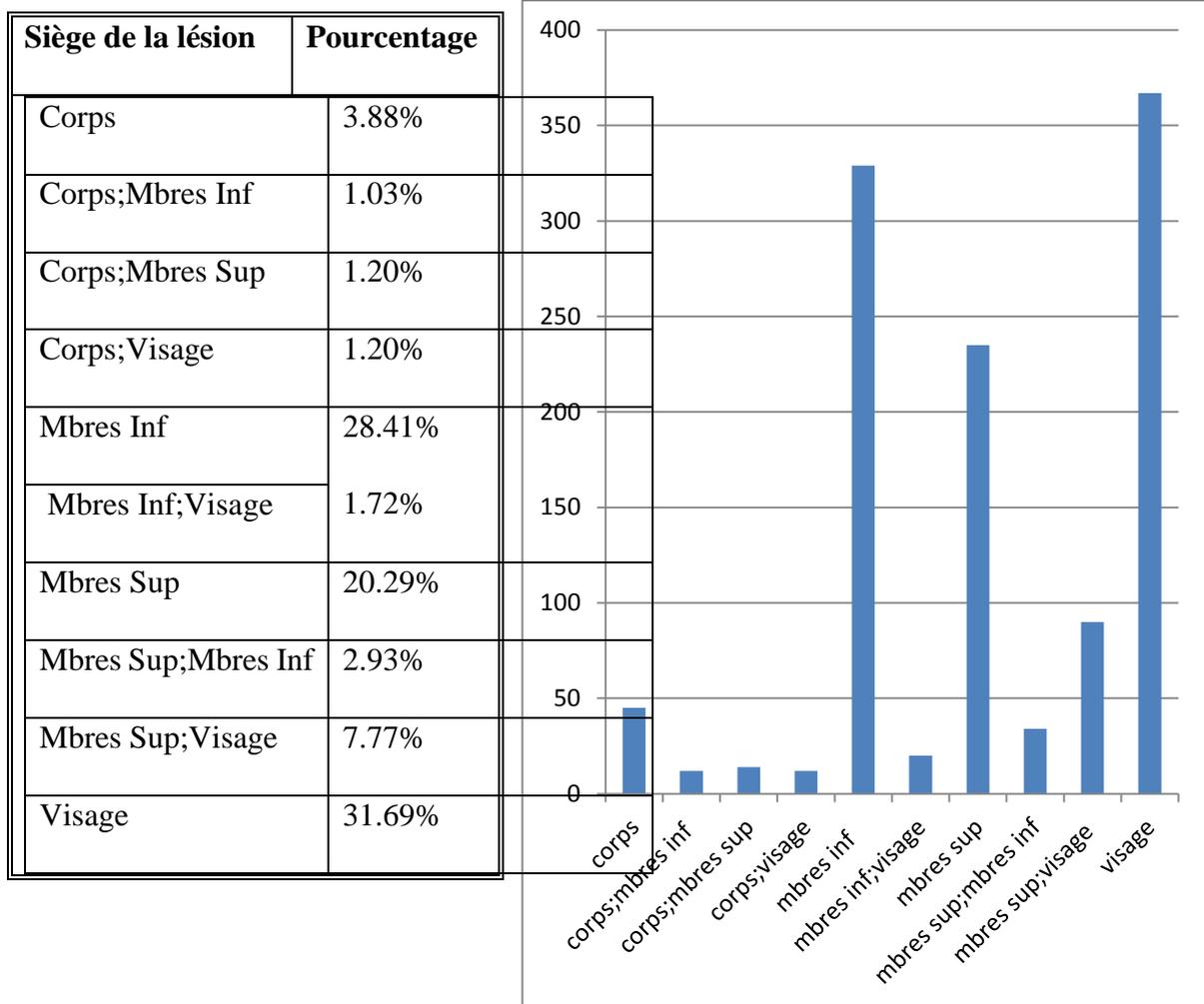


Fig.23-Répartition de la leishmaniose par siège de lésion

La répartition des cas de leishmaniose par nombre de lésions révèle que la moitié des cas portent des lésions multiples ; il n'y a pas de différence entre sexe ou âge quant au nombre de lésions. La leishmaniose cutanée à *L.major* est caractérisée par la multiplicité des lésions, elle peut atteindre parfois plus de 60 (Belazzoug, 1983). Les lésions des membres supérieurs, inférieurs et visage, réunies totalisent plus de 80% des cas. Le visage vient en première position, ce qui dénote la gravité de cette affection qui bien qu'elle ne soit mortelle n'en laisse pas moins des cicatrices, défigurantes chez les patients notamment du sexe féminin (fig.24).



Fig. 24 : Différents aspects cliniques de la leishmaniose cutanée zoonotique chez les enfants prélevés au niveau de l'annexe Pasteur de M'sila

1.2. Etude épidémiologique de la leishmaniose dans la ville de Bou-Saada

1.2.1. Répartition des cas de leishmaniose cutanée par secteurs urbains

Les résultats de l'enquête par secteur urbain font ressortir que la répartition de la leishmaniose cutanée s'établit comme suit (fig.25):

- ✓ 39% des cas proviennent du secteur illicite
- ✓ 27% des cas de la ZHUN
- ✓ 13% des cas proviennent du secteur urbain aménagé nouveau
- ✓ 21% des cas proviennent du secteur aménagé ancien

De la lecture de ces résultats, il apparaît que 65.9% proviennent des secteurs de la ceinture urbaine, formés par les quartiers illicites et la nouvelle zone d'habitat nouvelle.

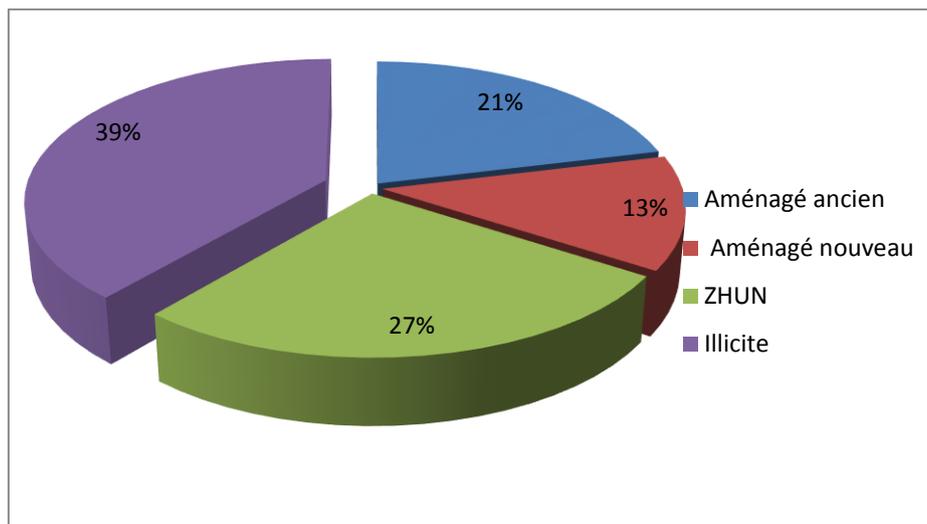


Fig.25: Répartition des cas de leishmaniose cutanée par secteurs urbains (Bou-Saada)

Les quartiers illicites constituent une plaie pour la ville de Bou-Saada, cette dernière, comme toute ville algérienne, est confrontée à la prolifération de l'habitat spontanée, ainsi, se sont cinq quartiers, abritant 60% de la population citadine qui la ceignent. Cet habitat illicite est composé de différents types, maison, villa, taudis, etc. L'accroissement urbain a consommé tous l'espace entre les deux montagnes qui ceignent la ville de Bou Saâda ; faute d'assiette foncière, les terrains accidentés et les quelques îlots disponibles au bord des oueds et sur le flanc des montagnes ont été accaparés, mettant en péril leur habitants.

Le programme de développement urbain intéresse maintenant les nouvelles zones d'habitats nouvelles créées au-delà du cordon dunaire ; tous les nouveaux projets y sont injectés et les cités nouvellement créées sont implantées dans des zones sauvages non aménagées.

La leishmaniose cutanée zoonotique à *L.major* est connue depuis longtemps comme étant une maladie typiquement rurale (Chance et al, 1978), cependant au cours de ces dernières années, les grands centres urbains sont devenus les lieux privilégiés de l'infection, cela dénote d'un changement du cycle de transmission, le parasite est probablement transmis via de nouveaux cycles entre le ou les vecteurs et le ou les réservoirs dont la plupart sont inconnus.

Des maladies rurales ont ainsi investi les zones urbaines, où la densité de la population, jointe à la concentration des vecteurs, renforce l'incidence de l'infection. L'urbanisation en tant que facteur de risque, affecte chacune des entités éco-épidémiologiques de la leishmaniose, trois d'entre elles en particulier : la leishmaniose cutanée zoonotique, la leishmaniose cutanée anthroponotique et la leishmaniose viscérale zoonotique.

L'état de santé d'un individu est le résultat de l'équilibre entre les interactions de son capital génétique ou facteurs intrinsèques (la prédisposition à certaines maladies) et de l'environnement dans lequel il évolue durant sa vie et qui regroupe divers facteurs extrinsèques de type biologique ou sociaux. Ces différents éléments de l'environnement sont en fait liés et agissent conjointement dans le déclenchement des processus d'altération de l'état de santé des individus (Bouziani et al., 2002).

Ce résultat indique si on se réfère au nombre de cas enregistrés dans ces secteurs, que les facteurs de risque de transmission de la leishmaniose sont fortement présents dans ces espaces. En effet, plusieurs auteurs se concordent à dire que la leishmaniose est transmise à partir de petit « foyer d'infection », qui sont considérés comme un espace géographique où se trouvent réunis les facteurs biotiques et abiotiques nécessaires au fonctionnement du complexe pathogène et qui peuvent être une niche de chien, un abri pour animaux, un terrier de rongeur, bref tous lieux offrant une humidité et une litière de matière organique pourraient constituer un micro foyer de transmission. Et que le vecteur de transmission s'adapte aux nouvelles niches créées par l'Homme (Teodoro et Kuhl, 1997; Ximenes et al, 2000).

La tendance à l'urbanisation intéresse tous les pays et tous les continents (UN-Habitat, 2010), concomitamment à cela s'accroissent les maladies à transmission vectorielles dont la leishmaniose (WHO, 2004).

En effet, la croissance non planifiée des villes, avec un manque de la maîtrise de la qualité de l'environnement devient un enjeu majeur de santé publique. La présence d'une hygiène déficiente dans nombre d'espaces urbains offre des conditions bioécologiques favorables au développement de germes pathogènes responsables de nombreuses maladies.

1.2.2. Répartition des cas de leishmaniose cutanée par quartiers

La leishmaniose cutanée frappe pratiquement tous les secteurs et les quartiers de la ville avec cependant une incidence variable, elle est importante dans les quartiers du secteur illicite et dans les nouveaux pôles urbains, notamment la zone d'habitat urbain nouvelle (ZHUN) de la périphérie urbaine (fig. 26).

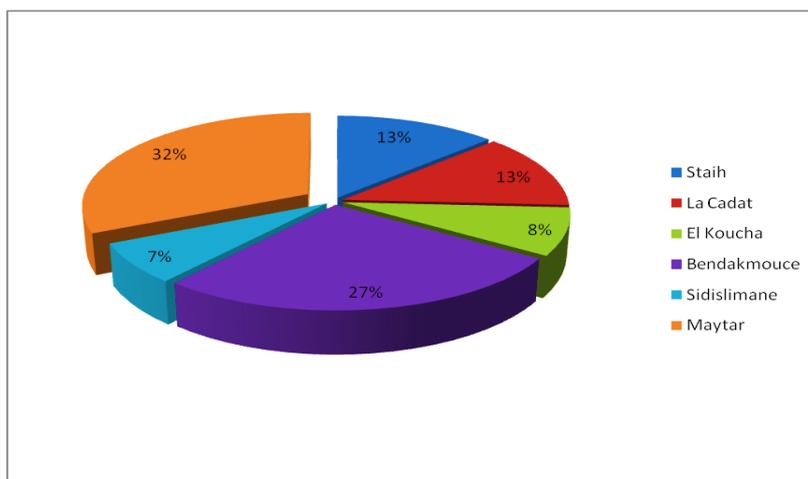


Fig.26 Répartition des cas de leishmaniose cutanée par quartier urbains (Bou-Saada)

La répartition des cas de leishmaniose par quartiers est décrite comme suit :

- ✓ Le quartier de Maitar regroupe à lui seul 32% des cas du nombre total de cas de leishmaniose, vient celui de Bendakmous avec 27% des cas. Indubitablement, le quartier de Maitar est le plus touché ; ceci est dû à plusieurs causes que nous exposerons dans la partie analyse des risques.
- ✓ 7% des cas de leishmaniose cutanée sont issus du quartier de Sidi –Slimane.
- ✓ Les quartiers Staih et la Cadat sont également touché avec 13% respectivement
- ✓ Le quartier El Koucha avec 8% des cas.

L'analyse de données obtenues, montre une répartition inégale de la maladie. Ceci est dû à plusieurs facteurs liés aux conditions de transmission de la parasitose (fig.28). En effet, l'état actuel des connaissances scientifiques sur la forme de leishmaniose qui sévit dans la région de M'sila en général et à Bou-Saada en particulier est la forme zoonotique à *L.major*, qui admet comme réservoir les gerbillidés sauvages, *P. obesus* et *M. shawi*. Ces derniers ne peuvent vivre à l'intérieur du tissu urbain, mais colonisent généralement les ceintures périurbaines à l'interface de la zone sauvage. Ces rongeurs ont été signalés précisément dans les terrasses alluviales de l'oued Maitar où plusieurs groupes ont été observés et à l'intérieur des cimetières où ils creusent leurs terriers dans le champ de mauvaises herbes fréquentes dans de tels endroits, même aussi dans les maisons offrent des conditions favorables (fig.27).



Fig.27 Gites intramuros favorables au développement des vecteurs et des rongeurs

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

Les fig. (28 et 29) montrent la répartition des rongeurs par secteur et par quartier de la ville de Bou-Saada. Ce paramètre de présence des rongeurs a été réalisé selon les réponses de personnes interrogées, notamment pour ceux qui vivent intramuros.

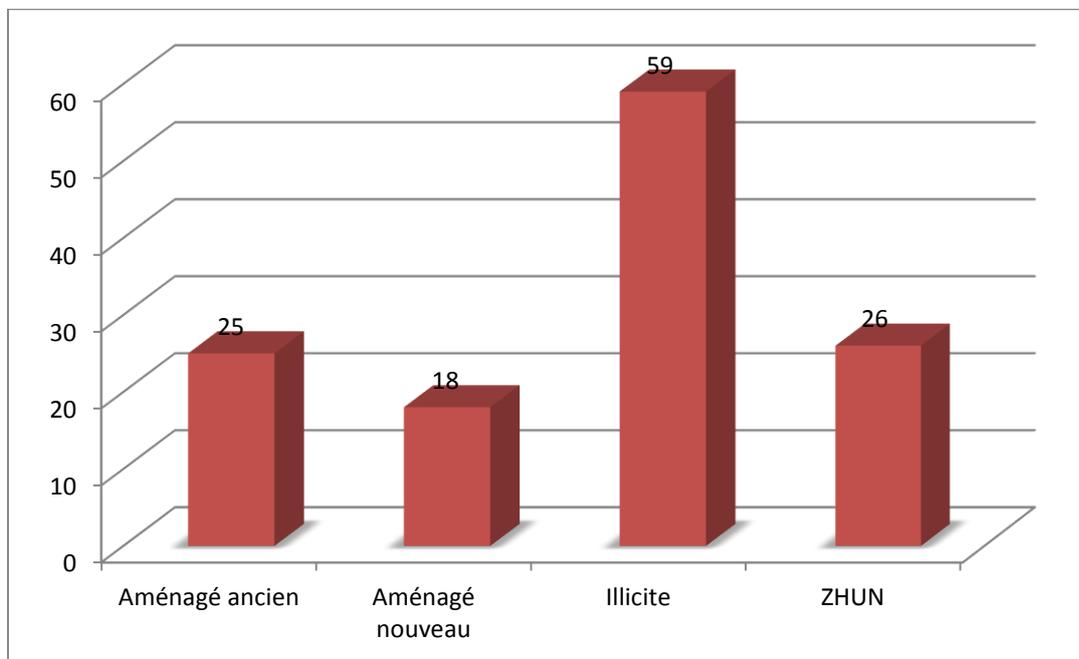


Fig. 28: Présence des rongeurs dans les secteurs urbains selon la réponse des personnes interrogés

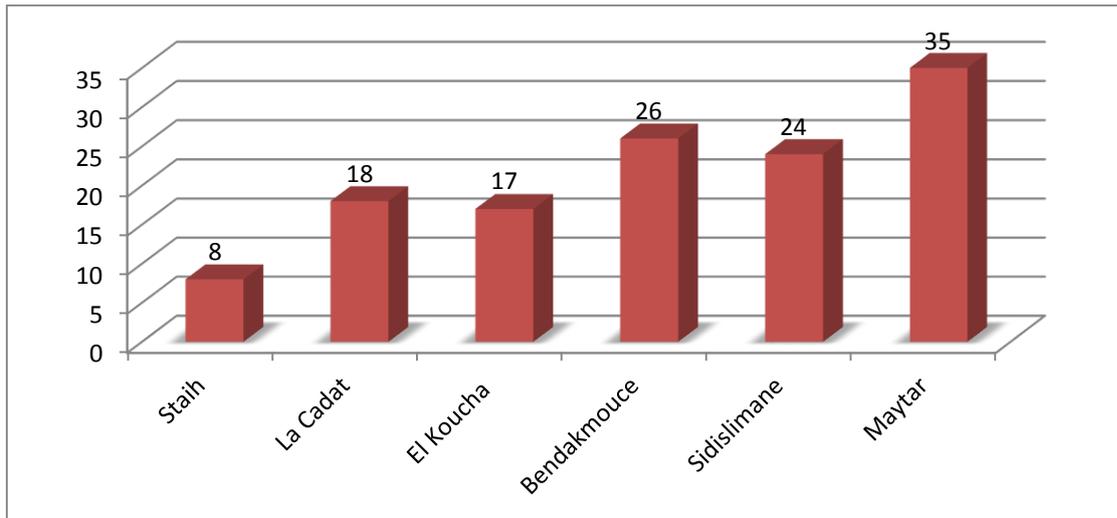


Fig.29. Présence des rongeurs dans les quartiers de la ville de Bou-Saada selon la réponse des personnes interrogées

Le secteur de l'habitat illicite est le plus infesté par les rongeurs, suivi par le secteur de la zone d'habitat urbain nouvelle.

Le quartier de Bendakmous est construit en dehors des limites du périmètre urbain, il est implanté dans une zone sauvage, infestée par les rongeurs. Sa population est neuve et elle est issue de l'exode et de la migration inter ville.

Les ruraux qui arrivent en ville amènent avec eux non seulement le parasite mais encore ses vecteurs. Il en est de même pour le transport passif via les voies de communications maritimes, aériennes et terrestres assurant le transport des vecteurs et leur offrant la possibilité de franchir les barrières naturelles, Sahara , mer et océan. Une fois arrivé dans les nouveaux territoires, les vecteurs s'adaptent souvent à leur environnement (WHO, 1990).

Les rongeurs signalés dans le centre-ville et les quartiers bien aménagés sont des rongeurs commensaux bien adaptés aux nouvelles constructions, notamment, *R. rattus*, le rat noir, *R. norvegicus*, le rat d'égout et la souris grise *M. musculus*. Ces rongeurs sont soupçonnés d'être des réservoirs occasionnels de *L.major*, *R. norvegicus* a été trouvé infesté en Iran (Motazedian et al,2010).

Les rongeurs sauvages gerbillidés dont *P. obesus* qui est le réservoir principal de la leishmaniose cutanée zoonotique (Belazzoug, 1983), est inféodé aux steppes crassulescentes des terrasses alluviales et de la bordure des chotts quant à *M shawi* , il est également réservoir prouvé de la leishmaniose cutanée zoonotique (Belazzoug, 1986 a) , ce rongeur s'aventure

volontiers à l'intérieur du tissu urbain , nous l'avons relevé dans les cimetières de la ville et près des dépotoirs d'ordures ménagères. Les fosses qui contiennent les déchets sont un gîte préféré de *M.shawi* qui est un rongeur commensal et stercoraire. Au Maroc, un foyer actif de la leishmaniose cutanée zoonotique a été signalé à la périphérie d'un village endémique dont le réservoir a été retrouvé dans un dépôt de déchet (Rioux et al., 1986).

En plus de ces deux rongeurs sauvages, existe d'autres de plus petites tailles, les *Gerbillus sp* qui sont fortement présent dans la bande dunaire, ils creusent leur terriers sous les touffes d'*Aristida pungens* laquelle couvre de grande superficie du sable dunaire. Ces rongeurs sont également porteurs de parasites. Ils ont été signalés fortement dans la zone de Maitar.

La gestion des déchets est également un problème qui n'a pas été correctement pris en charge dans la ville de Bou-Saada, (fig.30 et 31) ;en effet, les moyens dont disposent la mairie sont insuffisant pour couvrir toute la superficie urbaine, évidemment les quartiers marginaux situés à la périphérie sont délaissés et leurs habitants se débarrassent de leur déchets sur les berges des oueds et dans les espaces publics à l'intérieur même des quartiers et des maisons abandonnées, utilisées souvent comme lieu d'évacuation des rebus, donc elles deviennent une source de maladies au niveau du quartier à cause des animaux et des insectes fortement présent qui contribuent à la transmission des maladies.



Fig. 30: Oueds mitoyens aux cités utilisés comme dépotoirs (quartier illicite de Sidi Slimane , Bou Saâda).



Fig.31: Maisons abandonnées servant de dépotoirs de déchets (quartier illicite de Sidi Slimane , Bou Saâda).

Les conditions d’habitat sont des plus mauvaises, l’humidité et l’absence de ventilation augmentent le risque de transmission des maladies (Turki, 2008).

Si l’on analyse la répartition par quartier montre que c’est Maitar qui est le plus touché, suivi par Bendakmous et Sidi Slimane.

Un trait d’union entre ces quartiers et qu’ils se situent tous à la lisière de la ville et il n’est pas étonnant qu’ils soient colonisés par les rongeurs. En outre, le quartier de Maitar est de type longiforme, construit sur une bande bordée par l’oued Maitar et le flanc du Djebel Moubakhera ; à noter que le cordon dunaire passe sur une large bande au nord du dit quartier. Les rongeurs déserticoles y sont fréquents notamment les petits gerbillidés comme *Gerbillus nanus* et *Gerbillus pyramidum*.

1.2.3. Répartition de la leishmaniose cutanée par sexe.

La répartition de la leishmaniose par sexe (fig 32); montre que les deux sexes, à proportion égale, sont touchés par la leishmaniose .Si l’on se réfère aux us et coutumes de notre société, qui font que les femmes ne sortent que rarement de leur maisons; le sex ratio important des cas de leishmaniose cutanée noté reflète les conditions de transmission qui surviennent aussi bien intramuros qu’extra-muros. Pour la leishmaniose cutanée dont le vecteur est *P.papatasi*, lequel est connu comme un vecteur endophile et anthropophile. Il se multiplie à l’intérieur de la maison et boucle son cycle de développement sans qu’il ne soit obligé de sortir

de son biotope. Le foyer de transmission pourrait être tout simplement une maison située à la périphérie, c'est-à-dire proche des terriers de rongeurs, dans laquelle sont élevés des animaux, ceux-ci procurent un environnement idéal à la pullulation du phlébotome. L'homme pourra dans ces conditions être facilement parasité (Rioux et *al*; 1986).

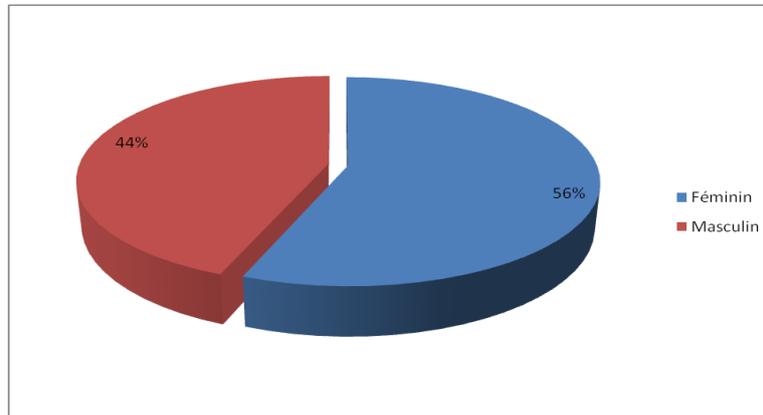


Fig 32 Répartition des malades par sexe (Bou-Saada)

1.2.4. Répartition de la leishmaniose cutanée par âge

Toutes les classes d'âge sont frappées par la leishmaniose cutanée, cependant c'est la population active, jeune adulte et adulte, qui est la plus touchée.(fig.33). Ce résultat nous donne également une information relative aux mouvements de la population dans les foyers de leishmaniose. En effet, dans les zones d'endémie leishmanienne dont Bou-Saada, ce sont les personnes jeunes, dont l'immunité est neuve, qui sont les plus touchés, ceci car les personnes âgées ont tous été en contact avec le parasite et ont acquis au fil des années une immunité qui leur procure protection, car on n'attrape la leishmaniose qu'une seule fois dans sa vie.

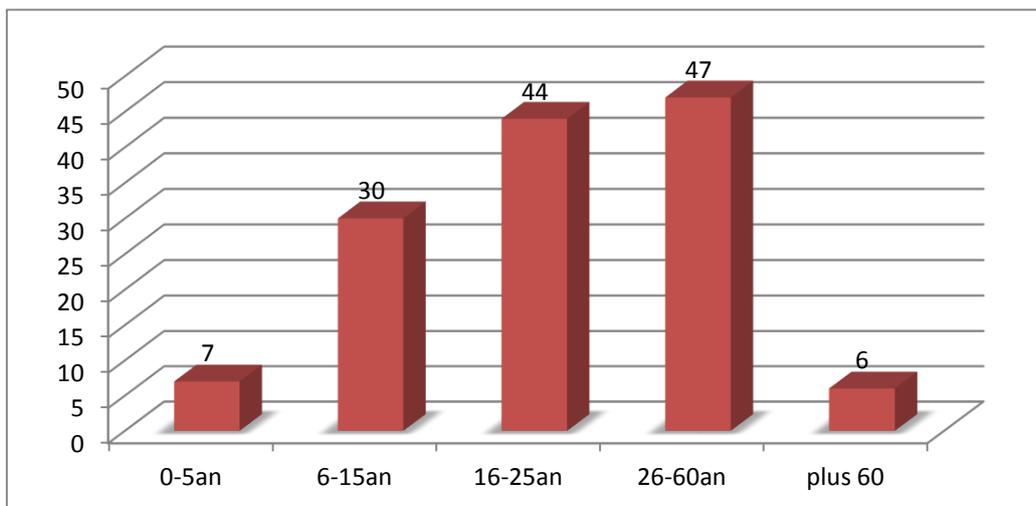


Fig 33 :Répartition des cas de leishmaniose cutanée par age(Bou-Saada)

1.2.5. Répartition de la leishmaniose cutanée par nombre de lésions

La leishmaniose cutanée zoonotique se manifeste par un tableau clinique présentant souvent plusieurs lésions (tab.5), il est fréquent de trouver 2, 3 voire plusieurs, jusqu'à 200 rapportés par la littérature (Belazzoug, 1983).

Tableau 5 : Répartition des cas de leishmaniose par nombre de lésions de la ville de Bou-Saada

NB-LESIONS	FREQUENCE	POURCENTAGE	POURCENTAGE CUM
1	80	59,3%	59,3%
2	30	22,2%	81,5%
3	12	8,9%	90,4%
5	4	3,0%	93,3%
6	5	3,7%	97,0%
7	3	2,2%	99,3%
8	1	0,7%	100,0%
Total	135	100,0%	100,0%

La lecture du tableau (5) révèle que 59% des cas sont mono lésionnel et que 81% sont mono et di lésionnel.

Le pourcentage des lésions reflète a priori le taux du parasitisme et le taux d'inoculation chez le phlébotome vecteur, plus la source de parasite est importante, plus sont les lésions chez l'hôte mammifère qui peuvent être occasionnées par la pique infestante du phlébotome.

Par ailleurs, la proportion importante des porteurs de lésions uniques, laisse supposer qu'il existe un autre type de parasite qui circule dans le foyer du Hodna. La découverte récente de *L.killicki* (Harrat et al, 2009), connu comme responsable d'une forme urbaine semblable à *L.tropica*, n'éloigne pas l'hypothèse que ce même parasite circule à Bou-Saâda ou une autre ville du foyer du Hodna, d'autant plus que le vecteur prouvé de *L.killicki*, *P.sergenti* (Boubidi et al , 2011) est y très fréquent (Cherif, 2010) . Il n'est dès lors pas exclu d'y rencontrer cette forme, les prélèvements sur les malades et le typage enzymatique pourront en apporter une réponse.

1.2.6. Données socio-économiques

1.2.6.1. Données sur les nombres de chômeurs

La proportion du chômage dans la population enquêtée est importante (fig.34), il existe également une répartition inégale de ce taux à travers les quartiers et secteurs de la ville de Bou-Saada, ainsi ce taux avoisine 23% à Maitar et El Koucha et il est à 5.6% au quartier la Cadat.

Cette répartition inégale du chômage à travers les secteurs urbains de la ville de Bou-Saada dénote d'une ségrégation sociale qui s'est installée de facto. Ainsi la population qui réside dans les secteurs illicites est issue de l'exode rural et son statut social, sans niveau scolaire et sans qualification professionnel ne lui permet pas d'accéder au marché du travail et décrocher un emploi stable. La population du quartier de la Cadat qui est un quartier résidentiel, habité en majorité par les fonctionnaires et les cadres retraités.

A préciser que même ceux qui travaillent ne le sont que sous forme de contrats temporaires.

Le chômage est corrélé à la pauvreté et la précarité. Les personnes pauvres sont vulnérables aux maladies, notamment la leishmaniose, il est scientifiquement prouvé que aussi bien la malnutrition, la sous nutrition diminuent l'immunité et les défenses naturelles contre les agents pathogènes. D'autres parts les conditions de vie des pauvres sont lamentables, ils sont en contact plus que les autres avec les facteurs de maladie.

La leishmaniose, est une maladie à fort liens avec la pauvreté et ce sont les pauvres qui constituent la frange sociale la plus vulnérable vis-à-vis de la maladie. Dans des zones d'endémie leishmanienne, le risque est fortement corrélé avec les conditions insalubres du logement, du non perception du danger par les personnes exposées et des conditions économiques difficiles. L'exode pour des raisons économiques conduit la population à s'installer à la périphérie des villes en contact direct avec les vecteurs et les réservoirs de la maladie. La malnutrition associée à la pauvreté fragilise les personnes exposés et deviennent plus réceptifs à l'agent pathogène (Jorge et al., 2006).

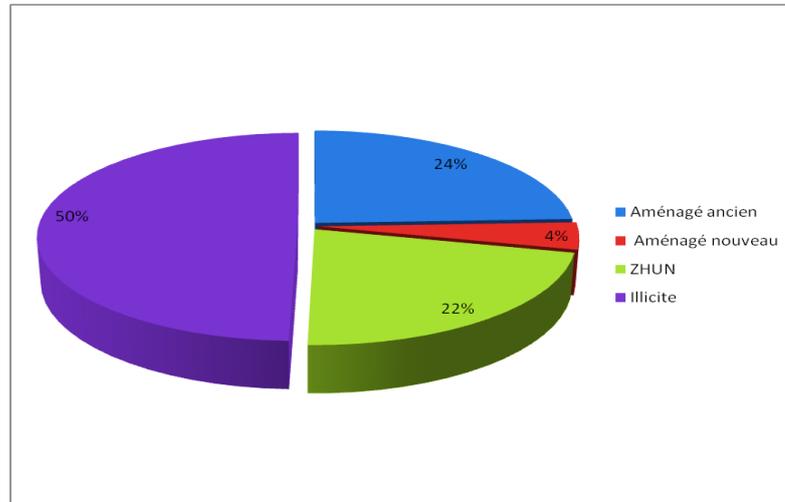


Fig.34. Pourcentage des chomeurs par secteur urbain de la ville de Bou-Saada

1.2.6.2. Données sur le niveau d'instruction

Le niveau d'instruction de la population adulte enquêtée est bien associé à la qualité de vie et du secteur urbain. Ainsi, la population qui vit dans les quartiers spontanés et illicites n'ont pratiquement aucun niveau et sont pour la plupart analphabète. Il est connu qu'un niveau élevé d'instruction amène les gens à se comporter selon les bonnes pratiques de la qualité de vie susceptibles de réduire les facteurs de risques et avoir une attitude préventive envers les maladies.

Cet état de fait joue fortement sur l'état sanitaire du secteur, car le plus souvent c'est à l'école que l'on apprend les bases élémentaires de l'hygiène du milieu, l'hygiène corporelle et alimentaire.

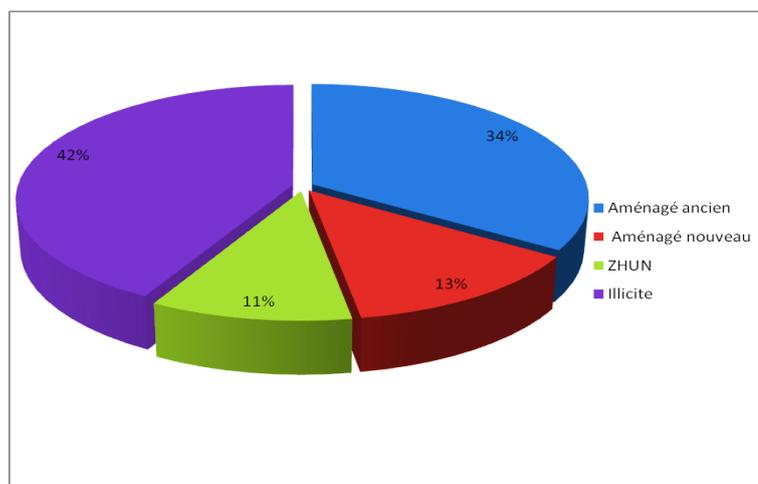


Fig 35 Pourcentage du niveau primaire par secteur urbain de la ville de Bou-Saada

Dans l'échantillon de personnes adultes chef de famille enquêtées, ceux des secteurs illicites sont les moins instruits, 42% ont un niveau d'instruction primaire (fig.35).

Les plus instruits, avec un niveau universitaire, sont les habitants du quartier Staih, ce résultat ne nous étonne pas dans la mesure où la population y résidente est considérée comme appartenant à la bourgeoisie ; elle réside dans des villas et sont des familles aisées, leurs enfants ont bénéficié d'un enseignement de qualité qui leur a ouvert les portes de la formation supérieur.

Cette disparité dans les niveaux d'instructions est confirmée par l'absence de niveau supérieur chez les habitants de Maitar.

1.2.7. Données environnementales

L'enquête environnementale de cette étude a été réalisée sur le principe que le cycle épidémiologique de la leishmaniose est fortement dépendant des conditions du milieu. Les paramètres recherchés sont ceux influençant le phlébotome vecteur, à savoir la présence d'un hôte vertébré, l'humidité, l'obscurité, et une litière de matières organiques. Ces conditions sont réunies dans les biotopes suivant ; abri animaux, maisons habités, terriers de rongeurs, trou d'arbres, berges d'oueds, dépôts d'ordures. Les mêmes biotopes sont valables pour les rongeurs réservoirs, qui se trouvent disséminés par tout dans le biotope urbain. (fig.36).



Fig.36.Terriers de rongeurs aux pieds des plantes (quartier de Maitar Bou-Saâda)

La population habitant les quartiers spontanés est la plus vulnérables par rapport aux pathologies liés à l'environnement (Pene et *al*, 1992), ceci apparait bien schématisé dans le cas de quartier de Maitar ; l'analyse montre une forte corrélation entre les données épidémiologiques et le type de secteur, illicite dans ce cas. Tous les facteurs de risque y sont présents. Aussi bien ceux favorisant la pullulation des phlébotomes vecteurs que ceux assurant la multiplication des rongeurs réservoirs. Par ailleurs, les habitations sont très proches des niches potentiels de transmission. Les connaissances scientifiques connues sur la biologie des vecteurs révèlent toutes, que le phlébotome est casanier, vol mal et son rayon d'action est limitée à moins de 1 km .Dans ces quartiers à forte transmission, la source de parasite ne se trouve pas loin de l'habitat, la transmission y est maximale, la forte densité des phlébotomes augmente le risque de transmission aux humains.

La répartition des facteurs de risque de la leishmaniose cutanée par secteur urbain est illustrée dans la figure 37 et la figure 38.

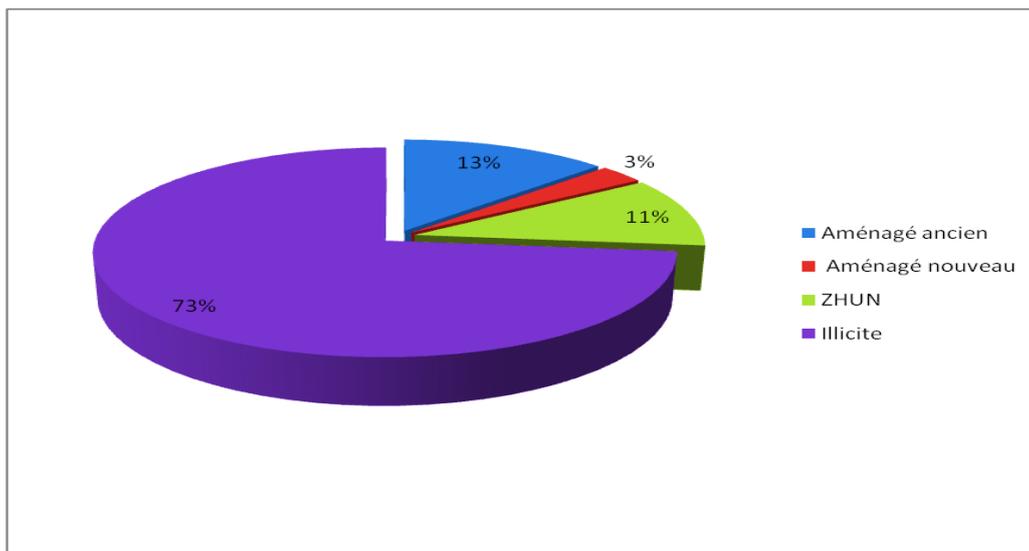


Fig.37. Répartition des facteurs de risque de L.C par secteur urbain (Bou-Saada)

L'état du cadre de vie au secteur illicite est lié d'une part aux comportements par rapport à l'hygiène et l'assainissement des ménages et d'autre part aux facteurs d'aménagement urbain. Elle se caractérise par la présence :

- de dépotoirs d'ordures : les espaces vides notamment, les parcelles non viabilisées, les carcasses de maisons et les maisons vétustes abandonnées sont devenues des dépotoirs et des décharges sauvages d'ordures ménagères. Des fosses ou trous à banco sont également présents et correspondent également à des

décharges sauvages. Ces fosses, sont sources des problèmes sanitaires et d'insécurité pour les populations.

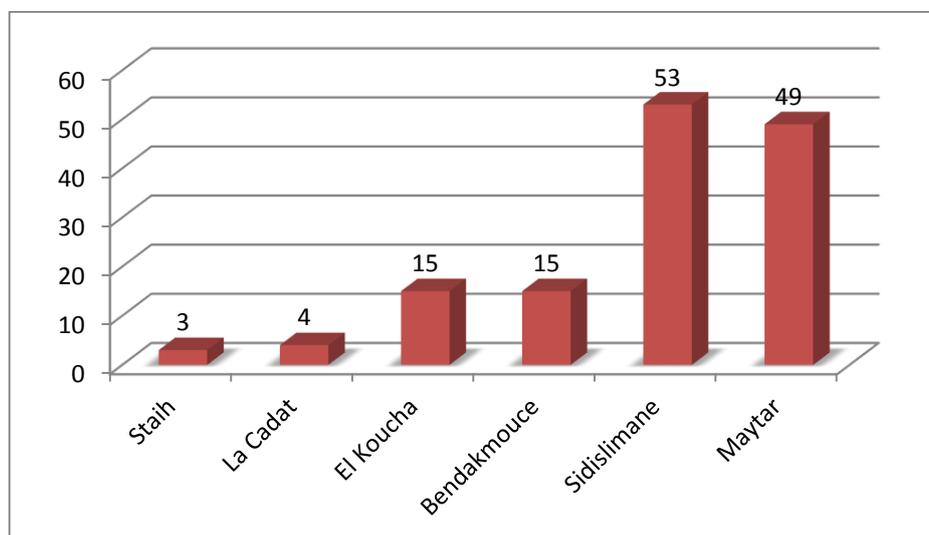


Fig.38. Répartition des facteurs de risque de la L.C. quartier urbain(de Bou-Saada)

Dans notre enquête, les paramètres environnementaux les plus pertinents dans la transmission de la leishmaniose, retenus dans notre analyse sont :

1.2.7.1. Proximité d'oued

D'après les statistiques de l'OMS, 80% de toutes les maladies dans les pays en développement peuvent être attribuées à des problèmes d'hygiène de l'eau ; il représente des gîtes de reproduction pour les vecteurs (Mobignol, 1995).

La ville de Bou-Saada est bâtie sur une étroite cuvette jalonnée par deux imposantes montagnes, Kerdada et Azzeddine. Elle est traversée par de nombreux oueds qui prennent naissance à partir de ces montagnes. De ce fait tous les secteurs urbains et quartiers sont traversés par un chevelu hydrographique et sont plus ou moins proches d'un oued.

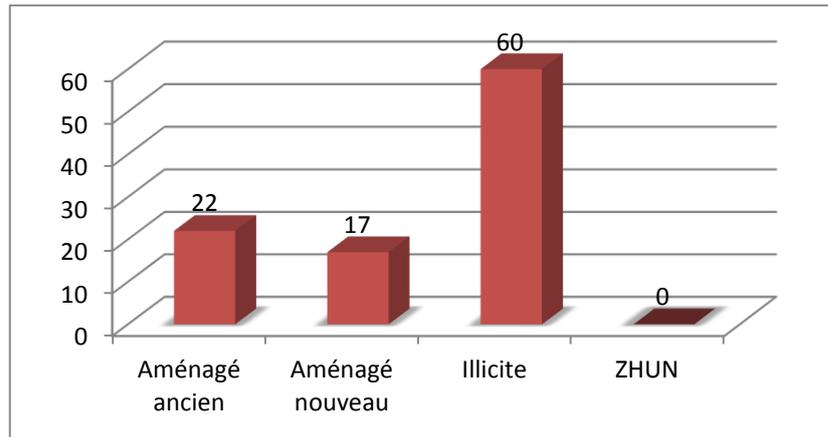


Fig. 39. Nombre de maisons proches d'un oued par secteur urbain de la ville de Bou-Saada

L'analyse épidémiologique réalisée fait apparaître, que le secteur illicite le plus touché par la leishmaniose cutanée est traversé par un chevelu hydrographique dense,, la densité est telle que pratiquement toutes les maisons se situent à proximité des oueds. Ces derniers sont souvent utilisés comme dépotoirs ultimes des déchets de toute nature, les photos du site montrent sans équivoque la situation environnementale lamentable du secteur ; dès lors, il n'est pas étonnant qu'on y recense un nombre élevé de cas (fig.39; 40, 41).

Bien que ce facteur, proximité d'un oued, soit responsable de la recrudescence de la leishmaniose dans les quartiers illicites, cependant, il n'est pas le seul facteur de causalité. Cas du quartier de Bendakmous qui n'est traversé par aucun oued, alors que la leishmaniose y est fréquente. Ceci pourrait être expliqué par la présence d'autres facteurs de risque, notamment les terriers de rongeurs qui pourraient être la source de parasites.

Sidi Slimane et Maitar sont des quartiers spontanées, dont les maisons, sans règles d'urbanismes, sont érigées sur les flancs de montagnes, la plupart dans des zones *non aedificandi*, sur les berges d'oued, voir même dans son lit.

Les autres quartiers planifiés de la ville sont bâties sur des terrains plats sans contraintes physique.

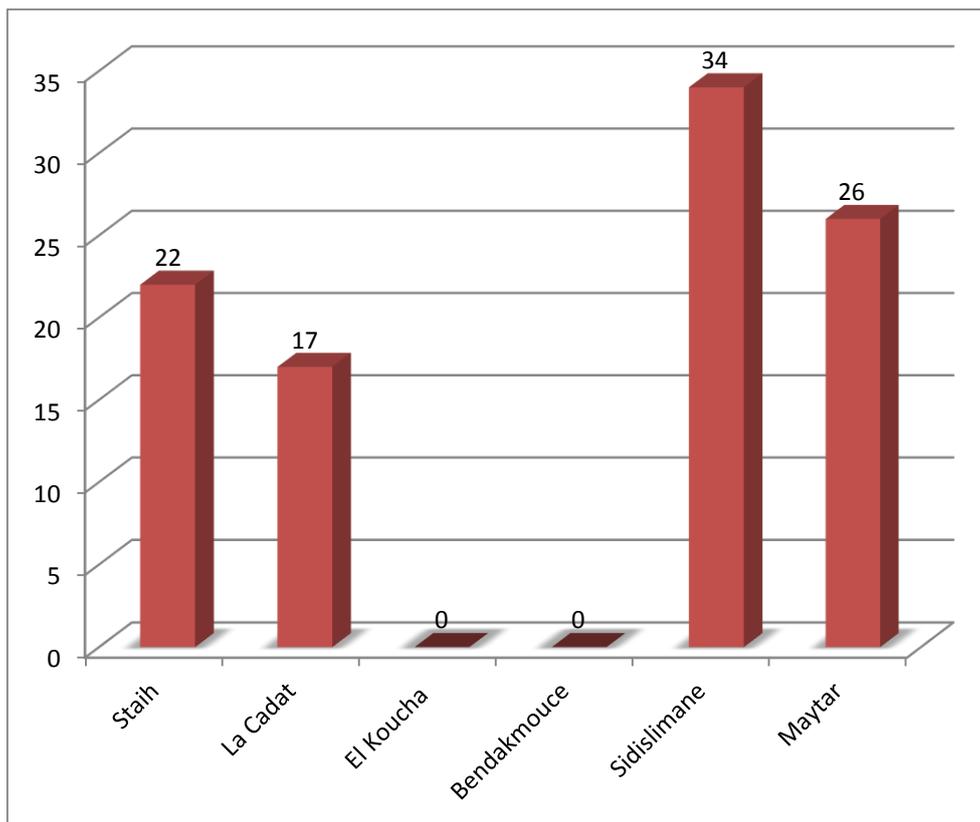


Fig. 40 . Maisons proches d'un oued, répartition par quartier de la ville de Bou-Saada

Cette répartition spatiale des quartiers fait la différence entre les résultats épidémiologiques disparates observés entre les quartiers et secteurs, en mettant en exergue la notion de proximité des sources d'infection parasitaires (rongeurs, vecteurs) qui préfèrent des biotopes bien particuliers.



Fig. 41 photos des oueds favorables aux vecteurs des maladies

1.2.7.2. Abris animaux

Bien qu'il soit prohibé par la loi, l'élevage en milieu urbain est très répandu à Bou-Saâda. Il existe plusieurs raisons qui font que la population recoure le plus souvent à pratiquer le petit élevage. La précarité et le chômage, sont parmi les causes qui les y poussent pour assurer leur subsistance. Les abris animaux construits dans les cours des maisons ou à proximité deviennent ainsi des lieux privilégiés pour le développement des phlébotomes vecteurs (la litière organique et les animaux qui y vivent).

La population du quartier Maitar est issue de l'exode rural, de ce fait, pour subvenir à ses besoins, elle ne se peut se séparer de ses anciennes pratiques liées à l'élevage. Il n'est pas une maison qui ne comportât un abri pour animaux. Cette dissémination des abris est un facteur de risque pour la leishmaniose cutanée.

Le quartier de Sidi Slimane est également concerné par le petit élevage et à degré moindre le quartier de Bendakmous.

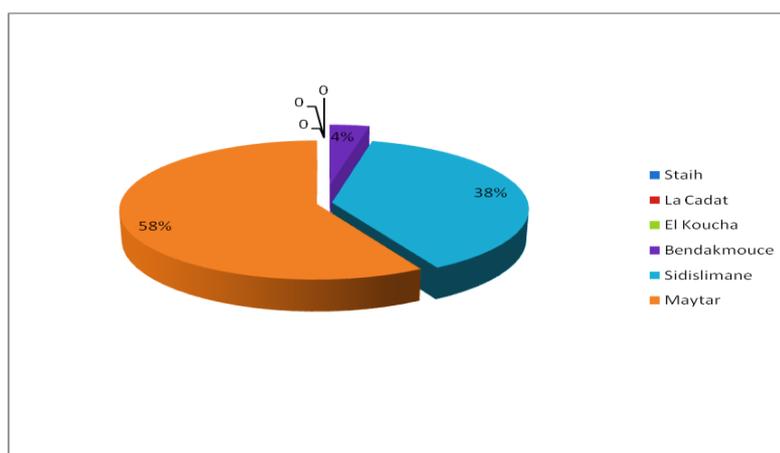


Fig.42. Pourcentage d'abris animaux par quartier de la ville de Bou-Saada

1.2.7.3. Dépôts de déchets et de fumier animal

L'activité du petit élevage génère une quantité de fumier animal Ce fumier plante le décor des quartiers illicites, notamment celui de Maitar, ou toutes les berges des oueds sont recouvertes par le fumier animal, il existe également des dépôts clandestins de fumier à l'intérieur même des espaces habités, la même situation est relevée pour le quartier de Sidi Slimane (fig.43).

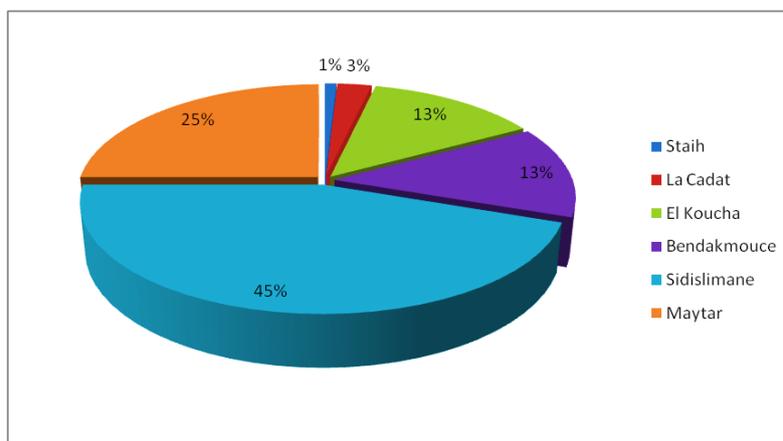


Fig.43. Pourcentage de dépotoir de fumier animal par quartier de la ville de Bou-Saada

Les photos ci-dessous (fig.44) illustrent l'état catastrophique des quartiers illicites par la prolifération des dépôts de fumier animal dans tous les endroits.



Fig .44 photos des dépotoirs péri-urbains –ville de Bou Saada

Les déchets inertes et gravats constituent également un gîte potentiel aussi bien pour le vecteur que pour le réservoir. (fig.45). Ces déchets proviennent le plus souvent du secteur de l'habitat, des nouvelles constructions ou des opérations de démolition des anciennes bâtisses évidemment. Les berges des oueds et les espaces libres à l'intérieur des quartiers sont utilisés comme décharges.

Le quartier la Cadat est le premier quartier concerné par ce type de déchet. Ce quartier est le siège d'une intense activité de constructions et de rénovation.

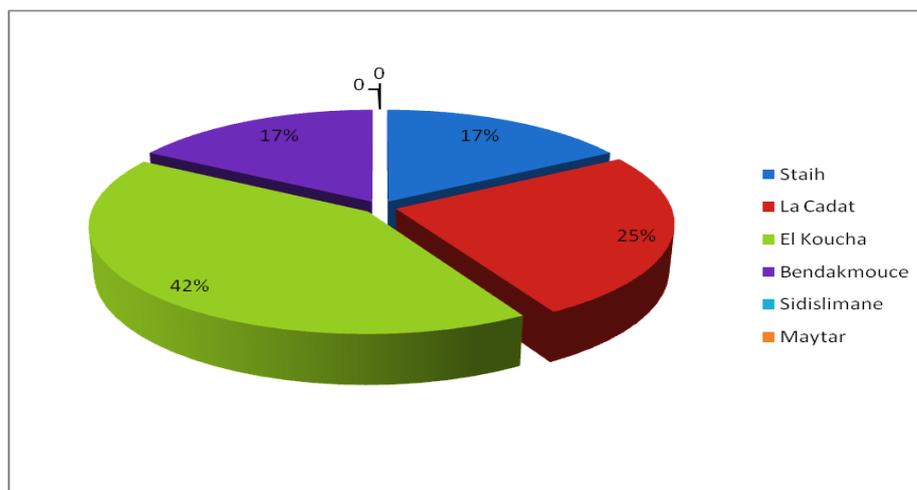


Fig.45 Gravats et déchets inertes par quartier de la ville de Bou-Saada

1.3. Etude entomologique

Les résultats de captures des phlébotomes des cinq stations d'étude sont rapportés dans le tableau 6 et la fig 46.

Station de Bou-Saâda : (35° 12' N / 04° 12' E) (tab. 6.)

Tableau 6 : Phlébotomes de la palmeraie Bou Saâda

ESPECES	F	M	TOTAL
<i>P. (Phlebotomus) papatasi</i>	2052	1606	3658
<i>P. (Larrousius) perniciosus</i>	3	1	4
<i>P. (Paraphlebotomus) alexandri</i>	1	5	6
<i>P. (Larrousius) longicuspis</i>	731	181	912
<i>P. (Paraphlebotomus) chabaudi</i>	163	47	210
<i>P. (Paraphlebotomus) sergenti</i>	4	2	6
<i>S. (Sergentomyia) antennata</i>	1	5	6
<i>S. (Sergentomyia) fallax</i>	3	5	8
<i>S. (Sergentomyia) minuta parroti</i>	42	17	59
<i>S. (Grassomyia) dreyfussi</i>	8	7	15
<i>S. (Parrotomyia) lewisi</i>	2	1	3
<i>S. (Sintonius) christophersi</i>	0	1	1

Les résultats de l'analyse de la diversité sont rapportés ci-après :

DIVERSITE INDEX	Taxa_S	Individuals	Dominance_D	Simpson_1-D	Shannon_H	Evenness_s_e^H/S	Equitability_J	Fisher_alpha
NOMBRE	12	4888	0.5969	0.4031	0.7837	0.1825	0.3154	1.481

➤ **Station Ain El Hadjel (35° 40' N / 03° 52' E)**

Les résultats sont rapportés dans le tab.7.

Tableau 7 : Phlébotomes Ain El Hadjel

ESPECES	F	M	TOTAL
<i>P.(Phlebotomus) papatasi</i>	1157	350	1507
<i>P.(Phlebotomus) perniciosus</i>	125	45	170
<i>P.(Paraphlebotomus).alexandri</i>	7	13	20
<i>P.(Paraphlebotomus) langeroni</i>	1	0	1
<i>P.(Larroussius) perfiliewi</i>	3	1	4
<i>P.(Larroussius) longicuspis</i>	9	0	9
<i>P. (Paraphlebotomus) sergenti</i>	21	6	27
<i>S. (Sergentomyia) minuta parroti</i>	4	12	16
<i>S. (Sergentomyia) schwetzi</i>	0	1	1

Les résultats de l'analyse de la diversité sont rapportés ci-après :

DIVERSITE INDEX	Taxa_ S	Individuals	Dominance _D	Simpson _1-D	Shannon_ H	Evenness _e^H/S	Equitability_ J	Fisher_ alpha
NOMBRE	9	1755	0.7472	0.2528	0.5644	0.1954	0.2569	1.24

➤ **Station Ouled Madhi (35° 38' N / 04° 28' E)**

Les résultats de captures sont consignés dans le tab.8.

Tableau 8 : Phlébotomes de Ouled Madhi

ESPECES	F	M	TOTAL
<i>P. (Phlebotomus) papatasi</i>	55	123	178
<i>P. (Larroussius) perniciosus</i>	1	0	1
<i>P.(Paraphlebotomus) alexandri</i>	0	2	2
<i>P. (Larroussius) longicuspis</i>	0	1	1
<i>S. (Sergentomyia) antennata</i>	119	144	263
<i>S.(Sergentomyia) fallax</i>	349	6	355
<i>S. (Sergentomyia) minuta parroti</i>	9	31	40
<i>S. (Sergentomyia) schwetzi</i>	0	67	67
<i>S. (Grassomyia) dreyfussi</i>	0	1	1

Les résultats de l'analyse de la diversité sont rapportés ci-après :

DIVERSITE INDEX	Taxa_ S	Individuals	Dominance _D	Simpson _1-D	Shannon_ H	Evenness _e^H/S	Equitabili ty_J	Fisher_ alp ha
NOMBRE	9	908	0.2826	0.7174	1.411	0.4557	0.6423	1.388

➤

➤ **Station M'sila (Localité de Nouarra) (35° 39' N / 04° 31' E)**

Les résultats de la capture sont rapportés dans le tab.9.

Tableau 9: Phlébotomes de M'sila

ESPECES	F	M	TOTAL
<i>P. (Phlebotomus) papatasi</i>	107	42	149
<i>P. (Larrousius) perniciosus</i>	98	27	125
<i>P. (Paraphlebotomus) alexandri</i>	1	1	2
<i>P. (Larrousius) perfiliewi</i>	0	2	2
<i>P. (Larrousius) longicuspis</i>	457	198	655
<i>P. (Paraphlebotomus)sergenti</i>	1	0	1
<i>S. (Sergentomyia) antennata</i>	3	2	5
<i>S. (Sergentomyia) fallax</i>	20	1	21
<i>S. (Sergentomyia) minuta parroti</i>	6	17	23
<i>S. (Sergentomyia) schwetzi</i>	2	49	51
<i>S. (Grassomyia) dreyfussi</i>	25	5	30

Les résultats de l'analyse de la diversité sont rapportés ci-après :

DIVERSITE INDEX	Taxa_ S	Individuals	Dominance _D	Simpson _I-D	Shannon_ H	Evennes s_e^H/S	Equitability_J	Fisher_ alpha
NOMBRE	11	1064	0.4164	0.5836	1.287	0.3294	0.5369	1.709

➤ **Station Boukhmissa (35° 43' N / 04° 33'E)**

Les résultats de la capture sont rapportés dans le tab 10

Tableau 10 : Phlébotomes de BOUKHMISSE M'SILA

ESPECES	F	M	TOTAL
<i>P. (Phlebotomus) papatasi</i>	21	52	73
<i>P. (Larrousius) perniciosus</i>	7	23	30
<i>P. (Larrousius) longicuspis</i>	3	6	9
<i>P. (Paraphlebotomus)sergenti</i>	0	1	1
<i>S. (Sergentomyia) antennata</i>	13	40	53
<i>S. (Sergentomyia) fallax</i>	2	1	3
<i>S. (Sintonius) clydei</i>	1	0	1
<i>S. (Sergentomyia) schwetzi</i>	1	0	1

Les résultats de l'analyse de la diversité sont rapportés dans le tableau suivant

DIVERSITE INDEX	Taxa_ S	Individuals	Dominance _D	Simpson _I-D	Shannon_ H	Evennes s_e^H/S	Equitability_J	Fisher_ alpha
NOMBRE	8	171	0.3123	0.6877	1.348	0.4812	0.6482	1.74

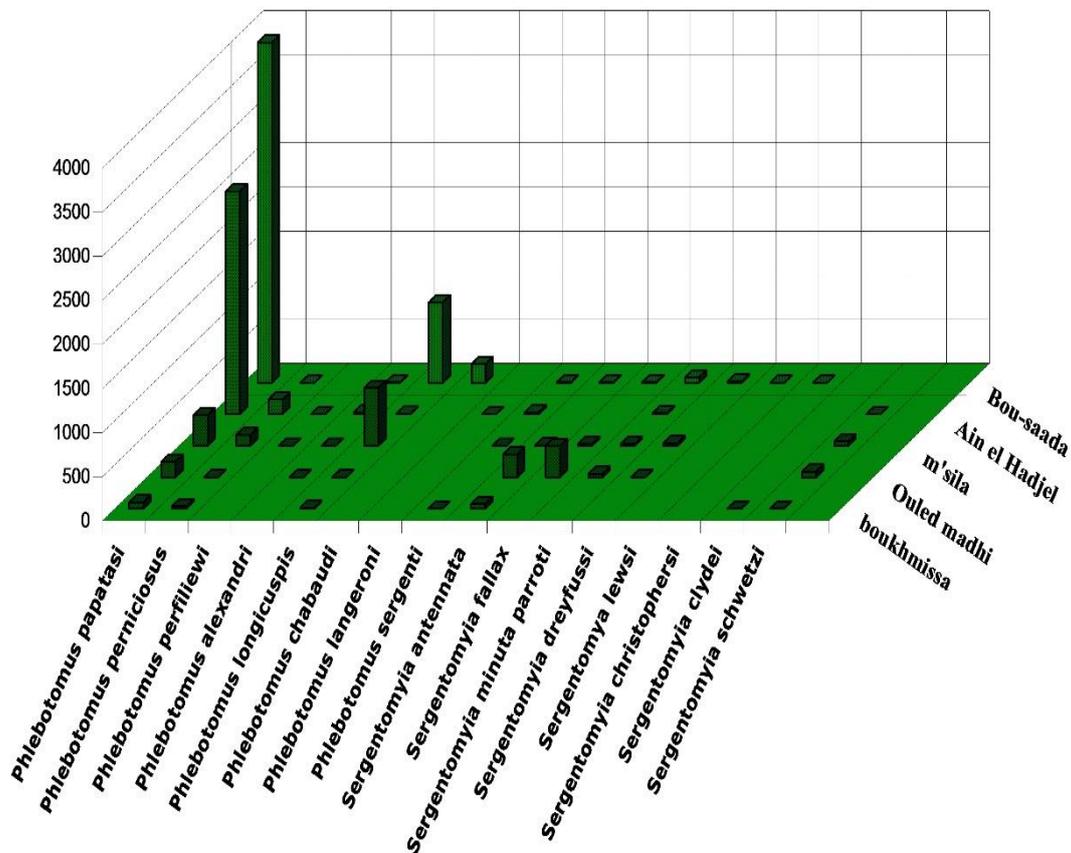


fig.46- Répartition des phlébotomes par espèce et par station

1.3.1. Répartition des Phlébotomes

Au total 8786 phlébotomes ont été capturés dans 1500 pièges huilés soit (0.23 phlébotome /m²). Sur l'ensemble des captures *P. papatasi* représente 68,4% des spécimens récoltés. Par station les résultats indiquent sa prédominance à Ain El Hadjel (91%), Bou-Saâda, (72%) et Boukhmissa (43,4%). En revanche, il est moins fréquent à M'sila (27,6%) et à Ouled Madhi (19,6%). Par ailleurs, *P. longicuspis*, est assez abondant dans deux stations (palmeraie de Bou-Saâda et zone de jardins de M'sila), situées toutes deux près des cours d'eau. Le sous-genre *Paraphlebotomus* est très rare, sauf dans la station de Bou-Saâda, où *P. chabaudi* représente 4% des captures.

Il apparaît ainsi que le spectre faunistique diffère d'une station à une autre ; il est plus riche avec 12 espèces à la station de Bou-Saâda. Six phlébotomes de l'Algérie sont signalés

pour la première fois dans la région du Hodna, *P.perfiliewi* (M'sila et Ain El Hadjel), *P.langeroni* (Ain el Hadjel), *P.chabaudi* (Bou-Saâda); *S.clydei* (M'sila), *S.schwetzi* (Ouled Madhi ;M'sila ; Ain El Hadjel), *S.lewisi* (Bou-Saâda) .

Le genre *Phlebotomus* représente 74,1% des spécimens capturés. Ce genre qui appartient à l'ancien Monde et le genre *Lutzomyia* dans le nouveau Monde, présentent un intérêt médical : ils transmettent les leishmanioses, la bartonellose et plusieurs arboviroses (Dolmatova et Demina,1971).

– ***Phlebotomus papatasi* :**

P.papatasi est de loin, l'espèce la plus abondante, elle représente 68,4% de l'ensemble des captures ; c'est le principal vecteur de la leishmaniose cutanée zoonotique (Izri et al, 1992) ; *P.papatasi* est également un vecteur de la « fièvre de trois jours » causé par un phlébovirus appartenant au sérocomplexe Sicile (Dolmatova et Demina, 1971). Dans la région méditerranéenne, les phlébovirus sont impliqués en médecine. Ils définissent ce qui est communément appelé le groupe des « fièvres à phlébotomes», « fièvres à papatasi » ou encore «fièvres de trois jours ». Ils appartiennent aux sérocomplexes *Sicile* et *Naples*, ce dernier incluant le virus *Toscana*. Quelques vecteurs sont identifiés tels que *P. perniciosus* pour *Toscana*, *P. perfiliewi* pour *Naples* ou *P. papatasi* pour *Sicile* (Schmidt et al, 1971 ; Charrel et al,2005). Pour la leishmaniose cutanée zoonotique, sa réaction 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 (Rioux & De La Roque, 2003). Il se localise préférentiellement dans la zone steppique nord saharienne : il est présent dans 56.5% des stations de l'étage saharien et 35% des stations de l'étage aride ; il est plus rare dans le semi-aride (12.8%) et exceptionnel dans le subhumide (3.5%).

Il se retrouve avec un maximum de fréquence dans les stations de basse altitude 51.8%des stations avec *P.papatasi* sont situées au-dessus de 300mètres, mais il atteint 1000 mètres dans l'étage semi- aride.

Les biotopes de cette espèce sont variés. Nous l'avons rencontrée dans tous les types de biotope prospectés. Dans la région de Biskra; Sergent et al (1926) l'ont capturée à l'orifice de terriers de rongeurs dans la région de Biskra .

La fréquence de *P.papatasi* est assez comparable en agglomération 10.1%, dans le voisinage des habitats 16.6% et en pleine ville (Laghouat, Bechar, Biskra), il est abondant à l'intérieur ou sur les murs extérieurs des habitations. Par exemples, six nuits de captures à l'aspirateur dans les habitations d'El Outaya ont permis la récolte de 355 *P.papatasi* sur 378 phlébotomes.

En pleine nature, *P.papatasi* se rencontre avec une fréquence marquée dans les stations sèches situées en terrain plat ou sur un bas de versant, à couverture végétale rase de type steppique et sur sol pierro-rocheux à pourcentage d'affleurement de la roche dure et des blocs supérieurs à 81%.

Selon Parrot (1935), le développement se produit dans les endroits riches en débris végétaux et dure sept mois, les adultes issus des ponts de septembre apparaissent à la fin avril ou début mai.

– *Phlebotomus perfiliewi* :

C'est un phlébotome habituel des strates humides et subhumides, il est mentionné ici pour la première fois dans une région aride des hauts plateaux steppiques. *P. perfiliewi* est le vecteur prouvé de la leishmaniose cutanée à *L. infantum* MON-24, (Izri et Belazzoug, 1993). 1 male et 3 femelles de cette espèce sont capturés à Ain El Hadjel au cœur des régions steppiques et 2 phlébotomes males à M'sila, zone de jardin. Les zones steppiques constituent donc une zone de confluence (Tell / Sahara) où il est possible de rencontrer des espèces propres aux régions précitées. *P. perfiliewi*, semble avoir une préférence trophique pour le bétail (Bongiorno et al, 2003). *P. perfiliewi* est considéré comme vecteur de la leishmaniose cutanée en Italie et de la leishmaniose viscérale dans certaines régions de Yougoslavie (Corradetti, 1954).

– *Phlebotomus langeroni* :

C'est une espèce endémique d'Afrique du Nord, assez rare, elle fut signalée aussi bien dans l'étage humide que dans l'étage aride et saharien ; un seul exemplaire femelle de cette espèce fut capturé à la station de Ain El Hadjel. Dedet et al (1984) l'ont capturé dans les stations se situant entre 350 mètres et 920 mètres ; En Tunisie, Croset et al, (1978) notèrent également la rareté de l'espèce et le nombre réduit de station où elle fut capturée. Cependant des prospections entomologiques récentes, révélèrent que cette espèce, semble, au contraire, assez fréquente dans les biotopes prospectés du Nord de la Tunisie à Oued Souani (10% des phlébotomes capturés). En Espagne, *P.langeroni* est également assez rare, à peine 0.06% d'un

total de 1643 phlébotomes capturés en Andalousie (Aransay et al, 2004). C'est un vecteur maintenant prouvé de la leishmaniose cutané sporadique du Nord de la Tunisie, Cette espèce a été trouvée naturellement infestée par *L. infantum* (Guerbouj et al, 2006). ; *P. langeroni* est considéré en Egypte, comme le vecteur de la leishmaniose viscérale (Doha et Shehata, 1992; El Sawaf et al, 1984).

– ***Phlebotomus alexandri***:

Phlebotomus alexandri est absent dans les régions de montagnes, il est fréquent autour du chott, (Cherif, 1994). *Phlebotomus alexandri* habite essentiellement les biotopes selvatiques des gerbillidae (Rioux et al, 1984), se localise préférentiellement aux étages aride et péraride dans les sites sauvages surtout. Il est présent dans les steppes présahariennes et les massifs de l'Atlas saharien. Il est particulièrement abondant dans les biotopes rocheux et sec où gâtent les mammifères, tout spécialement *Ctenodactylus gundi*, et les reptiles (Dedet et al., 1984) ; Berchi, (1990) avait souligné que cette espèce est strictement localisée dans le sud du constantinois et ne franchit pas la zone semi-aride. Elle est considérée comme vecteur de la L.C.Z. dans le Sud de L'URSS et en Iran (Petrischeva, 1971 ; Javadian et Mesghali, 1974). Sa distribution en Afrique du nord correspond à celle de la L.C.Z dont il peut en constituer un vecteur secondaire.

– ***Phlebotomus perniciosus*** :

P. perniciosus occupe un très vaste territoire géographique dans les régions méditerranéennes jusqu'à la lisière saharienne (Rioux et al, 1967).

En Algérie, sa répartition est essentiellement tellienne, il est particulièrement constant en Grande Kabylie et dans le Constantinois, deux régions situées dans l'étage bioclimatique humide et subhumide, connues pour être deux foyers endémiques de Leishmaniose viscérale. En dehors de la région tellienne, l'aire de distribution de *P. perniciosus* s'étend au sud en étage bioclimatique aride voire saharien, mais dans ce cas les captures sont isolées et les exemplaires en petits nombres (Dedet et al, 1984).

– ***Sergentomyia schwetzi*** :

Cette espèce est rapportée dans quatre stations, Ain el Hadjel (1 phlébotome male), Ouled madhi (67 phlébotomes male), M'sila (2 phlébotomes femelles et 49 males) et Boukhmissa (1 phlébotome femelle). *S. schwetzi* est une espèce de répartition sahélo

saharienne, elle est peu abondante et sa répartition spatiale, semble inféodée à des biotopes bien particuliers (parcours steppiques) ; comme la plupart des espèces du genre *Sergentomyia*, elle ne joue aucun rôle dans la transmission de la leishmaniose humaine (Croset et al, 1978).

– *Sergentomyia clydei* :

S. clydei est mentionné pour la première fois dans la région de M'sila (Boukhmissa) (1 phlébotome femelle). *S. clydei* est une espèce très répandue en Asie et en Afrique de l'Ouest. En Algérie, *S. clydei* se rencontre exclusivement en étage saharien. Dedet et al (1984) l'ont capturé dans la frange steppique nord-saharienne. Belazzoug et Mahzoul (1980) l'ont rencontré au Hoggar (Sahara central). *S. clydei*, pique aussi bien l'homme que les mammifères et reptiles. Espèce de nature érémienne, Cette espèce a été signalée pour la première fois en Algérie par Parrot et Durand-Delacre (1948), *S. clydei* est très répandue en Asie (Inde, Iran, Irak, Turkestan), en Afrique de l'est (Ethiopie, Kenya, Soudan, et Tchad) et en Afrique occidentale (Torres Espejo et al, 1989). En Algérie, il est présent dans la frange steppique nord-saharienne à l'est de Biskra et dans la région de Bechar (Dedet et al, 1984.), l'ont signalé également au Tassili, Belazzoug et Mahzoul, (1980) au Hoggar (Sahara central).

– *Sergentomyia dreyfussi* :

S. dreyfussi est signalé dans quatre stations, Bou-Saâda (7 phlébotomes male et 8 femelles), Ouled Madhi (1 phlébotome male) et M'sila (5 phlébotomes male et 25 phlébotomes femelles). *S. dreyfussi* est une espèce de liaison méditerranéo-éthiopienne. Sa répartition est essentiellement nord-africaine : Sud algérien (Laghouat, Biskra, Sahara central (Tassili, mais non trouvé au Hoggar), Sud tunisien. Au sud du Sahara, il est signalé d'Ethiopie (Croset et al, 1978).

– *Sergentomyia christophersi* :

Très rare, un seul exemplaire femelle fut capturé à la station de Bou-Saada ; Ailleurs, il présente une aire de distribution recouvrant les régions indo-pakistanaise et éthiopienne ; sud tunisien ; sud marocain et sud tunisien. En Afrique du Nord, *S.christophersi* apparaît comme une espèce sub-désertique, capturée dans des biotopes sauvages (Dedet et al,1984) ; capturée également au Hoggar et le Tassili (Belazzoug et Mahzoul, 1980).

– *Sergentomyia lewisi* :

Espèce rare dans la région de Boussaâda, 2 phlébotomes femelles et un phlébotome male furent capturés. *Sergentomyia lewisi* est considérée aussi comme espèce érémiennne, sa présence dans la région de Boussaâda dans l'étage péraride n'a jamais été signalée auparavant et indique par là que l'aire de distribution de ce phlébotome remonte bien au nord et franchit l'Atlas saharien, limite septentrionale naturelle de la région Saharienne. Cette espèce a été signalée à Biskra dans l'étage aride (Dedet et Addadi, 1975).

Ces résultats, montrent bien que le Hodna est bien une zone de confluence où se rencontrent les espèces sahélo-éthiopienne et paléarctiques ainsi que les espèces de liaisons méditerranéo-éthiopienne.

La région du Hodna abrite donc une diversité phlébotomienne importante regroupant plusieurs espèces vectrices, ce qui place cette région comme un territoire potentiel à l'émergence de nouvelles formes de leishmaniose ; viscérale et canine, d'autant plus que des cas sporadiques autochtones furent rapportés depuis longue date.

Le risque leishmanien sera probablement plus important avec les modifications de l'environnement qui créent des nouveaux gîtes pour les phlébotomes et les mammifères réservoirs. Les modifications de l'environnement et le changement climatique sont responsables de la recrudescence des maladies vectorielles et leur extension géographique.

Il serait intéressant de faire une analyse plus approfondie sur la répartition spatiale des phlébotomes et les facteurs et conditions propices à leur développement, aussi bien naturels qu'anthropique, en l'occurrence les modifications de l'environnement et les mouvements des personnes. Ceux-ci contribuent à la dissémination des phlébotomes et l'introduction de nouvelles espèces dans des régions qui en étaient jusque-là indemnes.

1.3.2. Fluctuation saisonnière

Phlebotomus papatasi

La courbe d'activité de ce phlébotome est bien étalée dans le temps. Elle débute en mai et se termine en novembre et ce pour les 2 stations inventoriées. La courbe synthétique augmente régulièrement, atteint un pic maximum d'activité à la mi-août (pour les 2 stations) puis régresse lentement et s'annule à la 2 quinzaine du mois de Novembre (fig.47). La courbe présente un pic

saisonnier hautement significatif entre aout et octobre (Test de Freedman $V(N) = 0,604$; $P < 0.01$ et Ratchet circular scan test=75.76 , $P < 0.005$)

En Tunisie, le cycle évolutif annuel de *P. papatasi* est marqué par 2 phases, commence vers le début mai, parfois en Avril et se maintient jusqu'à novembre et même décembre, puis une période d'hibernation jusqu'au mois d'avril.

Le maximum de développement pour *P. papatasi* est observé en aout, mois qui correspond au pic de la troisième génération eu égard à la longueur de la période chaude dans notre région.

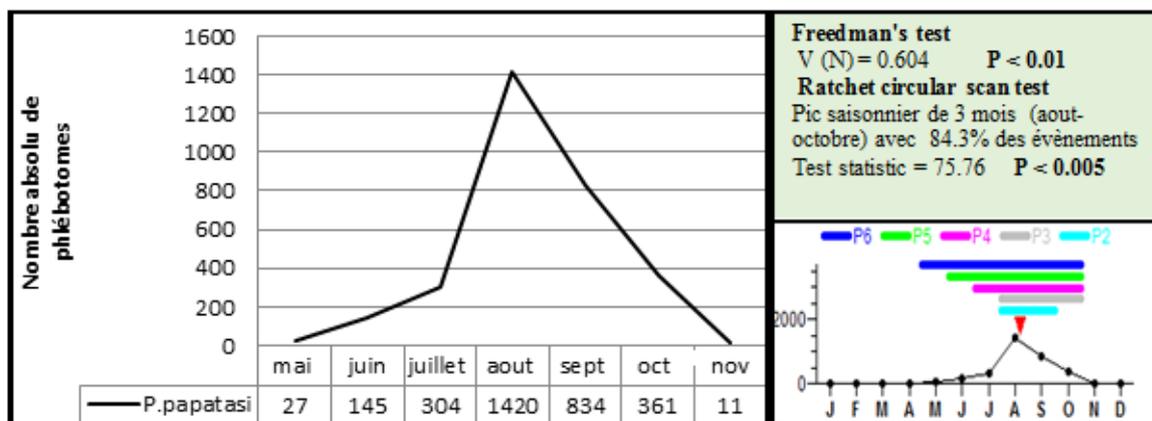


Fig 47 fluctuation saisonnière de *P.papatasi*

***Phlebotomus longicuspis* :**

Ce phlébotome est assez abondant dans les stations où règne l'humidité, alors qu'il est pratiquement absent dans d'autres plus arides. Il semblerait que cette espèce ait une distribution focale, en effet nos résultats confirment qu'on ne le retrouve que dans les stations à microclimat humide, telles les jardins et palmeraie, où il est souvent capturé parfois en grand nombre, en dehors de ces lieux par contre, sa présence est moins importante. Cette proportion élevée du genre *Phlebotomus* pourrait être attribuée à l'humidité constante, élevée et l'ombrage qui y règne créant un microclimat favorable à certaines espèces (Dancesco et al, 1970). Par ailleurs, des phlébotomes d'Algérie sont signalés pour la première fois dans la région du Hodna :

P.longicuspis apparaît également en mai, atteint son maximum de densité en juillet (fig.48) et disparaît fin novembre (Test de Freedman $V(N) = 0,631$; $P < 0.01$ et Ratchet circular scan test= 40.33 ; $P < 0.005$)

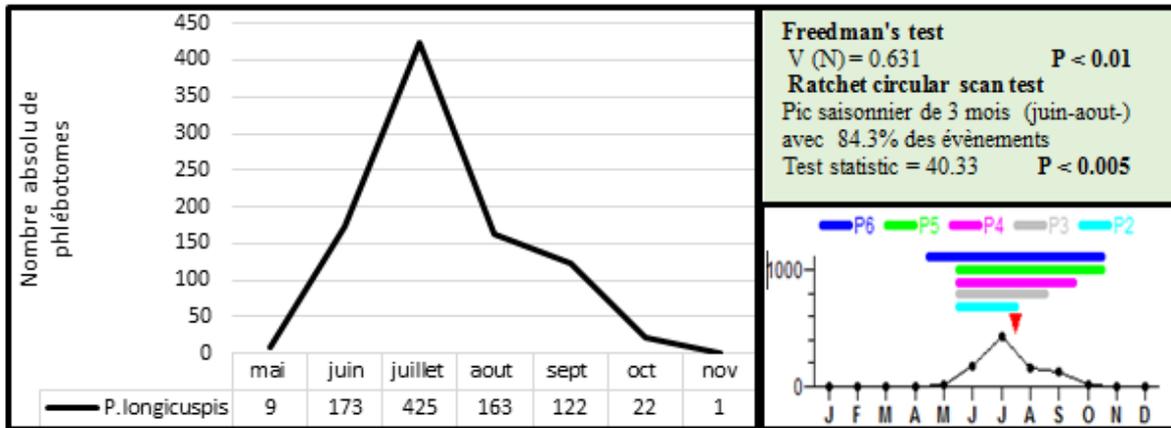


Fig 48 fluctuation saisonnière de *P. longicuspis*

S. minuta parroti

Cette espèce n'a aucun intérêt médical, mais constitue le phlébotome le plus abondant en Algérie, comme tous les phlébotomes des zones tempérés, son activité débute dès la fin du printemps et s'allonge jusqu'en automne. Il présente un pic d'activité en juillet-août. (fig.49) (Test de Freedman $V(N) = 0,692$; $P < 0.01$ et Ratchet circular scan test = 11.28 ; $P < 0.005$)

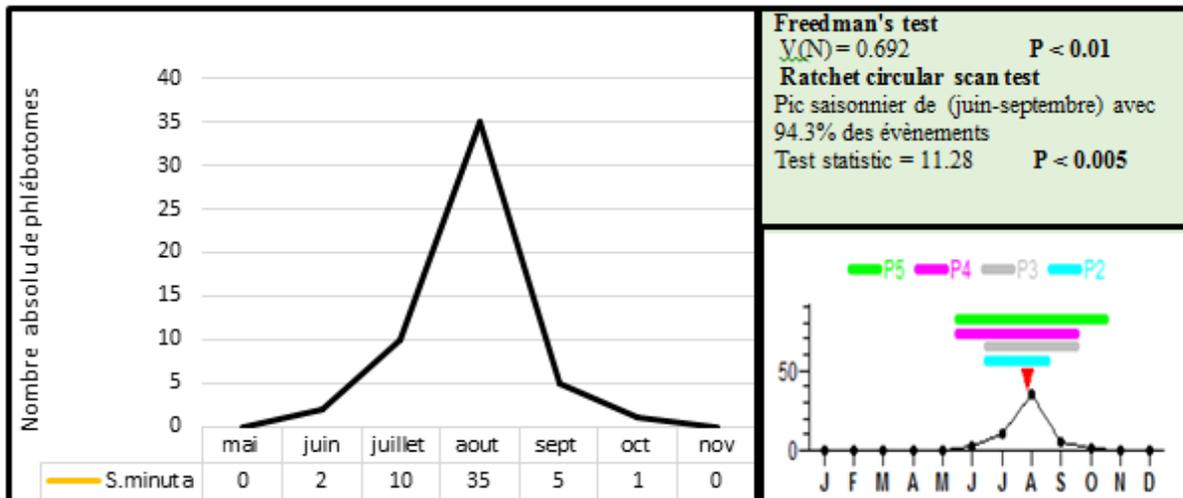


Fig 49 fluctuation saisonnière de *S. minuta*

Phlebotomus alexandri

Ce phlébotome est suspecté d'être le vecteur de la leishmaniose viscérale ; il est a été suspecté même par certains auteurs (Belazzoug ; 1983) d'être impliqué dans la transmission de la leishmaniose cutanée à *L.major*.

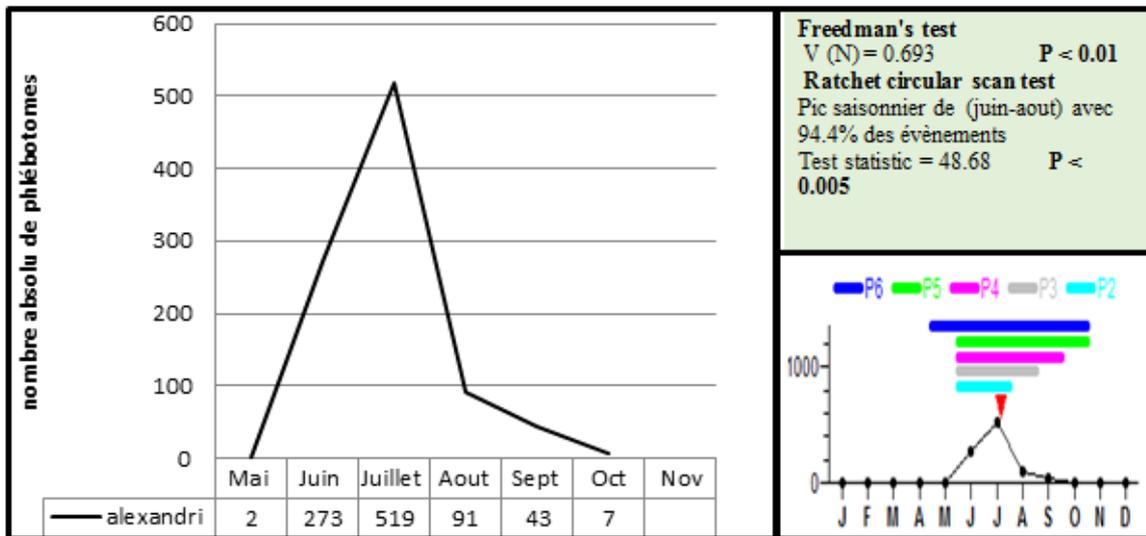


Fig 50 fluctuation saisonnière de *P. alexandri*

Son activité présente un pic en juillet-aout puis décline rapidement en octobre (fig 50).

L'activité des phlébotomes dans la région du Hodna est saisonnière (estivo-automnale), elle atteint son apogée au milieu de l'été (juillet-aout), c'est au cours de cette période que le phlébotome atteint son maximum de densité. C'est également au cours de cette période que les populations de phlébotomes sont issues de la deuxième et troisième génération, ce qui augmente le risque de leur infestation, c'est la période du risque saisonnier.

1.4. Etude sur les rongeurs

1.4.1. Inventaire des rongeurs réservoirs dans le bassin du Hodna

Les différentes enquêtes que nous avons mené et celles de Boudrissa (2005), sur les rongeurs réservoirs de la leishmaniose cutanée prouvés (*M. shawi* et *P.obesus*) dans les différents biotopes susceptibles d'en abriter, steppes à chénopodiacées , daya , champs de céréales , dépotoirs d'ordures ménagères , accotement des routes, terrasses alluviales etc....., par la méthode de recherche des indices de présences (crottes , fragment de plantes, traces...)

et par la capture active en utilisant des pièges Sherman , Manufrances et tapettes, ou par inondation des terriers, ces différentes méthodes de captures ont permis de dresser un inventaire qualitatif non exhaustif des rongeurs fréquents dans le Hodna (Muridae, Dipodidae, Macroscelidae). Ces rongeurs, vivent souvent en sympatrie, ce qui augmente le risque de transmission inter-espèces ou inter genre et famille. Les territoires des deux espèces rongeurs réservoirs prouvés de *L.major* (*P.obesus* et *M.shawi*) se superposent souvent et l'on a capturé les deux espèces dans un espace ne dépassant pas les 100m². *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 qu'au niveau de la sebka ; il a été également capturé en pleine campagne qu'en périphérie et poches urbaines. Quant à *P.obesus*, ce rongeur a été capturé au niveau de la steppe à chénopodiacée et sur les accotements routiers jalonnant la sebka, il a été également capturé aussi bien dans des poches au niveau des montagnes où affleurent des formations gypso-salines (Djebel Choukchout près de Sidi Aissa) permettant l'installation d'une végétation halophile, qu'en milieu urbain où subsiste des plages de chénopodiacées (M'sila, Hammam Dalaâ etc...).

Le tableau 11 ci-après, résume l'inventaire des espèces de rongeurs :

Tableau 11 : inventaire des rongeurs dans le bassin du Hodna

FAMILLES	GENRES	ESPECES	LOCALISATIONS
GERBILIDAE	<i>Psammomys</i>	<i>obesus</i>	M'sila, Bou-Saâda, Barika, Autour du Chott, Sidi Aissa , BBA
	<i>Merion</i>	<i>shawi</i>	Ain El Khadra, Ain El Hadjel.
		<i>crassus</i>	Bou-Saâda
	<i>Gerbillus</i>	<i>gerbillus sp.</i>	Bou-Saâda , M'cif , M'sila , Ain El Hadjel
MURIDAE	<i>Rattus</i>	<i>rattus</i>	Hammam Dalaâ, Zerrarka M'sila, Bou Saada
	<i>Rattus</i>	<i>norvegecus</i>	Bordj Bou Arerridj, M'sila , Bou Saada
	<i>Mus</i>	<i>musculus</i>	M'sila, Hammam Dalaâ , Zerrarka, Bordj Bou Arerridj Ain El Hadjel, Sidi Aissa
DIPODIDAE	<i>Jaculus</i>	<i>jaculus</i>	M'sila, Hammam Dalaâ
		<i>orientalis</i>	Ain El Melh, Zerrarka
MACROSCOLIDAE	<i>Elephantulus</i>	<i>rozeti</i>	Hammam Dalaâ.

1.5. Etude du parasite

Le parasite qui circule dans le foyer de leishmaniose cutanée dans le Hodna est bien connu depuis les travaux de Belazzoug (1983), il s'agit bien de *L.major* Mon-25, cependant le polymorphisme clinique observé chez les patients issus des différentes régions du Hodna et le signalement récent de la leishmaniose cutanée à *L.killicki* dans le foyer de Ghardaïa, nous a amené à réaliser des prélèvements chez différents patients reçus au niveau des services de prévention, traitant pour une leishmaniose. Cependant, nous n'avons pu isoler que trois souches. Le travail d'identification par la technique de l'électrophorèse sur gel épais d'amidon fut réalisé au niveau du laboratoire de référence de la leishmaniose de l'Institut Pasteur Algérie.

D'après le profil enzymatique obtenu et l'indice de mobilité de chaque souche (fig 51), celles-ci présentent le même profil que la souche marqueur à *L.major* (souche de référence LIPA 80).

Donc la caractérisation iso enzymatique des trois souches cutanées isolées des trois malades a montré qu'il s'agissait bien du Zymodème dermatrope *Leishmania major* MON-25.

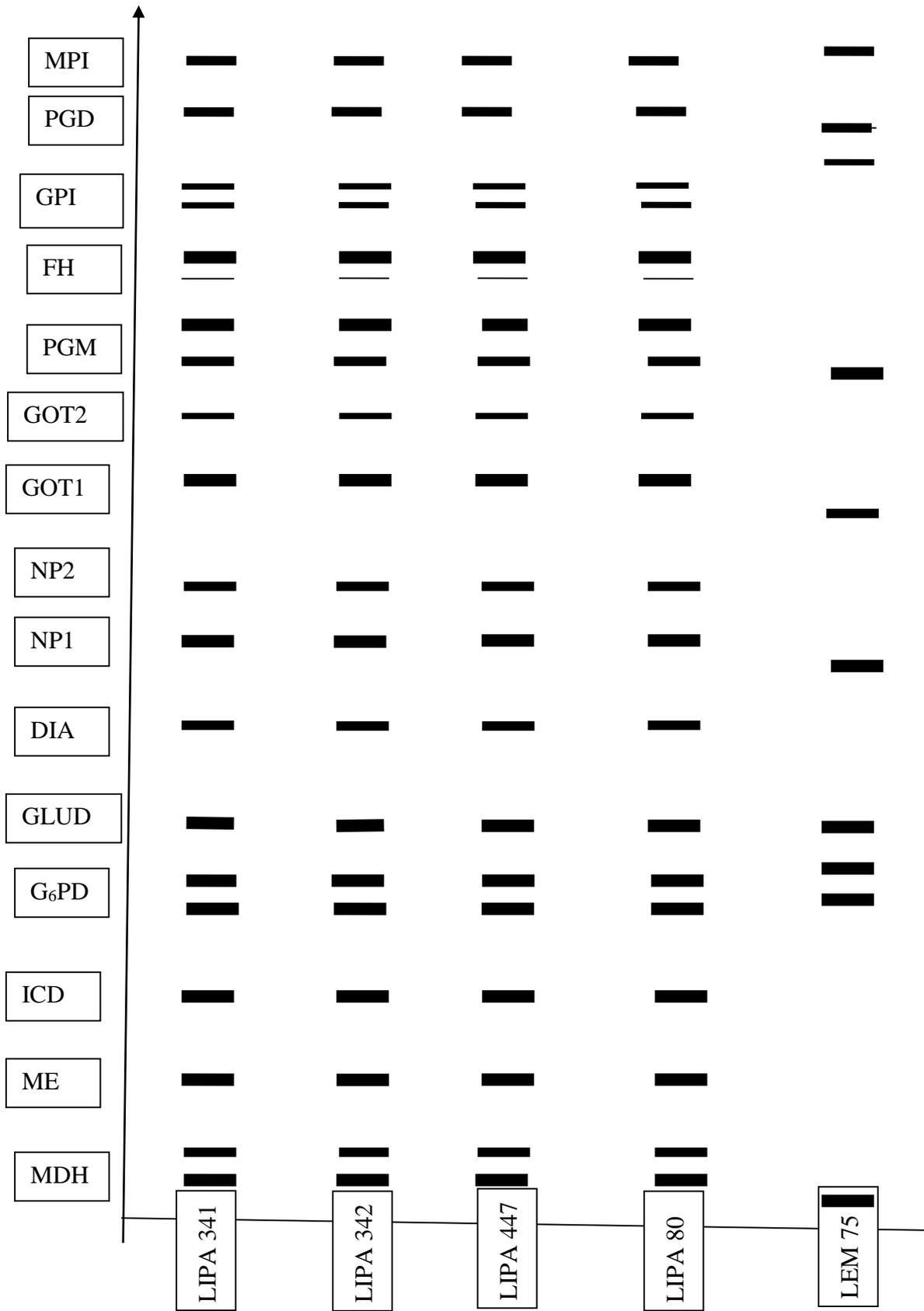


Fig 51: Diagramme récapitulatif représentant les différents profils électrophorétiques des quinze systèmes enzymatiques obtenus pour les souches étudiées

2. Etude cartographique

L'objectif assigné à l'étude cartographique est de réaliser une analyse thématique à deux échelles, une petite sur le bassin du Hodna à l'effet de produire des cartes thématiques en relation avec les déterminants environnementaux susceptibles de contrôler la maladie et l'autre à grande échelle, intéressant la ville de Bou-Saâda. Les informations que véhiculent ces dernières, permettent de dresser une carte de risque pour la leishmaniose qui caractérise trois espaces.

2.1. Etude cartographique à petite échelle

Afin de déterminer les facteurs extrinsèques qui ont une influence sur les composants biotiques du complexe pathogène de la leishmaniose nous avons élaboré plusieurs cartes thématiques qui nous paraissent en relation avec le sujet,

2.1.1. Carte hypsométrique

La carte hypsométrique a été obtenue sous ARC GIS par méthode de lissage à partir de courbes de niveau de la région d'étude (Fig 52). La lecture de la carte hypsométrique du bassin du Hodna montre clairement la forme de la cuvette qui est quasiment entourée par des chaînes de montagnes, sauf dans sa partie sud est où elle s'ouvre sur le grand Sahara. La carte hypsométrique, nous fournit des informations utiles sur les classes d'altitudes qui oscillent entre 400 mètres (plaine inondable ou sebkha) à plus de 1400 mètres (montagne du Hodna au Nord et de l'Atlas saharien au Sud). Entre ces deux limites ; la déclivité du bassin comprend également la zone du piémont et la plaine. Ces deux dernières classes d'altitudes qui constituent la majorité de la surface du bassin ; sont urbanisées et comptent la plupart des agglomérations importantes du bassin. Egalement elles sont le plus exploitées en agriculture. Cet ensemble est traversé par un important chevelu hydrographique qui entaille les vastes plaines du Hodna. Ce chevelu est plus dense au nord du Hodna, compte tenu de l'importance du massif montagneux et de la quantité l'impluvium.

Les communes qui déclarent le plus de cas, sont celles situées dans la plaine, à une altitude ne dépassant pas 700 mètres; c'est à cette altitude que sont rencontrés en fortes densités les trois facteurs du cycle épidémiologique, l'homme, le vecteur *P.papatasi* et les rongeurs Gerbillidés réservoirs, par conséquent le risque de transmission y est maximal

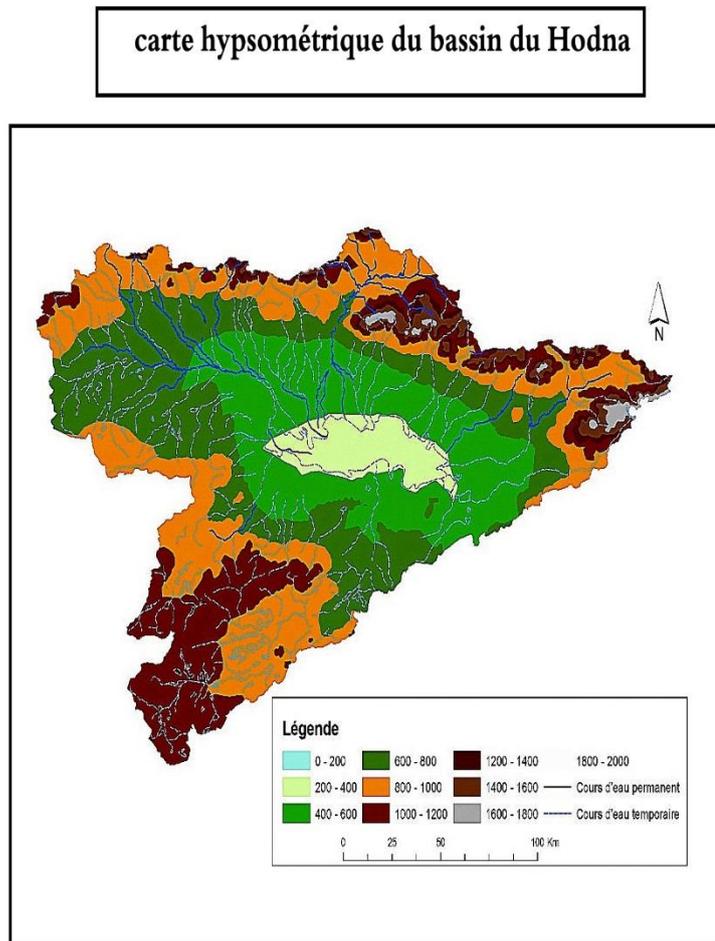


Fig.52 Carte hypsométrique du bassin du Hodna

2.1.2. Modèle numérique de terrain

Le modèle numérique du terrain(MNT) (fig 53) est obtenu par le logiciel Vertical Mapper en utilisant les courbes de niveau du bassin du Hodna. Ce MNT visualise parfaitement la structure physique du bassin du Hodna qui constitue une grande cuvette entourée de montagnes formant une imposante barrière au Nord formée par la chaîne des monts du Hodna et une autre moins importante, la chaîne des Ouled Nail au Sud. La cuvette est ouverte dans sa partie Sud Orientale. sur le Sahara et est délimitée à l'ouest par de petites montagnes qui la sépare de l'autre Sebkhha, située dans la wilaya de Djelfa, le Zahrez.

Au niveau de la cuvette du Hodna, la partie la plus basse est la Sebkhha qui reçoit toutes les eaux qui tombent sur les montagnes du Hodna au Nord ou sur les monts des Ouled Nail au sud.

De la Sebkha vers les montagnes environnemenantes, les terres s'élevent petit à petit par palliers successifs.

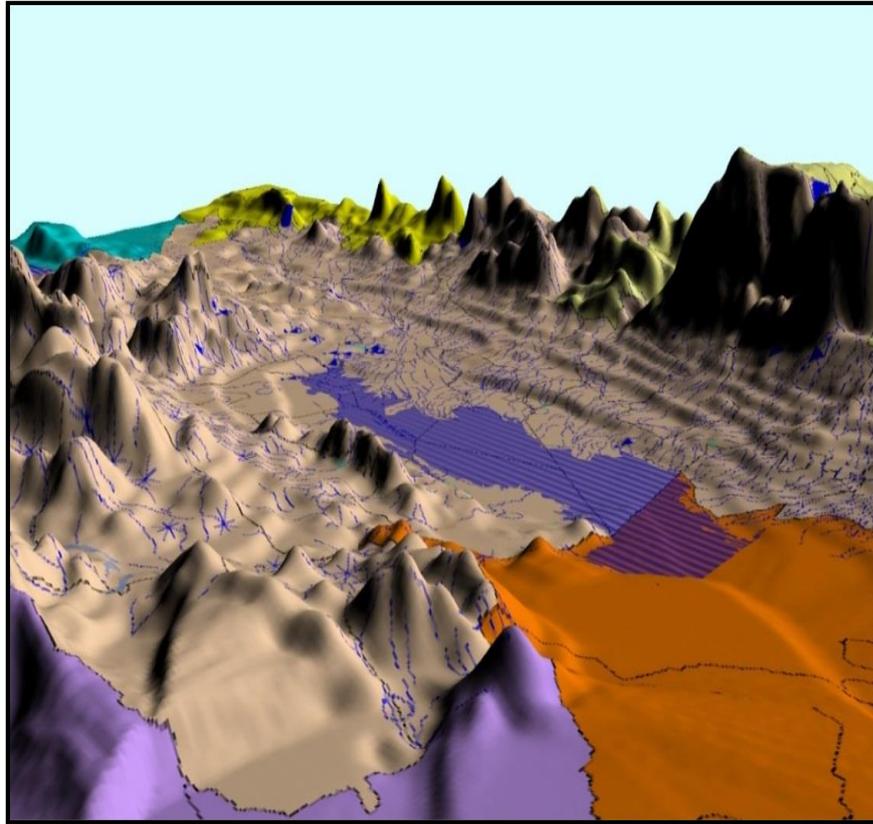


Fig.53–Modèle numérique de terrain (MNT) du bassin du Hodna

2.1.3. Carte du réseau hydrographique

La carte du réseau hydrographique (fig 54) a été réalisée par vectorisation du chevelu hydrographique sur un support géo référencé d'une image satellitaire de la zone d'intérêt. Le chevelu hydrographique est dense notamment au nord du chott. Les grands oueds qui alimentent la sebkha sont Oued Leham , Oued Lougmane, Oued K'sob , Oued Soubella , Oued Barika au Nord , Oued Bou-Saada , M'cif et Maitar au Sud.

Tous ces Oueds présentent dans certains tronçons de leur cours un écoulement permanent, jaillissant des nombreuses sources qu'ils contiennent. Cependant, les écoulements en inféro-flux sont prépondérants, ce qui maintient un taux d'humidité suffisant pour assurer la survie des biocénoses associées à ces milieux. Ceci est vrai pour le phlébotome qui est un insecte très sensible à l'aridité dont la nourriture et la reproduction sont assurés par les milieux humides qui maintiennent une chaine trophique favorable à ces derniers. Les terrasses alluviales

associées à ces Oueds sont également un refuge pour les rongeurs qui creusent leurs terriers à même leurs berges. Toutes ces données indiquent, sans équivoque, que la région du bassin du Hodna de par la nature du sol à forte salinité et l'enchevêtrement extraordinaire du réseau hydrographique reliant les principales villes, offrent des conditions propices à l'émergence de la maladie.

Nos observations sur le terrain, nous ont amenés à soupçonner le réseau hydrographique, comme un corridor utilisé par les rongeurs réservoirs pour essaimer à travers le bassin, en effet, en période de stress hydrique, les berges des oueds et les accotements des routes traversant le chott sont autant de digues qui emmagasinent l'eau de ruissellement, favorisant ainsi une humidité pour maintenir verdoyantes les touffes de chénopodiacées, plantes sur lesquelles le rongeur *P.obesus* se nourrit. En période hivernale le territoire de *P.obesus* épouse celui de la répartition des chénopodiacées dans la zone circum-sebka, En période estivale, ne reste verdoyantes que les plantes halophytes poussant dans les parties inondables du bassin, qui constituent autant de zone de repli qui permettent une survie des rongeurs. Ces corridors sont colonisés préférentiellement *P.obesus*, ce faisant, le rongeur essaime à travers ce vaste réseau de chevelu hydrographique.

Ce vaste réseau hydrographique, notamment dans sa partie nord du bassin, est également utilisé par les agriculteurs comme zone d'emblavures par inondation, les principaux cours d'eau sont jalonnés par de nombreuses plaines alluviales. Les cultures de ruissellement sont généralisées entre les isohyètes de 100 et 200 mm et localement développées entre les isohyètes de 70 à 100 mm. Il s'agit de grands systèmes hydrauliques allogènes avec de très grands bassins versants. Elles dépendent de l'existence de conditions locales des sols et de topographie favorables notamment dans les piedmonts des Djebel. Ces cultures de ruissellement, encore appelées cultures d'oued, concernent les céréales, mais aussi l'arboriculture : olivier, figuier, dattier, grenadier, amandier. Elles sont particulièrement bien développées en Tunisie, en Tripolitaine et en Marmarique égyptienne, pour ce qui concerne l'arboriculture ; mais surtout sur les piedmonts des Némemchas, des Aurès, du Hodna et de l'Anti-Atlas pour ce qui concerne la céréaliculture (Le Houérou ,1995).

Ces plaines de céréaliculture attirent préférentiellement un autre rongeur gerbillidé , *M shawi* , dont les populations fluctuent considérablement en période de grande productivité agricole , ses populations connaissent une explosion, qui leur permettent de coloniser tout le

bassin. En période de stress hydrique, les zones de repli sont l'accotement des oueds, les vergers et surtout les dayas.

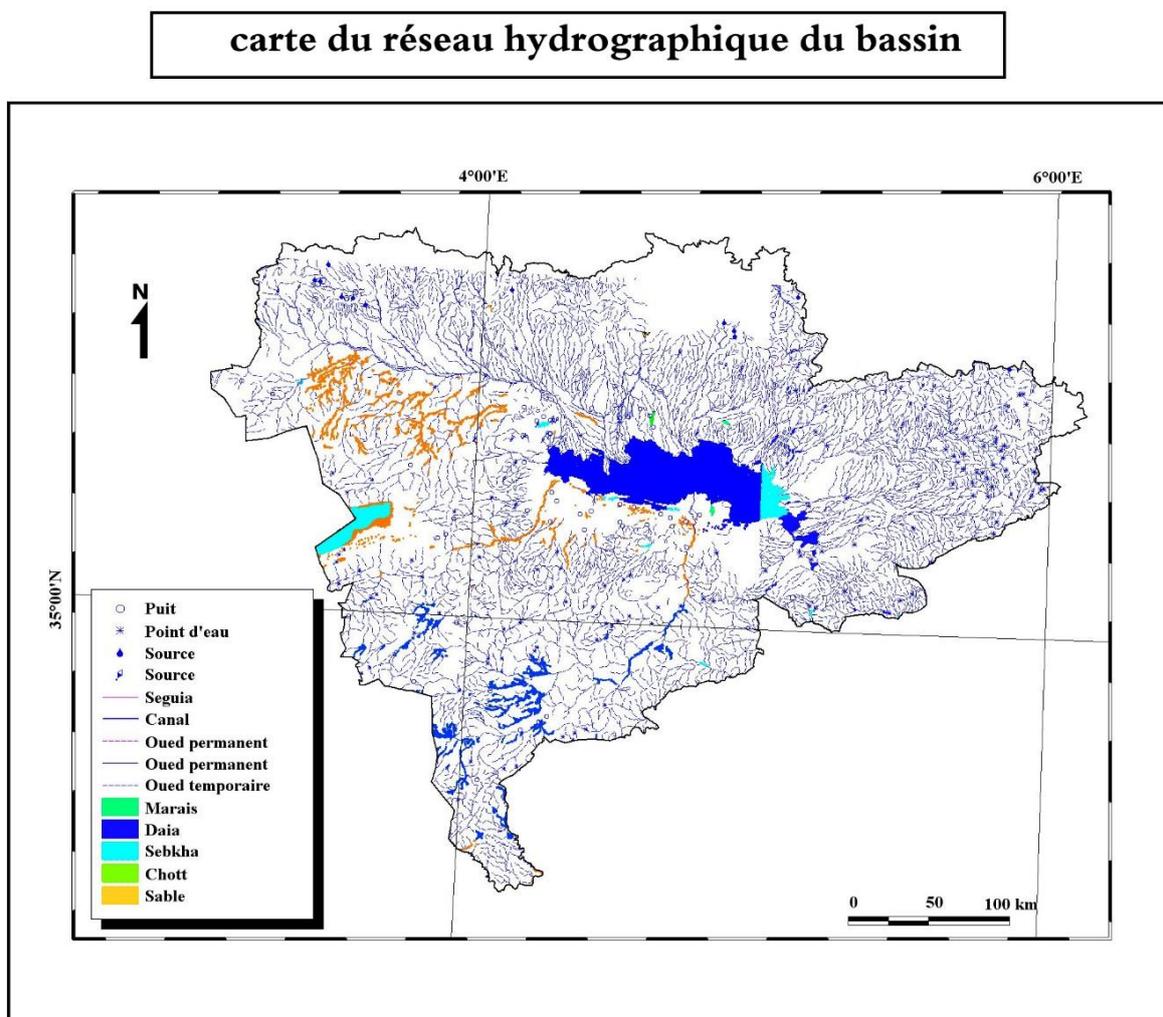


Fig.54 carte du réseau hydrographique du bassin

2.1.4. Analyse des risques pour la leishmaniose cutanée zoonotique

L'étude de la répartition spatiale de la leishmaniose cutanée dans le bassin du Hodna, par communes révèle une inégale répartition des cas, selon que ces communes sont situées dans la plaine le piémont ou la montagne (fig 55).

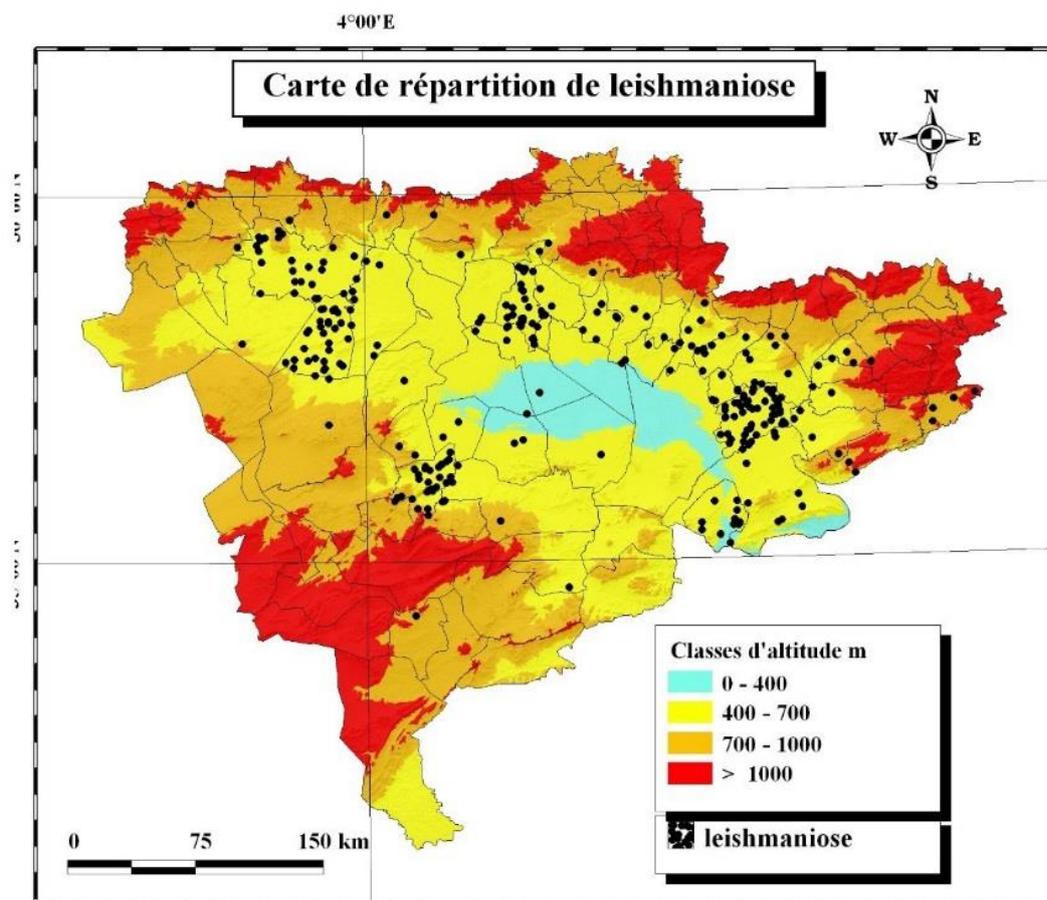


Fig 55. Carte de répartition de la leishmaniose par classe d'altitude

Les fortes incidences sont enregistrées pour les communes du piémont et de la plaine proche de la sebkha (fig 56).

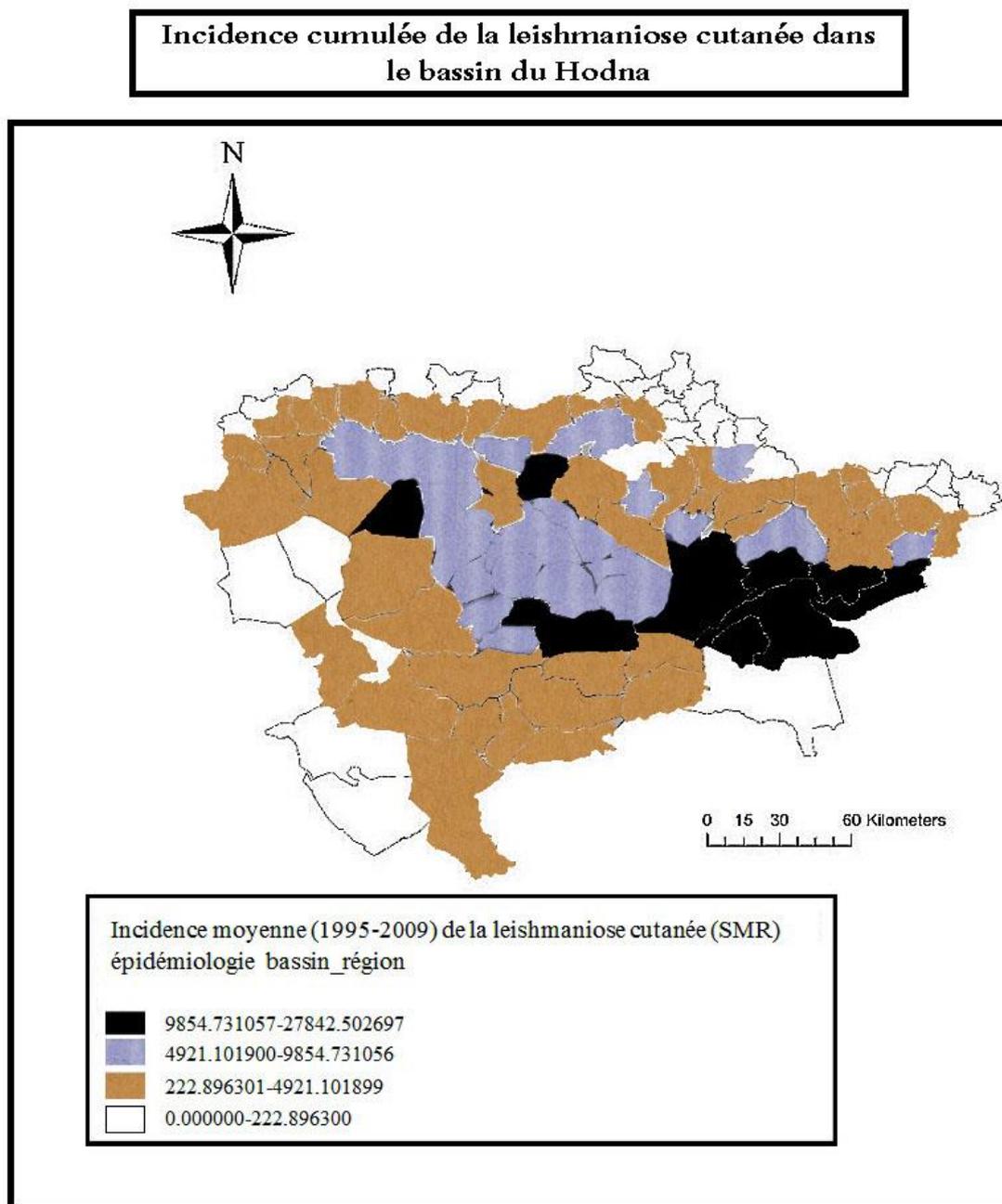


Fig.56. Incidence cumulée de la leishmaniose cutanée dans le bassin du Hodna

Les causes de cette forte incidence de la leishmaniose dans les communes circum-sebkha ou circum-chott sont plusieurs, cependant le facteur altitude semble déterminant dans l'établissement de la maladie (fig.55). L'ouverture vers le Sahara à travers l'Atlas saharien (couloir de Bou Saada-Biskra) laisse pénétrer le climat saharien jusqu'au piémont sud du massif du Hodna (fig 57). Cette situation permet aussi le développement d'un milieu fortement

contrasté entre la façade nord de cette chaîne (tendance humide) et sa façade sud (tendance semi-aride à aride).

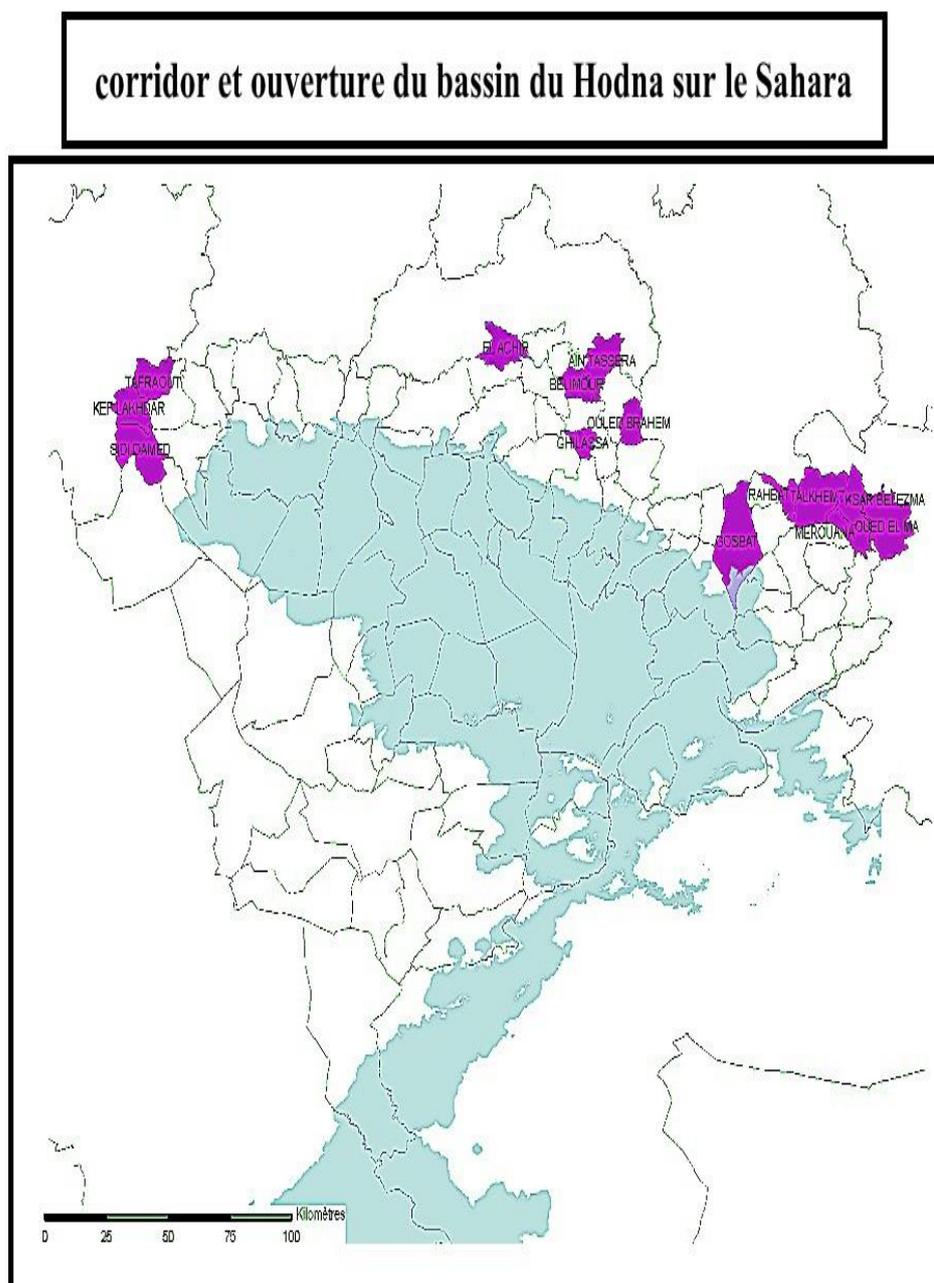


Fig 57 Corridor et ouverture du bassin du Hodna sur le Sahara

Le chott Hodna qui appartient au bassin du même nom, fait suite un chapelet de chott et de dépressions salées qui parsèment toute la frange steppique Nord-Saharienne(fig .58). Le bassin hydro géographique du Hodna est ouvert dans sa partie Sud-Est sur celui du Sahara. Cette ouverture a, non seulement une importance de point de vue écologique, mais constitue un

corridor et un couloir par lequel transitent les facteurs de maladies (rongeurs Gerbillidés et insectes vecteurs)(fig.56).

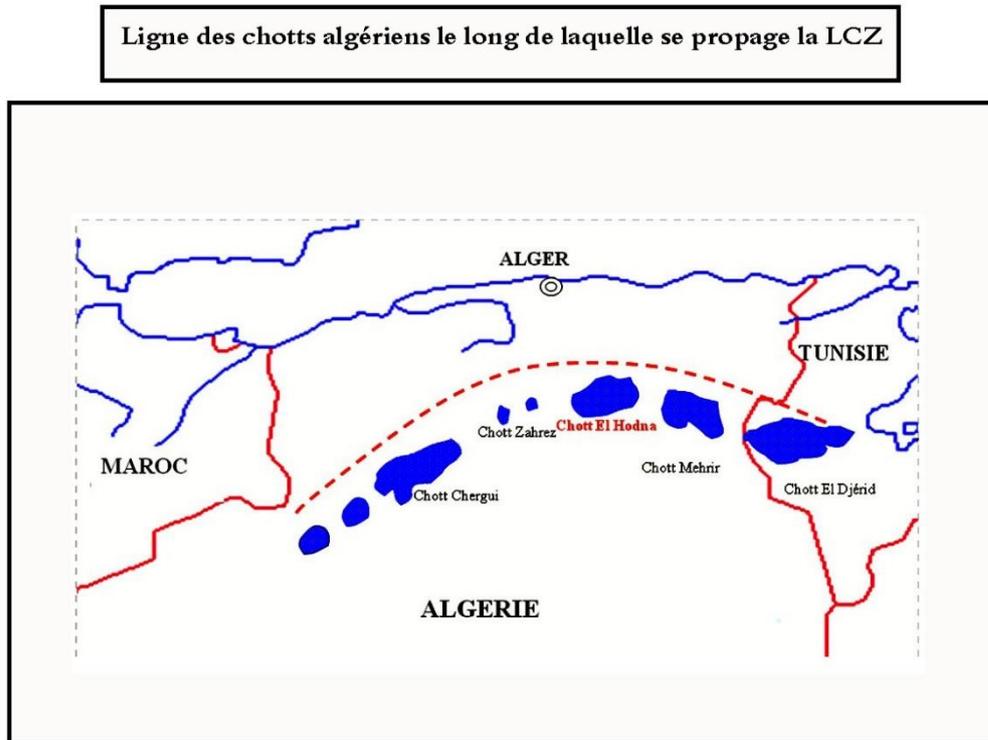


Fig.58. Ligne des chotts algériens le long de laquelle se propage la LCZ (Boudrissa, 2005)

La lecture des cartes précédentes sur la répartition spatiale de la leishmaniose cutanée dans le bassin du Hodna a montré une prévalence de la maladie dans certaines communes, précisément au sud –est du bassin (fig 55 et 59)

Pour expliquer la prédominance des agrégats spatiaux dans une région plus qu'une autre, nous avons utilisés un logiciel de statistique spatial (Geoda) et les modules spatiaux dans ARC Gis

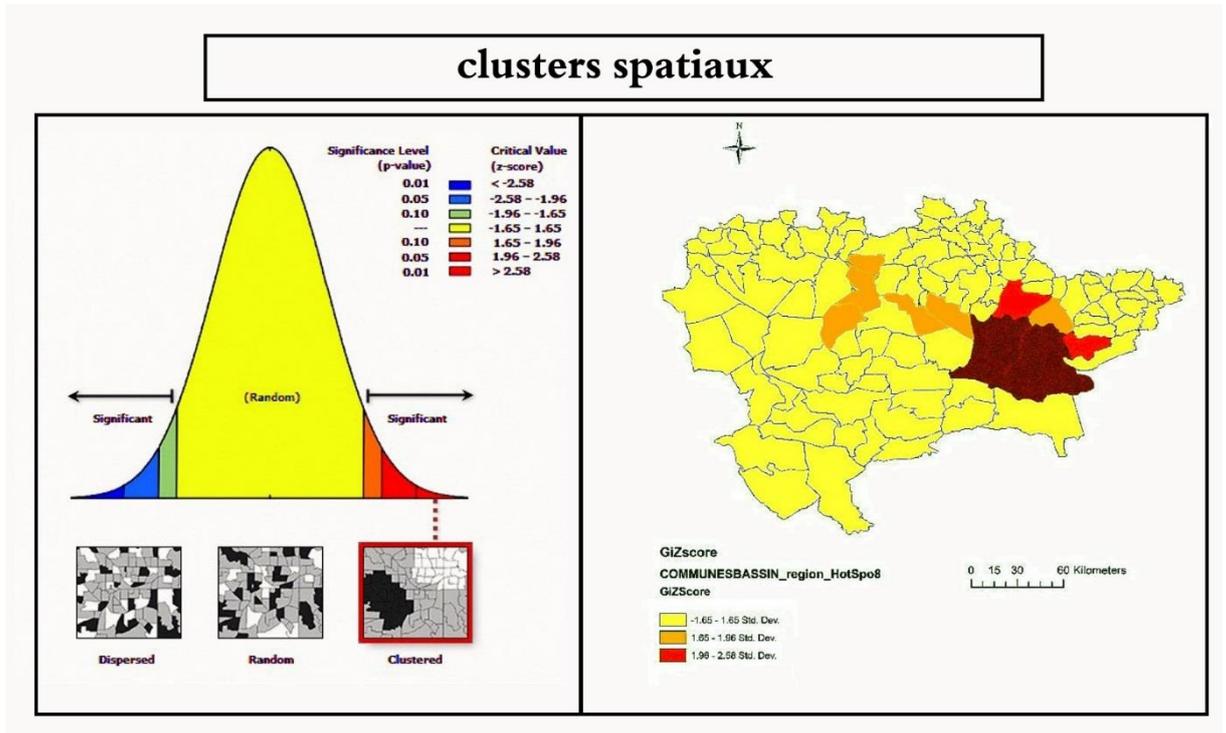


Fig 59 clusters spatiaux

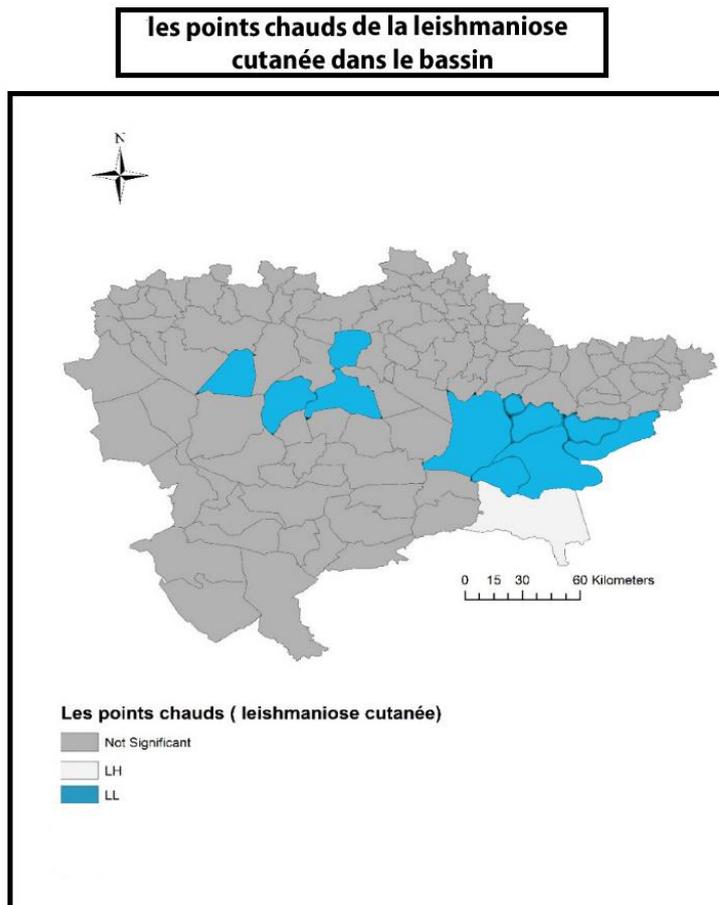


Fig 60. Les points de la leishmaniose cutanée dans le bassin

L'outil spatial de détection des clusters d'ArcGis a détecté des agrégats spatiaux significatifs. Le groupe de communes qui représente un point chaud au Sud Est sont situés précisément dans le couloir qui s'ouvre sur la région de Biskra (fig. 60), foyer traditionnel de la leishmaniose cutanée. En outre, ce groupe de communes est le siège d'une intense activité agricole et compte en son sein des grandes agglomérations urbaines dont Barika et M'doukal. Le deuxième point chaud est situé à l'ouest du bassin et compte également des grandes agglomérations urbaines et une forte activité agricole. En réalité, toutes les communes du bassin du Hodna appartiennent en réalité à la même région noso-géographique, délimitée par la ligne de partage des eaux, reliées entre elles par un réseau hydrographique enchevêtré et un réseau routier dense ; indiquant par là une focalisation de la maladie. Cette focalisation ou nidalité a été mentionnée par les chercheurs russes qui ont travaillé sur les foyers de la leishmaniose des régions steppiques du sud de l'URSS (Neronov, 1971). Un lien existe entre la maladie et l'écologie, notamment à travers les éléments du cycle parasitaire, l'insecte vecteur et le mammifère réservoir ; le milieu dans lequel ils évoluent, leur assure les exigences biotiques dont ils ont besoin, notamment les facteurs physiques, température, humidité, gîte et les facteurs biotiques comme la nourriture, la reproduction et autres. L'analyse du milieu fait ressortir les caractéristiques suivantes du bassin, sa majeure partie appartient au domaine d'altitude 500-800; altitude optimale pour le vecteur de la leishmaniose cutanée *P.papatasi*, par ailleurs, le MNT réalisé pour la région, montre qu'il s'agit bien d'une cuvette endoréique, entourée de montagnes, au nord et au sud, qui communique avec la région de Biskra à l'est et le chott du Zahrez à l'ouest. En allant de Biskra vers le chott du Zahrez, en passant par le Hodna, les terres s'élèvent progressivement par plateaux successifs.

En comparant la carte d'occupation du sol (fig. 61.) et celle de la répartition de la maladie, il apparaît clairement que ce sont les zones agricoles à l'interface avec la steppe crassulescente qui constituent les foyers actifs de la leishmaniose cutanée, en effet, ce sont ces zones formées par les terres agricoles entourées par une steppe salée, qui supportent le complexe pathogène de la leishmaniose cutanée, le vecteur *P papatasi* et les rongeurs réservoirs *P.obesus* et *M.shawi*.

2.2. Etude cartographique à grande échelle

2.2.1. Carte d'occupation du sol

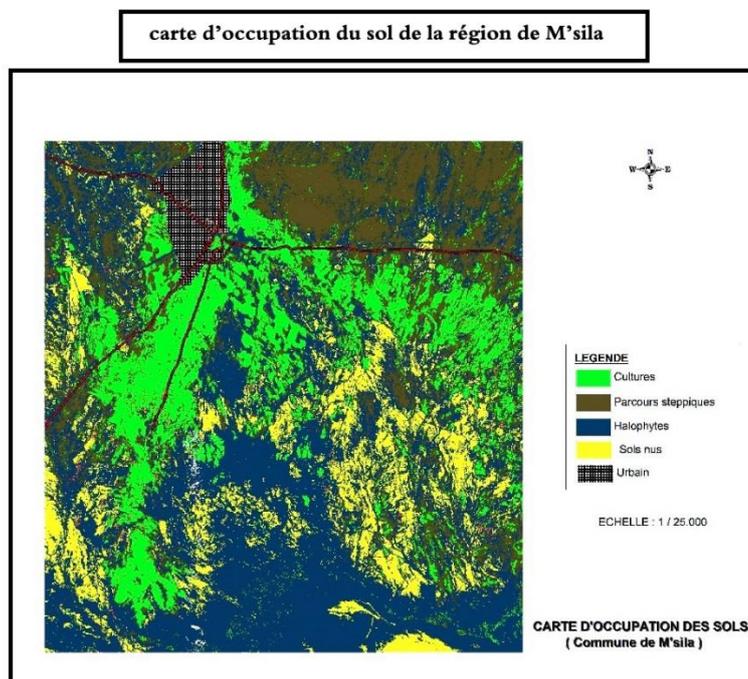


Fig .61 carte d'occupation du sol de la région de M'sila

La carte d'occupation du sol réalisée sur une partie du bassin du Hodna (fig 61); précisément une zone de la commune de M'sila couvrant 850 km², nous a permis de reconnaître quelques formations steppiques qui peuvent jouer un important rôle dans le maintien du complexe pathogène ; les formations steppiques halophytes et les zones de cultures (Tab .12)

Répartition des terres dans la zone de M'sila

Tableau 12. Occupation du sol dans la région de M'sila

TYPE DE SOL	SUPERFICIE	POURCENTAGE %
Steppe à armoise –alfa	20754 ha	21.5
Culture	14557 ha	16.80
Sol nu	12981 ha	14.10
Steppe à halophyte	40566 ha	44.4
Urbain	3000 ha	3.2
	91858	100%

2.2.2. Carte d'analyse du risque au niveau du secteur urbain

Répartition de la leishmaniose par quartiers

Les requêtes spatiales réalisées, nous ont livré des cartes thématiques par quartiers

-Quartier Bendaghmous

carte de distribution de la leishmaniose et facteurs de risque

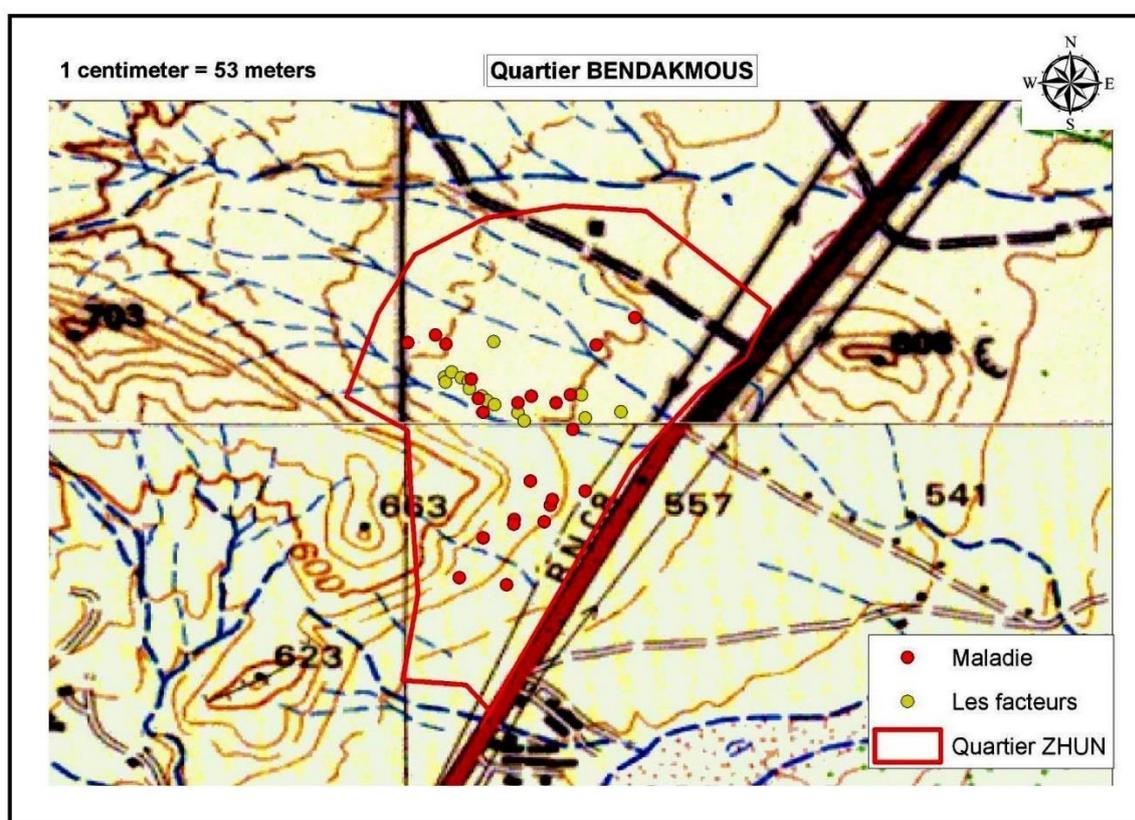


Fig.62 Carte de distribution de maladie et de facteurs de risques, quartier Bendakmous

La carte (fig 62) fait apparaître des clusters ou agrégats qui reflètent bien une corrélation entre le nombre de cas (maladie) et la proximité des facteurs de risques (tous types confondus).

Les facteurs de risque relevés par notre analyse sont situés, dans le centre du quartier. Ce qui augmente le rayon d'action des phlébotomes et les personnes qui seront atteintes par la leishmaniose augmenteront tant que les gîtes de contamination ne seront pas éliminés. Le

paradoxe c'est que des centaines de logements sociaux sont programmés dans ce quartier, ce qui augmenterait le risque populationnel, d'autant plus que la population qui y viendrait sera neuve.

-Quartier El Koucha

Ce quartier à forte densité de population, est également concerné par la leishmaniose. Les malades y sont dispersés et a priori il n'existe pas une clustérisation ou des agrégats spatiaux. Cependant, les facteurs de risques de la leishmaniose sont relevés le long de la route qui jalonne la montagne surplombant le quartier. (fig.63). C'est à partir de ces lieux que se transmet la leishmaniose, d'autant plus qu'il a été démontré à Ghardaïa, une transmission de *L.killicki* à partir des gîtes de goundi, colonisant les éboulis rocheux.(Boubidi et al, 2011).

Il existe, également à l'intérieur du tissu urbain, des espaces mal entretenus, comme les cimetières, qui peuvent constituer des lieux de transmission de la leishmaniose ; en effet, nous avons observés des terriers de rongeurs à l'intérieur des cimetières mozabites et juif implantés au cœur de ce quartier. Les tombes entrouvertes sont des propices abris pour le repos des phlébotomes, ou de multiplication si elles sont colonisées par un rongeur.



Fig. 63 : Carte de distribution de maladie et de facteurs de risque, quartier El Koucha

-Quartier La Cadat

Ce quartier est également concerné par la leishmaniose, les cas sont répartis sur toute sa superficie avec cependant une clustérisation proche de l'oued qui borde à l'est le quartier sur toute sa longueur. Les points relevés forment une ligne parallèle à ce dernier. (fig.64)

Ce quartier, bien qu'il soit moderne et viabilisé n'en demeure pas moins sans risque de transmission de la leishmaniose. L'oued favorise l'humidité indispensable au développement du vecteur *P.papatasi* et les déchets qui y sont jetés sur ces berges abritent les rongeurs réservoirs.

Le quartier reste dans le rayon d'action du phlébotome qui peut voler sur un rayon de 500 mètres.

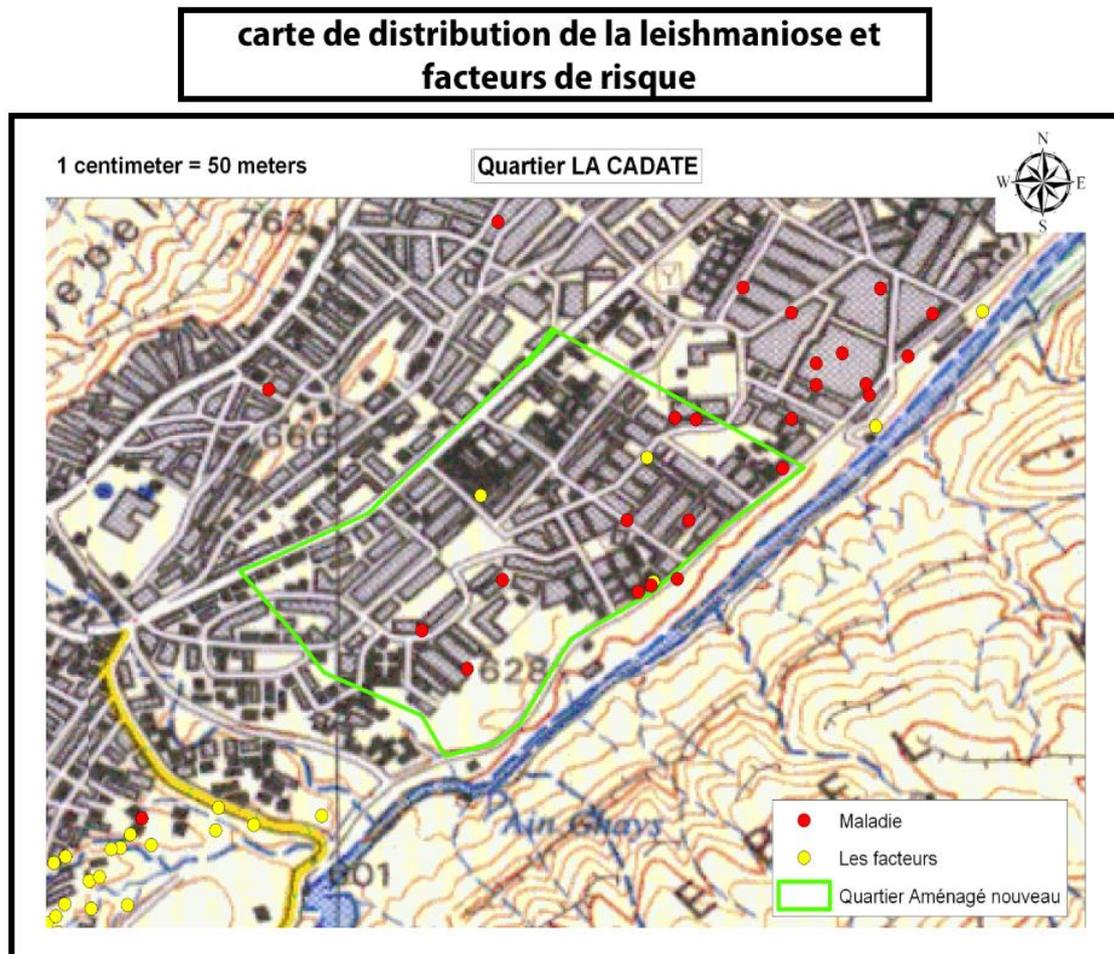


Fig.64: Carte de distribution de maladie et de facteurs de risques, quartier la cadat

-Le quartier de Maitar

Ce quartier est le plus touché par la leishmaniose cutanée, tous les facteurs de risque relevés par l'enquête y sont présent en forte proportion. Ces derniers forment une ceinture bordant le quartier sur tout son périmètre, précisément sur les flancs des oueds qui le délimite. La carte illustre parfaitement le lien spatial qui existe entre les gîtes de transmission et les cas de maladie.(fig.65).

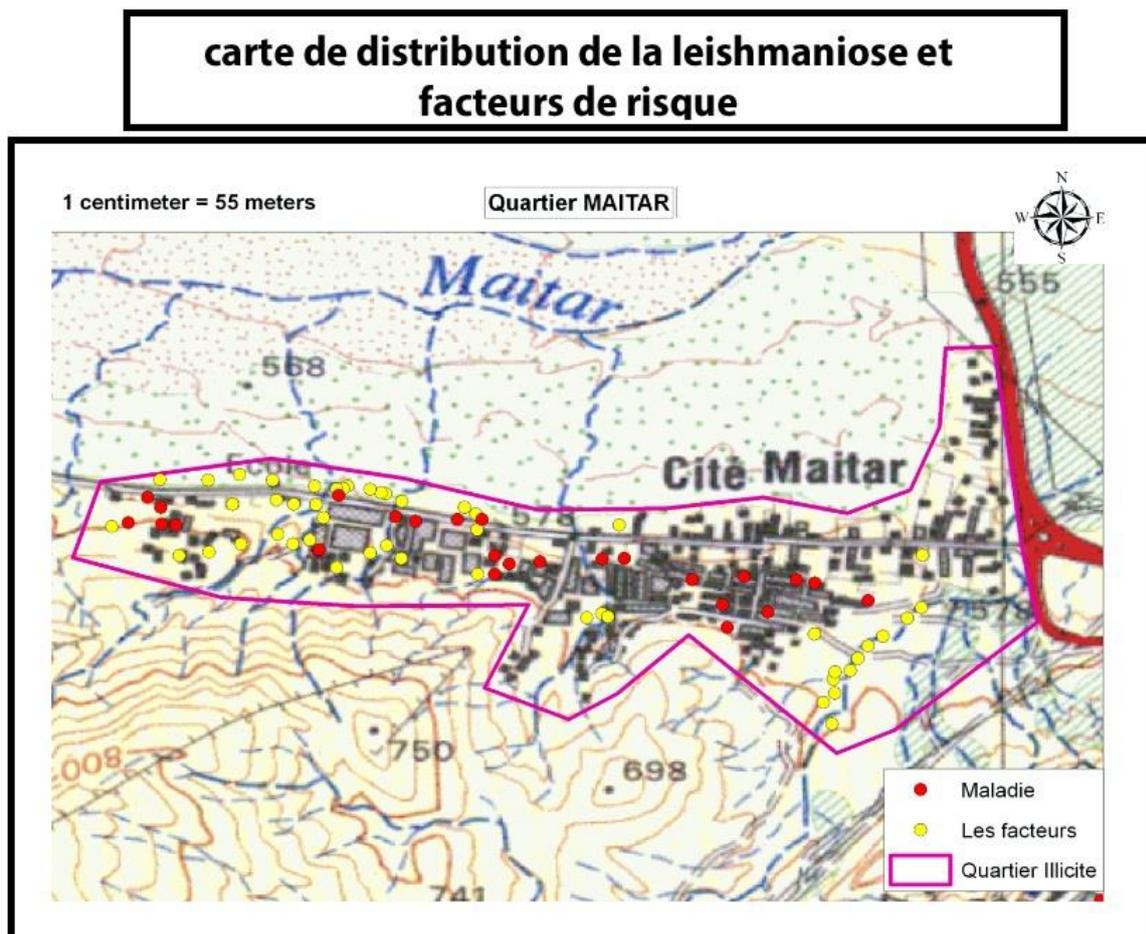


Fig 65. Carte de distribution de maladie et de facteurs de risques, quartier Maitar

-Le quartier de Sidi Slimane

Ce quartier illicite à forte densité de population est également frappé par la leishmaniose, les cas humains observés sont localisés pré des oueds qui bordent le quartier dans sa limite Est. L'effet de bordure est également ici visible par la localisation péricentrale des facteurs de risque (fig 66).

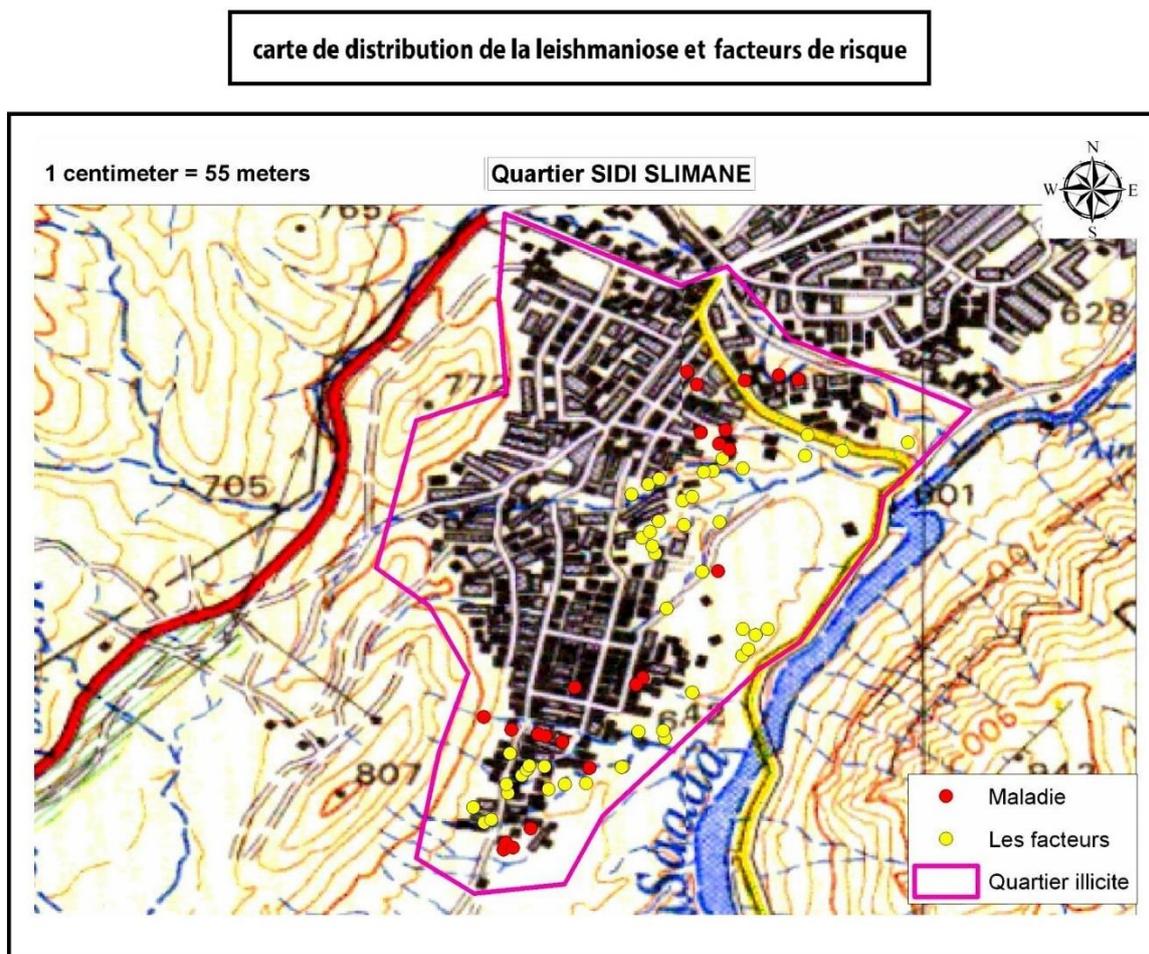


Fig.66 Carte de distribution de maladie et de facteurs de risques, quartier Sidi Sliman

-Le quartier Staih

Staih est un quartier huppé qui abrite une classe aisée, il est bien viabilisé et aménagé, cependant la leishmaniose y est signalée, malgré l'absence de facteurs de risques à l'intérieur de ce dernier. L'oued qui passe à proximité pourrait en être la cause (fig.67).

carte de distribution de la leishmaniose et facteurs de risque

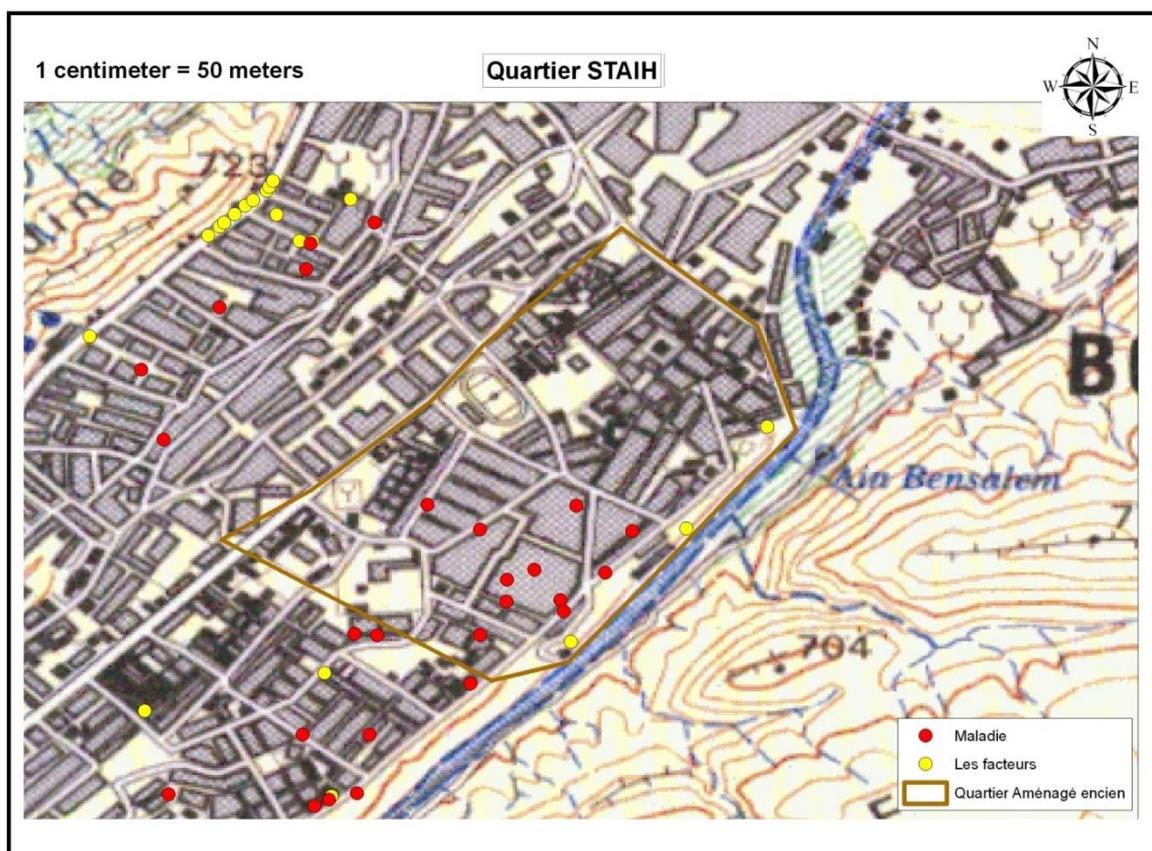


Fig.67 Carte de distribution de maladie et de facteurs de risques, quartier Staih

2.2.3. Analyse urbaine des secteurs et facteurs de risques

-Secteur n°6 : quartier Sidi Slimane

Le secteur 6 représente le quartier de Sidi Slimane, il abrite une population de plus de 20.000 habitants, dont la plupart sont issues de l'exode. C'est un quartier illicite construit sur les flancs d'une colline, il est caractérisé par plusieurs ravinements causés par l'écoulement en pente des eaux dévalant de cette dernière, ces ravinements entravent la circulation automobile et certains secteurs de cette cité sont inaccessibles. Ils sont également utilisés par les habitants comme dépotoirs occasionnels des déchets ménagers et assimilés. Ce quartier a bénéficié d'une opération de réhabilitation dans le cadre des programmes RHP (Résorption de l'Habitat Précaire), lequel englobe l'assainissement, l'AEP et l'aménagement urbain.

Des résultats notables furent obtenus notamment en ce qui concerne l'accessibilité et l'hygiène du milieu, cependant persistent des carences en matière d'enlèvements des ordures ménagères et dans l'application de la réglementation, notamment celle relative à l'interdiction de l'élevage à l'intérieur des périmètres urbains.

Les statistiques sanitaires indiquent que ce quartier de la ceinture urbaine, continue d'enregistrer des cas de leishmaniose. Les causes de cette persistance peuvent être attribuées aux carences citées précédemment. Il est évident que l'entassement des ordures et la pratique de l'élevage contribuent fortement à la pullulation des insectes vecteurs et des rongeurs réservoirs. Par ailleurs ce quartier est situé à la zone péri-urbaine à l'interface entre le milieu sauvage et les zones d'habitations.

Les maisons échantillonnées des malades comprennent ou bien un abri animal pour ovin et/caprin ou ils y sont à proximité. 90 % des maisons de 50 malades visités, remplissent les conditions citées en haut. Il est indéniable que la présence d'un abri pour animaux constitue un facteur de recrudescence de la leishmaniose en milieu urbain, Boudrissa (2005) a échantillonné dans la ville de Ain El Hadjel uniquement de *P.papatasi* à l'intérieur d'une étable pour ovin. L'élevage favorise le développement du *P.papatasi* qui est un phlébotome anthropophile et bien adapté au milieu urbain. La mauvaise gestion du fumier animal est y pour cause, il est le plus souvent entassé à l'extérieur de la maison.

Les résidents de ces quartiers marginaux originaires des villages satellites de Bou-Saada ont un statut social précaire et recourent le plus souvent au petit élevage comme activité palliative. Cette activité de petit élevage ne concerne pas ce quartier uniquement, mais elle intéresse également les autres quartiers de la ceinture urbaine, ou les habitants y élèvent surtout les caprins à cause de la qualité de leur lait. Chaque coin de la ville a son « harrague », troupeau de chèvre. Le fumier animal constitue un milieu idéal de développement des larves de phlébotomes (Izri et al, 2006), par conséquent la densité du phlébotome s'en trouve amplifiée, ce qui a un impact sur l'intensité de la transmission de la leishmaniose dans les quartiers urbains. Un autre facteur important dans la recrudescence de la leishmaniose en milieu urbain en est peut être l'élevage du bétail, Athukorale et al (1992) ont noté une forte incidence de la leishmaniose cutanée au Sri Lanka dans les villes peuplées de Dikwella et de Beliatta, due particulièrement à l'élevage du bétail dans le secteur urbain. Ces animaux fournissent un repas de sang aux phlébotomes et leur fumier servira comme milieu de développement à leurs larves.

-Secteur n°1-quartier Maitar

Le secteur de Maitar est également un quartier illicite qui a été pris en charge par le programme RHP, il abrite une population qui avoisine 6000 habitants. La densité habitant / ha est de 180.

Ce quartier attenant à la zone d'entrepôt et d'activité (ZEA) en représente son extension, la majorité de sa population y travaille (ouvriers, gardiens etc.) ; Parallèlement à ceci existent des activités informelles dont l'abattage clandestins de l'ovine/ caprin ainsi que la volaille. Les différents déchets liés à cette activité ne sont pas pris en charge par les services de l'APC et sont éparpillés à la périphérie du quartier. Par ailleurs existent différents type d'élevage y compris le bovin, même en stabulation à l'intérieur des hangars situés au cœur de ce quartier. Ce dernier de forme urbaine longiforme, sépare le cordon dunaire de la montagne qui le surplombe. Les déchets issus des différentes activités sont également, comme au quartier de Sidi Slimane évacués sur les berges des oueds et les bas fonds des thalwegs. Les tas d'ordures attirent de nombreux rongeurs de la zone dunaire, rapprochant plus ces derniers des habitations humaines.

-Secteur n°2-quartiers 20 aout-Chabani -Bendaghmous

Le secteur urbain n°2 est implanté dans une zone limitrophe au cordon dunaire dont une partie de ses maisons sont construites à même la lisière des dunes, ce secteur est traversé par deux oueds dont les berges sont colonisées par le rongeur *P.obesus* , d'ailleurs les prospections que nous y avons réalisées, montrent qu'effectivement les terrasses alluviales de l'Oued Maitar , sont recouvertes de plantes chénopodiacées et sont bien un biotope pour *P.obesus*.

Le secteur, qui est une nouvelle extension urbaine, abrite également des espaces verts, la palmeraie et l'espace boisé Djenane Belguizaoui. Les habitations y sont la plupart construite en dur et sont de type individuel.

-Secteur n°3-quartier Dechra Gueblia

Le secteur de Dechra El Gueblia est situé au piémont de la montagne Kerdada qui le limite à l'est, il est également traversé par l'Oued Bou-Saada dont l'écoulement est pérenne. Les habitations sont en majorité en dur, il possède une extension illicite, le quartier de Rasfa , ilot de maisons précaires. Comme la majorité des quartier de la ville , on y pratique l'élevage

caprin et ovin. Les conditions socio-économiques de la population résidente est préoccupante, le chômage et la pauvreté sont fréquents dans ce quartier. Le secteur 3 et le secteur 2 sont mieux végétalisés, ils possèdent par conséquent un microclimat plus frais et plus humide que les autres secteurs urbains de la ville.

Secteur n°4-quartier Koucha et Kaissa

Le secteur 4 représente le quartier d'El Koucha et Kaissa , il est également illicite mais l'opération de sa régularisation foncière est en cour , il est fortement peuplé et la densité urbaine y est forte 350 hab/ha. L'analyse urbaine montre la présence de cimetières à l'intérieur du tissu urbain, le cimetière juif et le cimetière mozabite .Il y'a un fort soupçon que ces lieux soient responsables de la transmission de la leishmaniose dans ce quartier à forte densité urbaine , en effet , ces endroits sont délaissées et peuvent abriter des vecteurs et réservoirs de maladies ; ils sont envahies par les mauvaises herbes et les débris de déchets balancés par les habitants mitoyen au delà des murs qui les séparent du cimetière. Les tombes ouvertes par les rongeurs constituent des lieux de repos propices aux phlébotomes vecteurs. Les enquêtes entomologiques réalisées en différent endroits de la ville, notamment dans les cimetières où les tombes colonisées par les rongeurs sont des gites à phlébotomes. Les rongeurs commensaux, souris, rat et surmulot infestant les lieux peuvent contenir le parasite. L'être humain est lui-même un réservoir de parasites pour la leishmaniose urbaine, comme celle qui fut découverte récemment à Ghardaïa causée par *L. killicki* qui coexiste avec la leishmaniose à *L. major* (Harrat et al, 2009).

Secteur n°5-quartier Cadat et Staih

C'est un secteur dont l'urbanisme est planifié, il comprend l'ancien noyau colonial de la ville et les nouvelles extensions urbaines ; ce secteur est bien aménagé, la densité d'habitation et d'habitant est moyenne. L'hygiène du milieu est bien meilleure par rapport aux autres secteurs de la ville ; il comprend les principaux équipements administratifs et financiers

2.3. Carte de répartition des rongeurs

2.3.1. Carte de répartition de *P.obesus*

La leishmaniose cutanée zoonotique, étant une maladie qui se transmet intensément chez les rongeurs gerbillidés (Ashford, 2000), il est dès lors intéressant de connaître leurs répartitions spatiales, de localiser leurs territoires et biotopes, ceci permet d'apprécier le risque spatial et par conséquent de mettre en place les mesures préventives nécessaires pour faire abaisser l'incidence de la leishmaniose qui ne cesse d'augmenter.

P.obesus est un rongeur dont la survie dépend de la présence de plantes salées imbibées d'eau (chénopodiacées), il est, très fréquent dans les steppes crassulescentes des chotts et des terrasses alluviales des oueds et cours d'eau, vit exclusivement sur les chénopodiacées et creuses ses terriers dans les limons et sables. Il est dès lors possible de localiser son territoire en élaborant une carte de répartition des steppes halophiles et psammophiles (fig. 68).

L'analyse de la carte paysagère nous donne le poids de chaque steppe .ainsi c'est la steppe psammophile qui totalise 49.5% du territoire potentiel du *P.obesus*, s'ensuit la steppe halophile avec 33.5% et enfin l'espace dunaire avec 17%. A noter que ces territoires sont constamment modifiés par les actions de l'homme

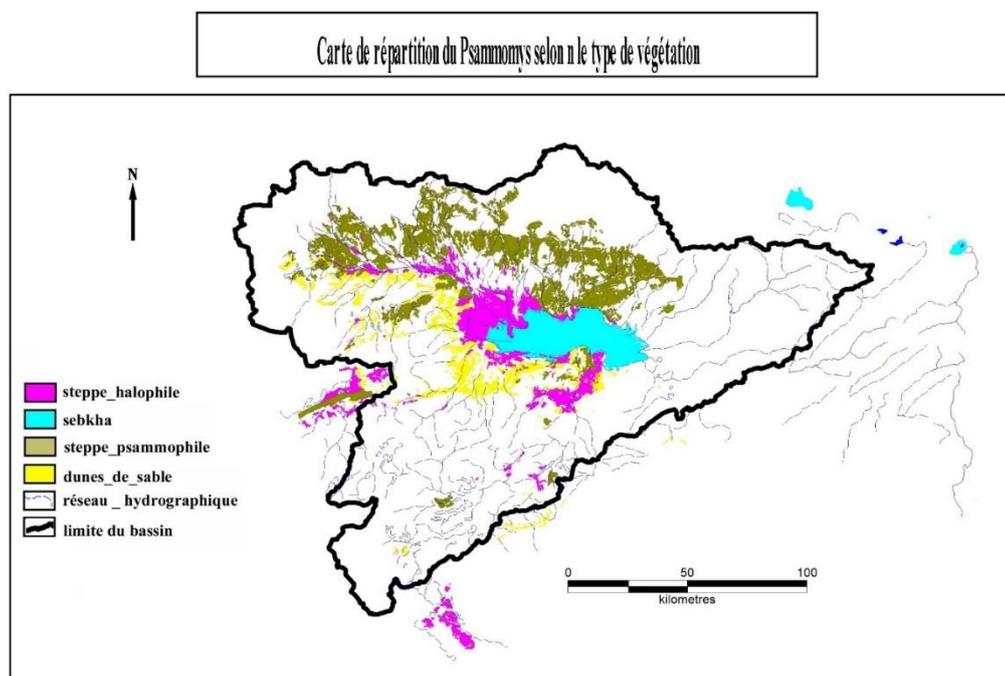


Fig 68 : Carte de prédictive de la répartition du *P.obesus* dans le bassin du Hodna

Petter (1961), avait souligné que la plupart des peuplements de *P.obesus* sont liés aux réseaux hydrographiques du Sahara, les colonies sont continues, ils dépendent de la permanence des peuplements végétaux, cette continuité peut être interrompue du fait d'une succession de périodes sèches. La technique de capture-marquage-recapture, ou par l'utilisation d'émetteurs sur les animaux permettront peut-être d'apporter des éléments de réponse quant à la dynamique et la mobilité des *P.obesus*.

Petter (1961), retrouve *P.obesus* aux étages bioclimatique aride et semi-aride, dans les régions steppiques à sol salin, situées autour de point d'eau naturel, la répartition de ce rongeur saharien est limitée aux endroits où subsiste toute l'année une humidité suffisante pour permettre la survie des végétaux appartenant à la famille des Chénopodiacees, c'est à dire dans toutes les zones autour des Sebka et Chott, dans les zones situées autour des Oasis, au niveau des lits d'oued asséchés . Ces exigences trophiques très précises limitent sa répartition aux seules aires géographiques de distribution de ces plantes qui, en Algérie, englobent toutes les régions situées au nord de l'atlas saharien, jalonnées par la ligne des chotts endoréiques.

P.obesus est le principal réservoir de *L.major* dans le Hodna (Belazzoug, 1983), ses populations sont relativement stables, son aire de distribution, plus restreinte, est associée exclusivement aux steppes halophytes, creuse ses terriers dans les sols limoneux et sableux aux pieds des touffes de chénopodiacees, son terrier moins étendu, contient des réserves (débris organiques) et des déjections. Ce comportement assure des gîtes larvaires pour une grande variété d'insecte, y compris évidemment les phlébotomes. Le régime du *P.obesus* doit comporter des plantes halophytes succulentes, sans lesquelles il devient diabétique. Ces végétaux sont abondants et répandus dans les sebkhas et les oueds, ou une flore limitée est dominée par les chénopodiacees, telles qu'*Anabasis sp. Haloxylon.*, *Suaeda spp. Salsola tetrandia, Salicornia spp. Atriplex halimus.*

Finalement, *P. obesus* est un rongeur désertique très peu adapté au manque d'eau comparativement aux espèces granivores. En période estivale, ce rongeur est attiré, nécessité oblige, par les touffes imbibées d'eau, ce faisant il parcourt de grande distance, qui, justement, favorise la propagation de la maladie, donc, paradoxalement, la sécheresse pourra être considéré comme un facteur d'aggravation de la zoonose. D'ailleurs, nous avons remarqués sur le terrain, qu'en période de stress hydrique, *P .obesus*, colonise les berges des oueds et les accotements des routes, à la recherche de touffes de chénopodiacee succulentes et imbibées d'eau. Celles-ci jalonnent sur des dizaines de kilomètres les accotements des routes et le vaste réseau

hydrographique. Ce faisant, *P.obesus* pourrait remonter ces corridors et par la sorte, propager la maladie loin de son foyer naturel.

Daly et Daly (1973) ont démontré que la répartition des individus ne se fait pas par hasard mais en fonction de leur source de nourriture préférée. Les femelles établissent leurs terriers préférentiellement dans les zones où poussent ces buissons en grande quantité plutôt que dans celles où ils sont faiblement représentés. Ceci conduit les auteurs à noter que la distribution spatiale de *P. obesus*, à l'échelle du micro habitat favorable se réalise plutôt de façon dispersée que de façon agrégée.

La lecture de la carte de répartition de *P.obesus*, révèle l'importance de son aire de distribution qui intéresse à la fois le Nord du chott Hodna que sa partie Sud. Cette aire de distribution se modifie aux grés des conditions climatiques et aux actions de modification de l'environnement entreprises par l'Homme (opérations de mises en valeur). En fait, toutes les régions situées au nord et au sud de l'atlas saharien constituent un territoire de prédilection pour ce rongeur. Il y'a une parfaite superposition entre l'aire de répartition de la maladie et ses foyers actifs et la ligne des chotts qui jalonne la frange steppique nord saharienne, laquelle prend naissance du chott El Djérid en Tunisie à l'Est jusqu'au chott Chergui dans l'Ouest Algérien

La carte révèle que les principales agglomérations de la wilaya sont implantées dans ces steppes, ce qui constitue en soi un risque spatial.

2.3.2. Carte de répartition de *M. shawi*

L'élaboration de la carte de répartition spatiale du territoire potentiel de *M.shawi* émane des données bibliographiques sur la biologie de ce rongeur ainsi que de nos observations sur terrain lors de nos différentes enquêtes, *M.shawi* est un déprédateur agricole potentiel, dès lors il est strictement associé aux périmètres de mises en valeur agricole (fig 69).

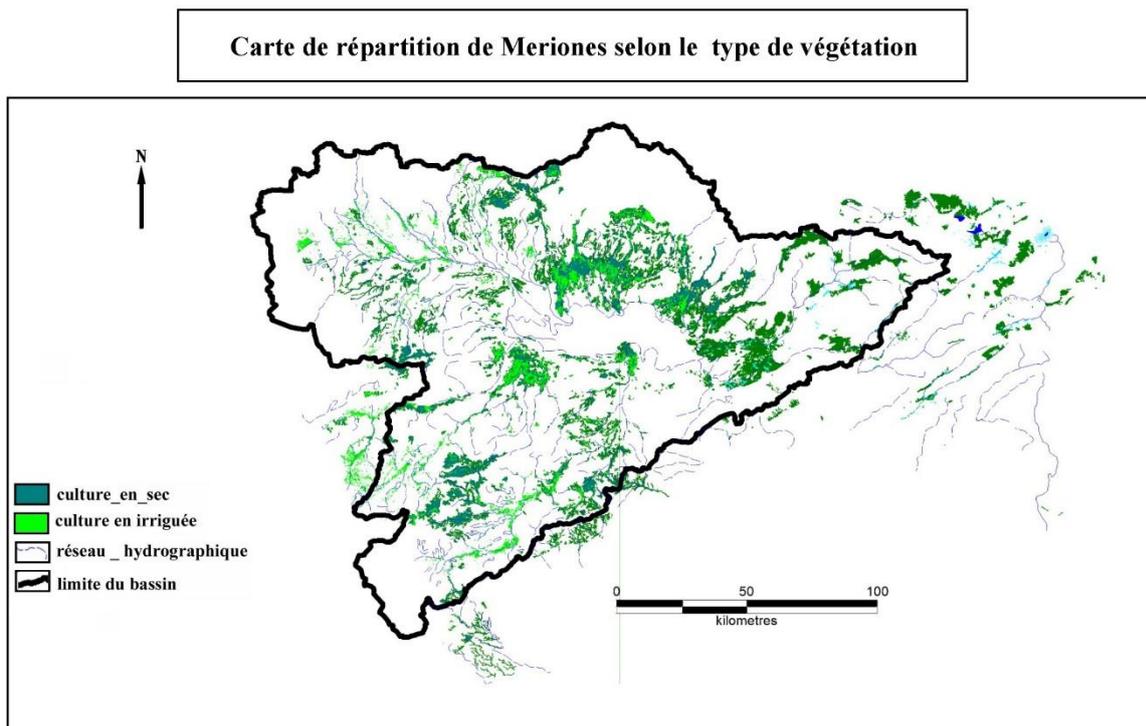


Fig 69 : Carte de prédictive de la répartition de *M.shawi* dans le bassin du Hodna

M.shawi est le deuxième rongeur réservoir de *L.major*, détritivore, granivore et stercoraire, il n'est pas une espèce désertique à proprement parler, mais une espèce hygrophile qui ne survit en climat désertique que si la teneur en humidité de l'atmosphère est élevée.

M.shawi construit son terrier le plus souvent dans les touffes de jujubier (*Zizyphus lotus*) de préférence à proximité des champs de céréales qui constituent sa principale source de nourriture (Petter, 1961).

Les populations de cette espèce sont volontiers migratrices (Petter, 1961), le régime alimentaire du *M. shawi* contrairement à *P.obesus* n'est pas stricte, omnivore et commensal, il se rapproche des habitations pour se nourrir des déchets que l'homme génère, cette proximité confère à ce rongeur un rôle de relais de transmission du parasite. Déprédateur agricole, *M.shawi* est rencontré le plus souvent dans les périmètres de mise en valeur en périphérie du chott, il y côtoie souvent *P.obesus* (Boudrissa, 2005).

Il est observé également en forte densité en zone céréalière de piémont, les zones d'emblavement les plus fertiles sont celles situées à proximité des routes, qui, comme un Ced de dérivation, retiennent l'eau en période de pluie. *M.shawi* colonise les talus, buttes du jujubier et terres non inondables aux alentours des champs de céréales.

Le bassin du Hodna est le siège ces dernières années d'une profonde métamorphose de son milieu naturel induite par les opérations de mises en valeur tout azimut qui ont transformés de vastes étendues désertiques en de luxuriants vergers. La carte (fig. 54) nous donne un aperçu sur l'importance des périmètres de mise en valeur et leur localisation en arc autour du chott. Ces périmètres ont bénéficié à la fois de l'impluvium des monts du Hodna au Nord et des potentialités hydriques sous-terraines du chott.

Les superficies totales des attributs géographiques en relation avec l'épidémiologie de la leishmaniose à savoir, les steppes à chénopodiacées, les zones de cultures et le réseau hydrographique ont été obtenues après élaboration de la carte d'occupation des sols du bassin du Hodna. Les informations sur les superficies des terres cultivées sont extraites de la carte ; ainsi la superficie dédiée aux cultures en sec est de 292961.18 ha et celle pour les cultures en irrigué est de 31193.85. Les surfaces irriguées sont le plus souvent proches des grandes agglomérations du Hodna, Bou Saada, M'sila, Barika etc....

Cette proximité des périmètres irrigués des grandes agglomérations constitue également un facteur de risque spatial pour la leishmaniose cutanée.

La carte met en exergue également la superposition des bandes vertes avec le réseau hydrographique (cultures de ruissellement), ces bandes sont le plus souvent colonisées par *M.shawi*, ceci constitue également un facteur de transmission de la leishmaniose vers de nouveaux territoires indemnes. Le risque de propagation de la leishmaniose dans le Tell est bien réel, d'autant que Boudrissa et *al*, (2012) ont signalé sa présence dans le sous bassin de la Soummam (Tell). Le Tell est également connu pour être un fief de *M.shawi* où souvent, il pilule, causant des dégâts considérables à l'agriculture céréalière.

La superficie dédiée à la culture est importante, elle occupe la zone circum sebkha et la vallée, elle est surtout localisée le long des terrasses alluviales des grands oueds drainant le bassin. Cette typologie du sol est en cesse remuante à la faveur des modifications de l'environnement dynamique que connaissent les wilayates du bassin.

Dans le bassin du Hodna l'agriculture existe sous deux formes :

-l'agriculture par épandage est fréquente beaucoup plus au nord de la Sebka car le réseau hydrographique y est plus dense et plus arrosé. Les agriculteurs construisent des digues et ceds de dérivations, pour inonder les terres s'étalant de part et d'autres des cours d'eau.

Les champs de céréales attirent les mériens qui colonisent ses abords. On rencontre souvent, non loin des terriers de mériens, sur les berges des cours d'eau ceux des *P.obesus*.

L'homme par ses activités favorise donc le contact entre les deux rongeurs, augmentant le risque spatial de la maladie, car, contrairement aux *P.obesus*, sédentaires, dont le biotope est lié aux steppes salées, *M. shawi* possède un rayon vital plus large, qui lui permet de propager le parasite en dehors de son foyer naturel.

L'agriculture en irrigué par les forages, fréquente au sud du chott, dans les terres alluviales de Oued Bou Saâda et M'cif ; les steppes et parcours de ces lieux ont été radicalement transformés en vastes champs agricoles où l'on pratique l'arboriculture et les cultures maraichères. Là aussi, les modifications de l'environnement ont été à la faveur du rongeur *M. shawi*, attiré par les céréales, légumes et fruits. Ce dernier colonise les champs, alors que *P. obesus* loge dans les terres non encore défraichies.

La carte d'occupation du sol, montre la disposition des exploitations agricoles formant un chapelet autour de la grande sebkha. Toutes ces modifications, outre qu'elles augmentent le contact entre les rongeurs, favorisent également la pullulation des phlébotomes vecteurs, en augmentant d'une part la litière organique et l'humidité, nécessaires au développement des larves.

Les résultats de l'occupation du sol sont rapportés dans le tab.15, les terres de culture occupent 14557 ha soit 16.80% de la superficie totale de la zone analysée, les formations steppiques à halophytes (plantes chénopodiacées) couvrent 40566 ha soit 44.4%, les steppes à armoise tapissent 21.5% du territoire

Les formations steppiques dominantes sont les steppes à halophytes qui couvrent pratiquement près de la moitié de la zone d'étude ; celles-ci sont de deux types ; les steppes naturelles qui colonisent de vastes plaines du chott et les terrasses alluviales du vaste réseau hydrographique et celles qui résultent de la salinisation du milieu, conséquemment aux pratiques culturales non pérennes prédominantes dans le Hodna. En effet, ces dernières sont le fruit des pratiques culturales prédominantes dans la région ; le recours sans limite à l'irrigation, sans souci de la capacité des sols et des ressources en eau ; a eu des conséquences parfois catastrophiques sur le milieu ; la salinisation (Makhloufi et Dehimi, 2007). Par ailleurs les eaux du ruissèlement qui sourdent des flancs sud du mont du Hodna sont utilisées dans l'irrigation par épandage ; ces eaux sont chargées de sel d'origine tellurique. Les sols calcaires steppiques

comportaient des plages de salures parfois importantes ; sur les glacis encroûtés du quaternaire ancien (Moulouyen) surmontant les formations rouges sablo-argileuses du miopliocène continental et les grès et argiles versicolores du Crétacé inférieur continental, sur les collines encroûtées (croûtes polygéniques du quaternaire ancien et moyen) surmontant les calcaires et marnes souvent gypseuses du Crétacé supérieur (Cénomaniens, Turonien, Sénonien) ou ces mêmes grès et argiles versicolores (Pouget, 1973).

Il semble que la salinité soit le facteur prépondérant du lien entre la leishmaniose cutanée zoonotique et l'aridité. En effet, le réservoir principal prouvé de la leishmaniose cutanée à *L.major* est le rongeur gerbillidé *P. obesus* qui se nourrit exclusivement de plantes chénopodiacées formant les steppes crassuléscentes des sols salés des chotts et des terrasses alluviales. En outre, les chotts sont caractérisés par une évaporation intense qui permet de restituer une partie de l'eau des aquifères à l'atmosphère et sont souvent humides dans les zones proches des sebkhas, cette évaporation favorise la multiplication des phlébotomes vecteurs. Ainsi dans ce biotope, le parasite *L.major* se transmet aisément entre les rongeurs *P.obesus* et assure sa survie. Il apparaît donc que le biotope salé des cuvettes endoréiques avec ses biocénoses forment un complexe pathogène typique de la leishmaniose cutanée zoonotique et que l'augmentation de la salinité par les pratiques culturales non pérennes dans les territoires jusque-là indemnes, pourraient constituer un facteur de risque spatial de cette maladie.

2.4. Stratification bioécologique des phlébotomes dans le bassin du Hodna

Dans le but d'établir une carte de risque de la leishmaniose cutanée, maladie à précellence vectorielle (Rioux et al., 1990), nous avons divisé nos stations de captures par strates selon que ces dernières appartiennent à la plaine, piémont ou montagne. Les données ont été traitées par ACP et les résultats montrent clairement que *P.papatasi* est un phlébotome des steppes ouvertes et des plaines.

La distribution des phlébotomes est étroitement fonction de facteurs environnementaux locaux tels que les précipitations et la température, des facteurs physiques tels que les barrières géographiques et la disponibilité de l'habitat, et les facteurs biotiques tels que la distribution et l'abondance des hôtes vertébrés (Cross et al., 1996 ; Ghosh et al., 1999). Déterminer la composition faunistique et la distribution des phlébotomes peut aider à l'incrimination des espèces vectrices, et la distribution des vecteurs de la leishmaniose peut être utile à l'élaboration

des cartes de risque. Comme la plupart des insectes ectothermes, la répartition des espèces de phlébotomes est fortement dépendante de la température, donc les espèces situées le long de gradients altitudinaux doivent s'adapter à une variété de conditions climatiques (Telfer et Hassall, 1999).

Dans les vallées, plaines et piedmont, les humains sont particulièrement dans une situation à risque pour la leishmaniose cutanée en raison des conditions écologiques appropriées pour le phlébotome, qui préfère une humidité relative de 70-80% et des températures entre 25C° et 28C°. Cependant, l'intensité de la transmission varie spatialement selon que l'on soit proche ou loin des sites de reproduction des vecteurs qui sont concentrées à des endroits précis telles que les terrasses alluviales des rivières, les chotts, les sols alluviaux, et les endroits sombres et humides (Wasserberg et al 2002) . *P. papatasi* est plus abondant dans les régions où les sols sont plus humides, supportant une végétation que dans les zones à faible l'humidité du sol et moins de végétation (Wasserberg et al 2002 ; Wasserberg et al, 2003).

Les matières organiques dans le sol à pH neutre et alcalin favorisent le développement larvaire des phlébotomes vecteurs (Singh, 1999).

Les formes immatures de phlébotomes sont plus concentrées dans les micros habitats qui présentent des conditions spécifiques, sol avec litière, entre les racines et sous les troncs d'arbres mort, endroits où existe la matière organique et où règnent un taux d'humidité, et une lumière faible.

A travers les résultats de l'analyse en composante principale, nous avons retenu 2 axes (F1 et F2) dont les valeurs propres sont proches de 1 et leur contribution dans la formation du nuage de points est supérieure à 87%.(fig.70).

L'examen du plan factoriel nous a permis de visualiser une corrélation positive entre la station du piedmont et la plaine.

Les nuages de points projetés sur le plan factoriel 1 et 2 révèlent quatre groupes distincts. Un premier groupe représenté par *P. papatasi*, lequel contribue fortement à l'inertie de l'axe. Cette espèce est abondante dans les stations steppiques. En ce qui concerne sa distribution spatiale, nos captures montrent qu'elle est très fréquente dans la plaine et le piedmont, cependant elle n'est pas absente en montagne. Cette espèce totalise parfois plus de 90% des captures. Belazzoug et al (1986).avaient souligné que cette espèce est abondante dans les zones arides et semi-aride, où les températures sont élevées, mais également humide. En fait, son

preferendum écologique va du Sahara jusqu'au Tell avec cependant des variations altitudinales ; dans cette ensemble géographique c'est la steppe qui constitue pour cette espèce une niche écologique optimale.

Guernaoui et al., (2006) avaient rapporté que la distribution spatiale de *P.papatasi* est négativement corrélée avec l'altitude ($r=-0.82$). La densité de *P.papatasi* est très importante en plaine (400-599) et diminue avec le gradient altitudinal ; il est absent à 1200 m d'altitude. *P.longicuspis* est collecté à différentes altitude avec un pic à 600-700m d'altitude. *P. papatasi*, , est souvent abondant dans les zones de steppes et de zones semi-arides où les températures sont élevées, mais l'humidité n'est pas extrêmement faible (Belazzoug et al.,1986). La fréquence élevée de *P. papatasi* dans les basses terres et de son basse fréquence dans les montagnes peut s'expliquer par sa préférence pour les zones semi-arides (Fatih et al,2007).

Fatih et al, (2007) ont recueillies *P.papatasi* et *P.sergenti* à toutes les altitudes et leur distribution a montré une faible corrélation positive avec l'altitude ($r = 0,11$ et $r = 0,15$, respectivement). Leurs densités les plus élevées ont été enregistrées à des altitudes 0-200 m

P. papatasi est plus abondant lorsque la plage de la température ambiante est 32-36C° (Boussaa et al, 2005).

P. papatasi, le vecteur confirmé de *L. major* au Maroc (Rioux et al, 1982), était l'espèce dominante dans les zones arides plaine du Haouz de Marrakech. La fréquence élevée de *P. papatasi* dans les basses terres et sa basse fréquence dans la montagne pourrait être expliquée par sa préférence pour les régions arides et per arides. De plus, sa densité augmente avec l'aridité (Croset et al, 1978). *P. papatasi* est plus abondant dans les régions où les sols sont plus humides, supportant une végétation que dans les zones à faible l'humidité du sol et moins de végétation (Rioux et al, 1990 b).

La distribution de *P.papatasi* en Algérie correspond à celle de la maladie. Dedet et al, (1984) avaient signalé que cette espèce est particulièrement abondante dans toute la frange steppique nord-saharienne, mais se rencontre également dans le Tell et les hauts plateaux.

En zone steppique, il est présent dans toutes les stations inventoriées. Ici, il est beaucoup plus abondant.

Un autre groupe formé par *P. perniciosus* et *P. longicuspis* qui contribue à l'inertie de l'axe 2. Ces deux espèces ont une prédilection pour la montagne pour le premier et le piedmont pour le deuxième.

P. perniciosus très répandue en Algérie, où elle a été signalée pour la première fois par Sergent (1914), est une des plus importantes de point de vue épidémiologique. Le rôle connu de *P. perniciosus* dans la transmission de la leishmaniose viscérale dans les pays du pourtour méditerranéen. Nos résultats montrent qu'elle préfère les montagnes .

P. perniciosus a une large distribution couvrant toute la gamme des altitudes où il a été retrouvé entre (463 à 1548 m).

La distribution altitudinale de *P. perniciosus* est fort positivement corrélée avec l'altitude ($r=0.42$). Il est absent aux altitudes entre 400-599m et atteint son pic de densité à 1000-1199 m d'altitude.

Un troisième groupe formé par *P. sergenti* espèce très individualisée .

Un quatrième groupe comportant le reste des espèces dont le nuage de points formées renseigne sur leur éloignement par rapport aux trois variables (fig.71).

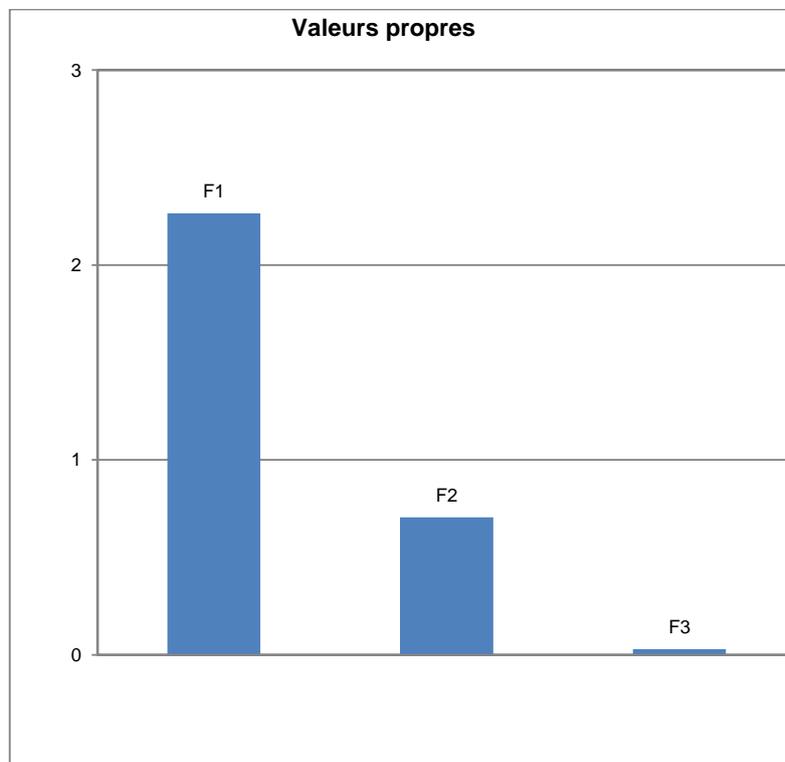


Fig 70 .valeurs propres de l'analyse de répartition des phlébotomes par strates par ACP

Contributions des variables (%) :				
		F1	F2	F3
	MONTAGNE	18,868	81,080	0,052
	PIEMONT	40,255	10,487	49,258
	PLAINE	40,877	8,433	50,690

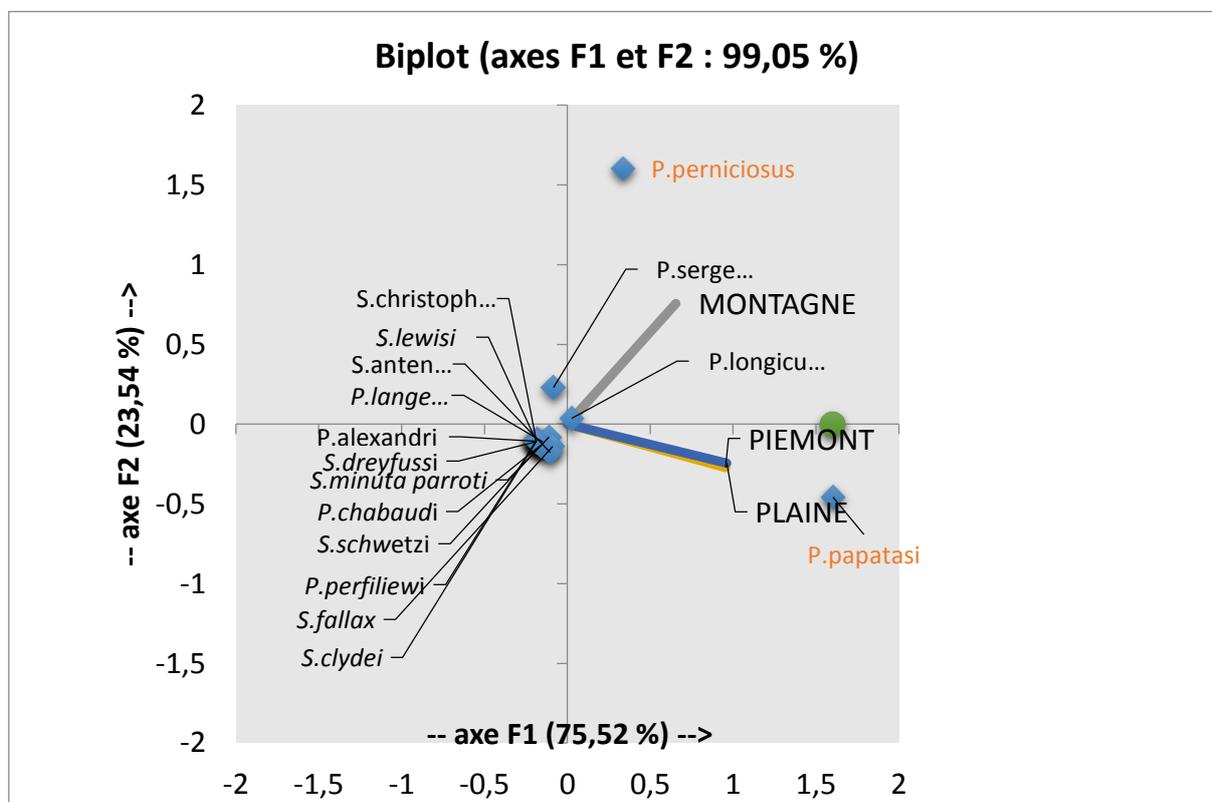


Fig.71 Répartition spatiale des phlébotomes à M'sila –Résultats de l'ACP

2.5. Elaboration d'une carte de risque pour la leishmaniose

Pour l'élaboration de la carte de risque de la leishmaniose cutanée, nous avons choisi une partie de la zone du Hodna, la wilaya de M'sila. L'indice de risque a été calculé en combinant trois facteurs : la densité de la population, la densité des terriers de rongeurs et la densité du vecteur *P.papatasi*:

(i) : les différentes classes d'altitude.

Ces surfaces ont été obtenues à partir de la carte de courbe de niveau établie pour le région de M'sila . Un score de risque de transmission de la leishmaniose par activité du vecteur *P.papatasi* a ensuite été établie de 1 à 3 (400 à 700 mètres : fort ,700 à 1200 mètres : moyen, au-delà de 1200 mètre : faible;(fig .72).

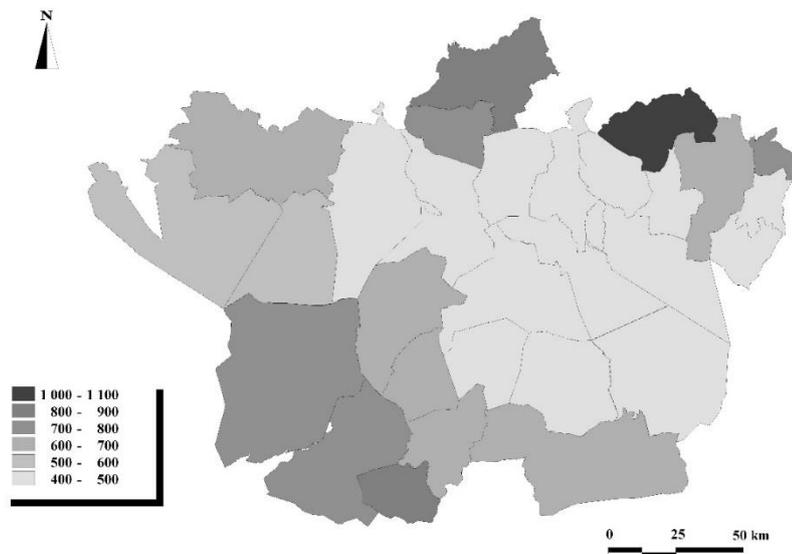


Fig.72: Carte de classe d'altitude pour la région de M'sila

(ii) la densité de la population par commune

Calculée à partir du nombre d'habitant par Km², un score de 1 à 3 est établi (commune à forte densité, commune à moyenne densité, commune à faible densité (fig 73).

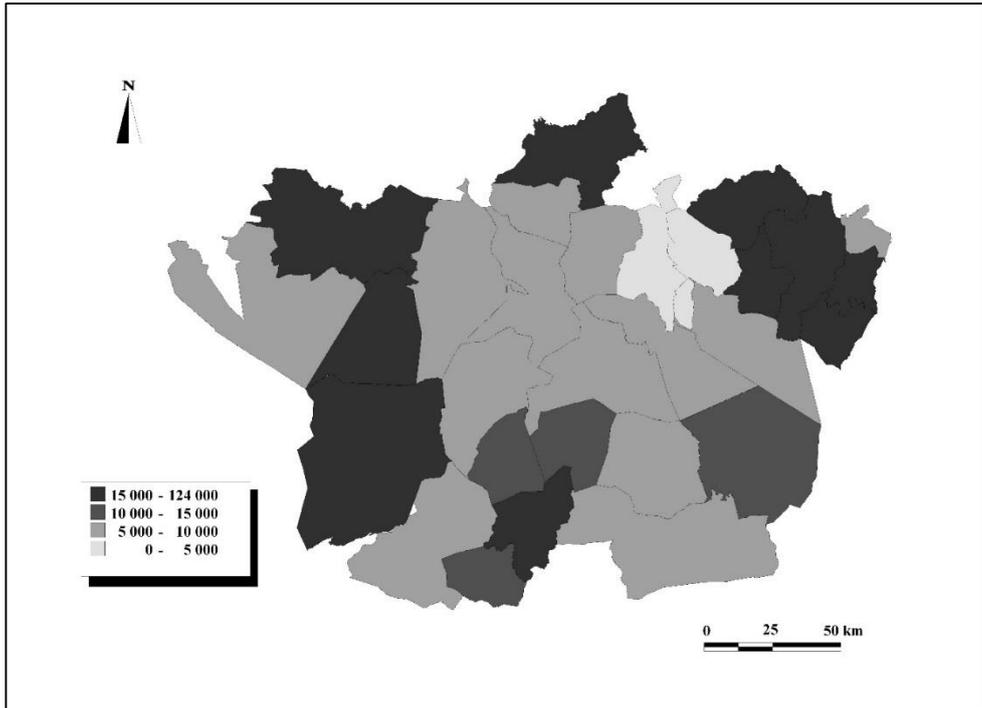


Fig.73. carte de densité de la population (wilaya de M'sila)

(iii) la présence des rongeurs réservoirs

La densité des terriers de rongeurs a été utilisée pour établir le score de risque. Un score de 1 à 3 est également établi ; fort : présence mixte de *Psammomys/Meriones*, moyen : *P.obesus* seul ; faible : *M.shawi* seul (fig.74).

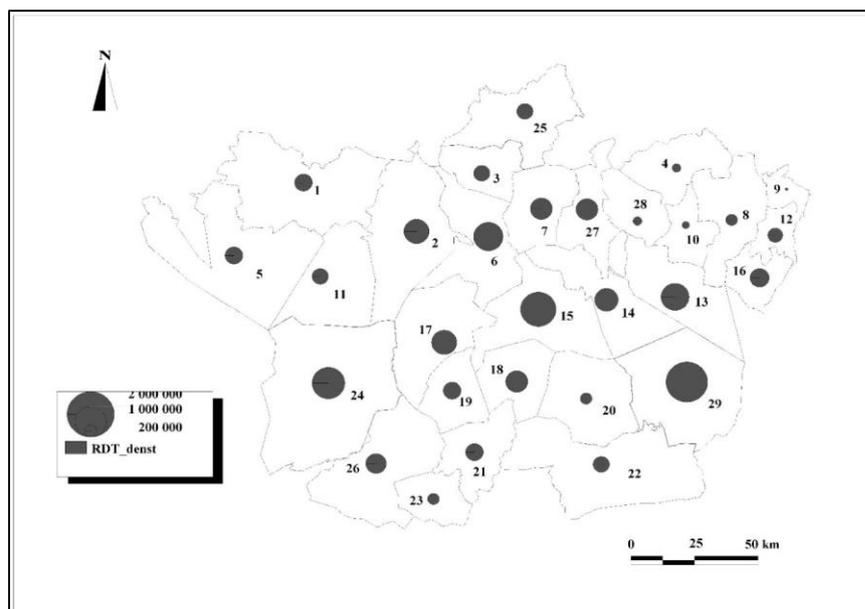


Fig.74. carte de répartition des rongeurs (densité des terriers) (wilaya de M'sila)

La carte du risque final a été obtenue en combinant les différents paramètres cités plus haut, ainsi 4 classes de risques ont pu être établies (fig.75).

- risque très fort (IR=5.5-6.04)
- risque fort (IR=5.1-5.5)
- risque moyen (IR=4.6-5.1)
- risque faible (IR=4.3-4.6)

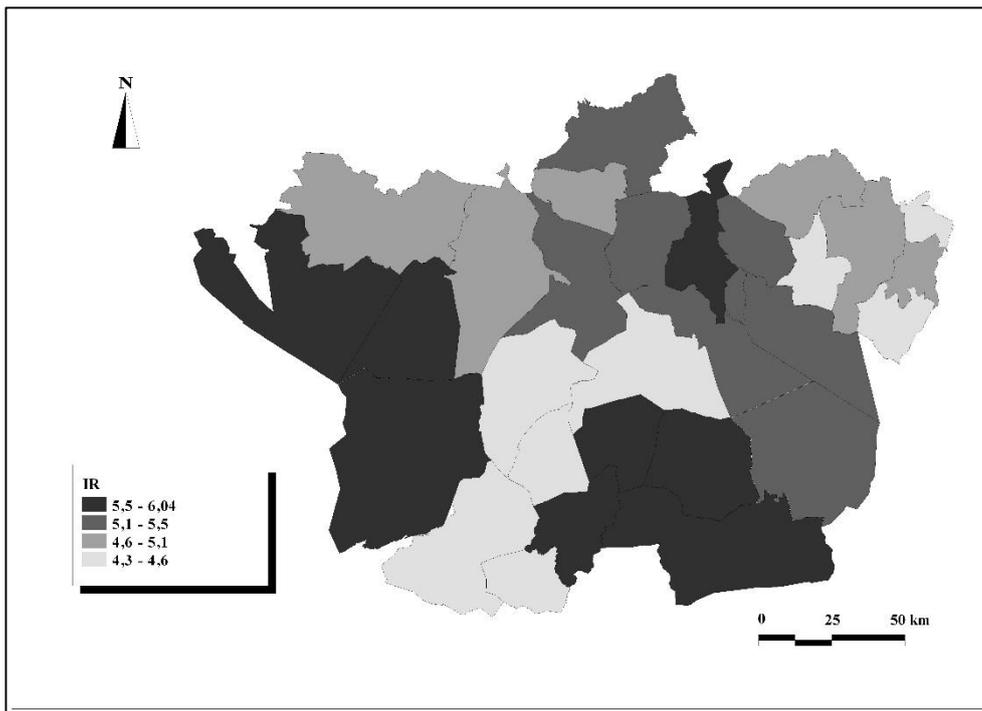


Fig 75 .carte de risque pour la leishmaniose cutanée

Les données que nous avons obtenues ici, issues de l'analyse des facteurs de risque du cycle épidémiologique, confirme donc, l'argument que la wilaya de M'sila et par extension tout le bassin du Hodna, est un territoire à haut risque pour la leishmaniose. Si l'on compare la carte de risque réalisée par cette méthode et les cartes de répartition de la maladie, on note une différence sur la superposition des facteurs de risque et la manifestation de la maladie. Les communes qui ont un indice de risque moyen et qui sont situées au cœur d'une zone endémique, ont parfois une faible incidence de la leishmaniose. Ceci pourrait être expliqué par le fait que la leishmaniose est une maladie qui confère à sa victime une immunité définitive. La majorité de la population qui y réside a été, à un moment de sa vie, frappée par la leishmaniose. Par ailleurs, les communes qui ont un indice de risque

important et pour lesquelles l'on note une faible incidence de la leishmaniose, sont des zones à fort risque d'épidémies. Ceci étant, parce que la population est non immunisée et les facteurs de risques sont présent, tôt ou tard, une épidémie déclarera, d'ailleurs, si l'on se réfère à la carte de l'évolution spatiale de la leishmaniose, l'on observe que chaque année le front épidémique change de commune.

PROGRAMME DE LUTTE CONTRE LA LEISHMANIOSE

La LCZ est favorisée par les mauvaises conditions d'hygiène du milieu, en effet l'accumulation de dépotoirs de déchets, riches en matières organiques, favorisent aussi bien la pullulation des phlébotomes vecteurs dont les larves terricoles se nourrissent de débris végétaux (Parrot, 1941 ; Izri et *al*, 2006) que celle des rongeurs réservoirs, notamment *M. shawi*, rongeur stercoraire, attiré lui aussi par les ordures ménagères et les débris de végétaux (Rioux et *al*, 1982).

La LCZ touche aussi bien les zones rurales qu'urbaines ; les populations des strates sociales défavorisées vivant dans les quartiers précaires sont les plus vulnérables (Desjeux, 2001).

Les leishmanioses sont des maladies négligées difficiles à combattre (WHO, 1990). La multiplicité des niches de transmission et leur dissémination dans le milieu rend coûteuse et aléatoire toute opération de lutte à grande échelle. Cependant, ceci, n'a pas empêché l'Algérie, où la maladie est endémo-épidémique, de mettre en place dès 2006, après une importante épidémie, un programme de lutte intégré spécifique à la leishmaniose, s'inspirant du programme de Travaux d'Utilité Publique à Haute Intensité de Main d'Œuvre (TUP à HIMO) (Subbarao et *al*, 2003), lancé en 2003 dans la wilaya de M'sila. Il s'articule sur deux actions, une physique par l'enlèvement des dépotoirs de déchets et de fumiers, entreposés dans l'espace péri domiciliaire, sur lesquels la larve de phlébotome se développe et par la lutte contre les rongeurs en créant un périmètre de protection autour des habitations situées au cœur des foyers de transmission (Yagoobi-Ershadi et *al*, 2000) et l'autre, chimique par aspersion d'insecticides à effet rémanent dans l'espace péri et intra domiciliaire et si besoin, par l'emploi de rodenticides.

Les projets TUP à HIMO dirigés contre la LCZ sont financés par l'Agence de Développement Sociale (ADS) relevant du ministère de la Solidarité nationale. Ils assurent à des jeunes chômeurs des emplois de courte durée (1 à 3 mois) dans le secteur des forêts, des travaux publics de l'hydraulique et de la santé (lutte contre la leishmaniose cutanée et l'envenimation scorpionique).

La méthode de lutte physique, déjà expérimentée en Tunisie et en Jordanie (Ben Ismail, 2003 ; Kamhawi ,2003), a l'avantage d'agir simultanément sur le vecteur et le réservoir. Elle englobe les actions suivantes :

- Enlèvement des plantes chénopodiacées, nourriture exclusive du rongeur réservoir principal de la maladie, *P. obesus*, qui construit son terrier sous ces arbustes. Cette action doit toucher uniquement le périmètre proche des habitations pour créer une zone tampon de 300 m autour des hameaux (Sayedi-Rashti et Nadim, 1974).

- Eradication des dépotoirs sauvages (déchets organiques et inertes) entreposés dans l'espace péri domiciliaire, car ces derniers sont souvent colonisés par les phlébotomes et les rongeurs, leur coexistence simultanée dans la même niche écologique constituant un véritable microfoyer de la maladie (Izri et al, 2006).

- Les chénopodiacées arrachées sont substituées par d'autres espèces de plantes utiles, supportant le climat aride et saharien telles, *Acacia sp.* et *Olea europaea* (olivier). L'opération d'arrachage doit être renouvelée annuellement. Les arbres plantés à la place des chénopodiacées formeront un écran vert qui jouera un rempart contre l'ensablement, phénomène fréquent dans les zones steppiques.

Dans le présent travail, nous rapportons l'expérience pilote de lutte physique contre la leishmaniose cutanée dans la wilaya de M'sila.

L'objectif global de ce projet pilote d'utilité publique est d'évaluer l'impact d'une mesure de lutte spécifique contre la leishmaniose cutanée, en ciblant le réservoir de la maladie, *P obesus*, par l'élimination autour des habitations des plantes salées (Chénopodiacées) , source alimentaire principal pour ce rongeur.

1.1. Résultats

1.1.1. Impact épidémiologique

Suite aux opérations de lutte menées, il a été noté une baisse globale de l'incidence de la leishmaniose cutanée dans les communes ciblées égale à 31%, comparativement à celles non traitées. A Hammam Dalaâ, il a été noté une diminution de l'incidence de 39,50 % , elle est passée de 203,76 cas pour 100.000 habitants en 2003 à 123,26 pour 100.000 habitants en 2004. A Chellal, la diminution de l'incidence est de 65%, elle est passée de 1977,97 pour 100.000 habitants en 2003 à 696,78 pour 100.000 habitants en 2004. A Souamaâ, il a été noté une forte baisse de l'incidence égale à 84%, elle est passée de 763,56 pour 100.000 habitants en 2003 à 122,71 pour 100.000 habitants en 2004. A Magra l'incidence a diminué de 39%, elle est passée de 906,79 pour 100.000 habitants en 2003 à 552,31 pour 100.000 habitants en 2004. M'sila a

connu une baisse de 20 % , elle est passée de 603,53 pour 100.000 habitants en 2003 à 485,26 pour 100.000 habitants en 2004 (tab 13).

Tableau 13: Situation épidémiologique avant et après la campagne de lutte

COMMUNES	POPULATION	NBRE DE CAS EN 2003	INCIDENCE /100000 HABITANTS	NBRE DE CAS EN 2004	INCIDENCE /100000 HABITANTS	POURCENTAGE DE DIMINUTION
Hammam Dalaa	39752	81	203,76	49	123,26	39,5
Chellal	4449	88	1977,97	31	696,78	65
Souamaa	7334	56	763,56	9	122,71	84
Magra	36392	330	906,79	201	552,31	39
M'Sila	139100	839	603,53	675	485,26	20

Souamaâ et Chellal , communes semi-urbaines, situées en bordure des chotts, ont accusé un fort taux de diminution avec 65 et 84 % respectivement ; le plus grand nombre de terriers actifs de rongeurs y sont recensés, 200 et 150 terriers/hectares, respectivement (tableau 15).

Dans les communes témoins, Ouled Derradj, Ain El Hadjel, et Bou-Saâda l'incidence de la maladie a connu une augmentation importante est restée relativement élevée 597,15 cas pour 100.000 habitants, 1369 cas pour 100.000 habitants et 561,30 cas pour 100.000 habitants respectivement (tableau 14).

Tableau 14 : Situation épidémiologique des agglomérations témoins

COMMUNES	POPULATION	NBRE DE CAS EN 2003	INCIDENCE /100000 HABITANTS	NBRE DE CAS EN 2004	INCIDENCE /100000 HABITANTS	POURCENTAGE D'AUGMENTATION
Ouled Derradj	26124	56	214,26	156	597,15	178
Ain El Hadjel	31549	121	383,53	432	1369,29	257
Bou Saada	116871	606	518,52	656	561,30	9,24

1.1.2. Impact social

Avec 12 projets retenus pour la lutte physique, 3600 ha furent traités et 396 postes de travail créés. Le chef lieu de la wilaya a bénéficié de 4 projets avec 132 postes d'emploi temporaire générés (tableau 15).

Tableau 15 : Bilan de l'opération

COMMUNES	SUPERFICIE TRAITEE (HA)	QUANTITE DE DECHETS EVACUES/ TONNE	NOMBRE DE PROJETS	NOMBRE D'EMPLOIS	NOMBRE DE TERRIERS ACTIFS /HA
Chellal	600	30	2	66	150
M'sila	1200	140	4	132	46
Hamam Dalaa	600	40	2	66	50
Souamaa	600	10	2	66	200
Magra	600	60	2	66	120
Total	3600	280	12	396	

Des chômeurs de quartiers défavorisés ont, grâce à ce programme, décroché un emploi leur assurant un revenu pour une période déterminée ainsi qu'une couverture sociale annuelle, leur permettant de bénéficier des avantages liés à celle-ci.

Au surplus, l'agence locale du soutien à l'emploi des jeunes, organisme étatique, a donné son accord pour la création de 1300 micro-entreprises spécialisées dans l'hygiène du milieu et de lutte anti vectorielle s'inspirant des programmes TUP à HIMO (DAS,2004). Les facilités financières et administratives que l'état Algérien a mis à leur disposition par le biais des institutions, banques publiques et privés, ANSEJ (Agence nationale de soutien à l'emploi des jeunes), ANEM (Agence nationale de l'emploi) et ANGEM (Agence nationale de gestion du microcrédit) ont beaucoup aidé à leur émergence. Les capacités d'intervention des collectivités locales en matières de lutte anti vectorielle et d'assainissement du milieu, seront renforcés par ces micro-entreprises et permettront un délestage de certaines activités à leur profit, notamment

dans les actions de santé publique dans les zones d'endémie, en l'occurrence, la lutte contre la leishmaniose et l'envenimation scorpionique.

Par ailleurs, ces actions de lutte sont dirigées contre les gîtes de transmission de la parasitose, menés le plus souvent en concertation avec les habitants des secteurs urbains ciblés. Ceci constitue pour eux un exemple d'éducation sanitaire et environnementale leur inculquant les bonnes pratiques et règles d'hygiène. D'ailleurs, c'est ce que recommande l'Organisation mondiale de la santé par le renforcement de la sensibilisation des communautés sur la maladie et son contrôle par l'éducation sanitaire (WHO,2010).

1.1.3. Impact environnemental

Outre le désherbage sélectif, le milieu extérieur des habitations a été assaini par élimination des dépotoirs de déchets inertes et organiques qui sont des milieux favorables pour le développement des phlébotomes vecteurs et des rongeurs stercoraires, notamment, *M. shawi*.

Les différents chantiers ont permis l'éradication des dépotoirs sauvages et l'assainissement du milieu. Ainsi ce sont 280 tonnes de déblais et de déchets qui ont été collectés et évacués vers la décharge publique (tableau 17).

1.1.4. DISCUSSION

Les leishmanioses zoonotiques sont difficiles à combattre, cependant, l'intervention au niveau des hôtes réservoirs constitue une méthode recommandée de lutte dans le cas de la leishmaniose viscérale zoonotique et de la leishmaniose cutanée zoonotique. Dans les deux cas, les mesures à prendre dépendent du biotope, des composants du cycle de transmission de la maladie et des ressources locales. Il est possible de réduire leur incidence en protégeant la population à risque par des mesures d'hygiène visant à rompre les cycles de transmissions péri domicilières. Les incidences humaines de LCZ les plus importantes sont souvent associées aux foyers à *P. obesus* considéré comme le principal réservoir de *L. major* en Afrique du nord et le sud-ouest asiatique (Bouratbine,1988 ; Ashford,2000) Les plantes chénopodiacées, *Arthrocnemum glaucum*, *Halocnemum strobilaceum*, *Salsola tetrandra*, *Sueda fruticosa*, *Atriplex halimus* et *Limoniastrum guyonianum* (*Plumbaginaceae*) sont la nourriture exclusive de *P.obesus* (Daly et Daly 1973 ; Fichet-Calvet et al, 2000), de ce fait, leur déracinement sur un rayon minimum de 300 m autour des logements paraît une option viable de contrôle de la leishmaniose [Killick-Kendrick,1990). En Jordanie le contrôle des rongeurs par la destruction physique des terriers de *P. obesus* durant la période de 1992 à 1994 a réussi à réduire la

fréquence de positivité à la leishmanine de 19,9% à 4,4% chez les enfants de 3 mois à 2 ans (Kamhawi et al,1993). A Sidi Bouzid (Tunisie) une stratégie de contrôle de la LCZ fut menée, basée sur l'élimination des sources de nourriture et labourage du sol jusqu'à une distance de 1-2 km des habitations et plantation des arbres de l'espèce *Acacia* et *Casuarina* (Ben Ismail et al,1997). Les appâts empoisonnés sont inefficaces contre *P.obesus*.

Dans notre étude, une différence dans le taux d'incidence entre les communes est notée selon que ces dernières se situent en piémont plaine (foyers mixtes) ou chott (foyer à *Psammomys* exclusivement); les meilleurs résultats de la lutte ont été observés dans les villages implantés au cœur des steppes à chénopodiacées Souamaâ (84%) et Chellal 65%) que dans les agglomérations situées en zone de piémont, M'sila (20 %), Magra (39%) et Hammam Dalaâ (39,50 %). Pour le département de M'Sila, qui compte 47 communes, il a été enregistré une légère amélioration par rapport à 2003 (REM,2004).

Les faibles diminutions notées pour les communes urbaines, M'sila, Hammam Dalaâ et Magra peuvent être expliquées par la complexité de l'écosystème urbain et la multiplicité des niches de transmission représentées essentiellement beaucoup plus par les terriers de *M. shawi* que celle de *P. obesus* (Boudrissa,2005). *M. shawi* est également un réservoir prouvé de *L.major*, c'est un rongeur commensal et stercoraire vivant souvent sur les déchets que l'homme engendre, il s'attaque également aux cultures maraîchères et aux céréales et son élimination nécessite l'emploi de rodenticides. Ces villes connaissent un accroissement urbain rapide à tel enseigne que les services communaux ne parviennent pas à prendre en charge correctement l'opération de collecte des déchets ménagers. Conséquemment à cela les ordures ménagères s'amoncellent à la périphérie des nouvelles extensions urbaines attirant vecteurs et réservoirs de parasites de la leishmaniose. C'est d'ailleurs dans celles-ci que l'on recense le plus grand nombre de cas. (Rioux et al,1982).

L'enlèvement des chénopodiacées et leur remplacement par l'olivier (*Olea europaea*) jouera certainement un rôle dans les modifications environnementales positives en faveur d'une diminution de l'incidence de la maladie leishmanienne. Cette action bénéficiera certainement de l'apport du programme de plantations d'olivier de 50.000 hectares qui vient d'être lancé par le ministère de l'agriculture dans la wilaya de M'sila, l'olivier est un arbre rustique très bien adapté aux conditions pédo-climatiques des zones arides, ce qui assurera une pérennité à cette action de modification de l'environnement.

Les objectifs de ce programme visent, en plus des considérations épidémiologiques, à encourager la création de micro-entreprises spécialisées dans la lutte contre la leishmaniose. Ces jeunes entreprises, ayant capitalisées une expérience et un savoir-faire dans le cadre de ce programme seront appelés à traiter avec les communes situées dans les foyers d'endémies. Les mouvements associatifs et les comités de quartiers seront impliqués également dans ce programme qui vise essentiellement à inculquer l'éducation sanitaire et les gestes élémentaires que tout un chacun pourra faire pour se protéger contre les vecteurs de transmission de la leishmaniose.

Les quartiers à fortes prévalences pour la leishmaniose sont ceux des zones périphériques, peuplés par une strate sociale issue de l'exode rural et dont le niveau de vie est précaire. Ces programmes visent donc à assurer pour ces populations un emploi d'une part et d'autres parts à assainir et améliorer l'hygiène du milieu en éliminant les dépotoirs de déchets qui constituent des gîtes potentiels de maladies.

Les maladies infectieuses émergentes sont corrélées fortement aux facteurs socio-économiques, environnementaux et écologiques (Jones et *al*, 2008).

Les déchets ménagers constituent l'une des principales sources de dégradation de l'environnement et de détérioration de l'hygiène publique. La plupart des agglomérations urbaines et rurales éprouvent actuellement de grandes difficultés dans la gestion de leurs déchets, tant au niveau du ramassage que dans l'évacuation et l'élimination. Les dépotoirs sauvages, éparpillés à travers les cités et quartiers favorisent le développement du vecteur *P. papatasi* et du réservoir *M. shawi*. Dans les pays en voie de développement, le logement précaire et les mauvaises conditions d'hygiène ont été associés à l'apparition de la leishmaniose viscérale au Brésil (Tauil, 2006).

Parallèlement à l'impact environnemental et sanitaire, ce programme, vise à résorber le chômage et encourage la création de micro-entreprises de service. Le principe même des programmes TUP à HIMO est la création de l'emploi et la lutte contre la pauvreté. Les chantiers ouverts pour la lutte contre la leishmaniose ont permis la création d'emplois temporaires au profit des chômeurs issus des quartiers qui en ont bénéficié. Outre l'argent que cela leur procure, ces programmes donnent l'exemple aux populations confrontés aux maladies de se prendre en charge pour assurer leur protection et celle de leurs enfants.

L'expérience de lutte physique par enlèvement des plantes chénopodiacées autour des habitations exposées parallèlement à un assainissement du milieu permet, d'après les résultats obtenus, de réduire la transmission péri domiciliaire ; elle doit par conséquent être considérée comme une composante clé dans la stratégie de lutte intégrée contre les vecteurs et réservoirs de maladies. Un autre résultat à tirer de cette expérience est la possibilité d'adhésion de la population exposée aux efforts de lutte contre la leishmaniose, une fois sensibilisée et informée sur les modalités de transmission de la maladie; le programme TUP à HIMO leur offre un exemple d'actions simples, sans grands moyens, leur permettant de se prémunir contre la maladie.

Dans les foyers actifs de leishmaniose cutanée, la réduction de la transmission peut être assurée par des actions simples, un désherbage sélectif associé à une hygiène du milieu. Ces deux actions éloignent aussi bien les vecteurs que les réservoirs de maladies et protègent la population vivant dans les foyers hyper endémiques.

Pour obtenir des résultats probants, ces actions doivent s'inscrire dans la durée. La durabilité sera assurée, si les responsables des communes situées dans les foyers actifs consentent un effort financier en budgétisant les opérations de lutte. Par ailleurs, la réussite de tout programme est assujettie également à l'engagement effectif de la population dans les actions de lutte, qui se résume dans les bonnes pratiques d'hygiène et les règles de bienséance et de civisme.

En conclusion, l'éducation et les changements comportementaux sont essentiels pour le succès de la lutte et la prévention de ces maladies. Cependant, pour assurer la durabilité de ces actions, les ressources financières nécessaires aux mesures de contrôle des maladies parasitaires doivent provenir des autorités locales et nationales ainsi que par la coopération internationale.

CONCLUSION

L'étude réalisée dans le cadre de ce travail sur l'éco-épidémiologie de la leishmaniose cutanée dans le bassin du Hodna a mis en exergue le rôle du milieu dans l'établissement du complexe pathogène. Ce bassin apparaît comme un immense foyer dont les éléments du cycle parasitaire se sont bien accommodés avec les composants abiotiques et biotiques du milieu. L'humidité de la zone du chott a favorisé le développement des phlébotomes vecteurs, notamment *P.papatasi* qui préfère les steppes ouvertes, quant aux steppes halophiles qui couvrent des milliers d'hectare, elles sont le fief du rongeur *P.obesus* ; le cycle parasitaire est y maintenu indéfiniment. Le nombre élevé de leishmaniose humaine provient du fait que la population du bassin occupe préférentiellement le piémont et la plaine, zones qui sont favorables à l'installation du complexe pathogène. L'incidence élevée de la maladie dans le bassin, nécessite la mise en place d'un programme de lutte intégrée, qui permet, sinon d'éliminer la maladie de la ramener à des taux acceptables. Ce programme ne pourra être mis en œuvre que si l'on adopte une approche holistique du bassin, basée sur l'application de la géomatique.

L'approche géomatique est utilisée pour la première fois dans l'étude de l'éco-épidémiologie de la leishmaniose cutanée dans le bassin du Hodna. C'est une technique qui offre beaucoup de possibilité dans les études des facteurs environnementaux des maladies.

Appliquée à notre cas, Il apparaît donc que la leishmaniose cutanée zoonotique évolue dans un milieu délimité géographiquement par la ligne de partage des eaux, c'est-à-dire la limite physique d'un bassin hydro géographique. Dans cet ensemble, existent des éléments qui permettent d'entretenir le complexe pathogène, formé par le parasite *L.major*, le vecteur *P.papatasi* et les deux rongeurs réservoirs, *P.obesus* et *M. shawi*, ces facteurs sont : humidité, végétation, type de sol etc. la maladie est entretenue par le couple *P.papatasi/P.obesus*, qui évolue en bordure du chott et dans les terrasses alluviales, là où subsiste une humidité suffisante pour entretenir le vecteur. Les berges des oueds, les réseaux routiers et les digues construites par l'homme sont autant de facteurs qui, augmentent le risque spatial de la leishmaniose cutanée. Les résultats d'enquêtes sur les rongeurs ont montré qu'ils existent des corridors qui assurent la survie des rongeurs en période de stress hydrique, ces corridors relient entre elles les villes et agglomérations du bassin, corridors par lesquels les rongeurs transitent et essaient. Une application pratique à cette observation vient en éliminant toute trace de végétation autour des habitations et dans la périphérie urbaine pour réduire le risque de transmission aux humains dans ce vaste foyer de transmission. Les cartes de risques que nous

avons établi, montrent que la zone de piémont est la plus touchée, ceci parce que cette zone est la plus peuplée, eu égard à la présence des principales agglomérations du bassin. Il apparaît également que la leishmaniose devenait de plus en plus une maladie urbaine. Les causes sont multiples et celles de l'homme sont les plus importantes, notamment celles relatives à la gestion des déchets organiques et à la pratique de l'élevage en milieu urbain.

Ce travail nous a permis également d'enrichir la liste des espèces de phlébotomes décrite dans la région.

Enfin avons proposé une méthode de lutte intégrée contre la leishmaniose en élaborant une fiche technique et un cahier de charge dont la prise en charge financière se fera par le programme TUP-Himo. Nous avons également avancé une proposition pour créer un comité de bassin pour la lutte contre la leishmaniose.

Perspectives

- -Nécessité de créer un comité du bassin dont les missions sont la surveillance et le contrôle des zoonoses. Ce comité aura la charge de coordonner les actions de lutte, de traitement et de diagnostic dans le bassin en centralisant la prise de décision.
- Développer les recherches sur les zoonoses réémergentes et émergentes et ouvrir des spécialités, niveau master dans les spécialités de géomatiques appliquées dans l'étude des maladies transmissibles, notamment les maladies vectorielles.
- Exiger une étude d'impact sanitaire dans les outils d'urbanismes et les études de l'environnement pour tout projet d'envergure, ceci permet de prévenir et de protéger les populations installées dans les nouvelles extensions urbaines et de prédire les effets potentiels sur la santé des grands projets structurants.

Bibliographie

1. Abonnenc E. (1972). Les phlébotomes de la région Ethiopienne, Ed ORSTOM (France).
2. Adler S, Ber M. Transmission of *L. tropica* by the bite of *P. papatasi*. *Ind J Med Res* 1941;29:803–9.
3. Alvar J., Yactayo S. & Bern C. (2006). Leishmaniasis and poverty. *Trends in parasitology*, 22(12), 552-557
4. Amrani M.H., Lahlou H., Alami M., Filali A.B., Elyoussfi G., Ismaili L., Chaouki S., Amrani S., Hida M., 2011. Aspects biologique de la leishmaniose viscérale infantile, *Revue Francophone des Laboratoires*, 429 :55-60.
5. Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association—LISA. *Geographical analysis*, 27(2), 93-115.
6. Aransay A. M., Testa J.M., Morillas-Marquez F., Lucientes J. & Ready Pd (2004). Distribution of sandfly species in relation to canine leishmaniasis from the Ebro Valley to Valencia, northeastern Spain ; *Parasitol Res* ,94, 416–420.
7. Ashford R.W. (2000). The leishmaniasis as emerging and reemerging zoonoses. *International Journal for Parasitology*; 30:1269-81.
8. Ashford, R. W., Desjeux, P., & Deraadt, P. (1992). Estimation of population at risk of infection and number of cases of leishmaniasis. *Parasitology Today*, 8(3), 104-105.
9. Athukorale, D.N., Seneviratne, J.K.K., Ihalamulla, R.L., Premaratne, U.N., 1992. Locally acquired cutaneous leishmaniasis in Sri Lanka. *J. Trop. Med. Hyg.* 95, 432—433.
10. Bailly choumara H (1973). Etude comparative de différentes techniques de récolte de moustique adulte(Diptera-Culicidae) faite au Maroc, en zone rurale *Bull.Soc.Sci.Nat.Phys, Maroc* , 53, 135-187.
11. Beck L.R., Lobitz B.M. & Wood B.L. (2000). Remote sensing and human health : New sensors and new opportunities. *Emerg Infect Dis*, 6 (3) : 217-27
12. Belazzoug S et Mahzoul D (1980). Note sur les phlébotomes (Diptera, Psychodidae) du Hoggar. *Arch.Inst Pasteur Algérie*, 55, 113-116.
13. Belazzoug S, Khodja A, Belkaid M et al 1985 .La leishmaniose cutanée du nord de l'Algérie. *Bull Soc Pathol Exot*; 78 : 615-622.
14. Belazzoug S, Lannote G., Maazoun R et al .Un nouveau variant enzymatique de *Leishmania infantum* Nicolle, 1908. Agent de la leishmaniose cutanée du Nord de l'Algérie. *Ann Parasitol Hum Comp* 1985 ; 60 : 1-3.

15. Belazzoug S, Belkaid M., Tabet-Derraz O. (1979) .A propos de 173 cas de leishmaniose cutanée .Arch.Inst.Pasteur .Algérie, 53,216-222
16. Belazzoug S. (1983). Isolation of *Leishmania major* Yakimoff & Schokhor, 1914 from *Psammomys obesus* Gretzschmar, 1828 (Rodentia: Gerbillidae) in Algeria. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 77(6), 876.
17. Belazzoug S. (1986). Découverte d'un *Meriones shawi* (Rongeur, Gerbillidé) naturellement infesté par *Leishmania* dans le nouveau foyer de leishmaniose cutanée de Ksar Chellala (Algérie). Bulletin de la Société de pathologie exotique, 79(5), 630-633.
18. Belazzoug S. (1986). Les leishmanioses en Algérie. A propos de l'identification enzymatique de 32 souches d'origine humaine et animale. In : *Leishmania*. Taxonomie et phylogénèse. Application éco-épidémiologique. (Ed. J-A Rioux),. IMEEE, Montpellier, 397-400.
19. Belazzoug S., (1982). Une épidémie de leishmaniose cutanée dans la région de M'sila (Algérie). Bull Soc Pathol Exot; 75 : 497-504.
20. Belazzoug S., Mahzoul D. & Rioux J.A. (1986). Les phlébotomes (Diptera, Psychodidae) de M'sila et Bou-Saada –Arch.Inst.Pasteur Algérie, 55, 117-124.
21. Ben Abderrazak S., Guerrini F., Mathieu Daudé F., Truc P., Neubauer K., Lewicka K., Barnabé C., and Tibayrenc M., 1993. Isoenzyme electrophoresis for parasite characterization, John E, Hyde Copyright , 21 :361-381.
22. Ben Ismail R. (2003). Environmental changes to control *Leishmania major* cutaneous leishmaniasis in the epidemic focus of Sidi Bouzid (Tunisia). Evaluation of the impact of the modification of the reservoir host's biotope on the transmission of the parasite Tunisia Sidi Bouzid ,6-7, Document WHO- EM/TDR/004/E/G09.03/2500
23. Ben Ismail R., Ben Rachid M. S., Gradoni L., Gramiccia M., Helal H. & Bach-Hamba D. (1987). La leishmaniose cutanée zoonotique en Tunisie. Étude du réservoir dans le foyer de Douara. Ann Soc Belg Med Trop, 67, 335-343.
24. Ben Ismail R., Garraoui A., Chaded M.K., Ben Salah A., Abdouli M., Zaafouri B., Khadhraoui B., Ftaiti A., Sidhom M. & Dellagi K. (1997). Environmental changes to control *Leishmania major* cutaneous leishmaniasis in the epidemic focus of Sidi Bouzid (Tunisia). First World Congress on Leishmaniosis. Istanbul, May 5±9, 1997. Acta Parasitologica Turcica, 21, 138-143.

25. Benikhlef R., Harrat Z., Toudjine M., Djerbouh A., Bendali-Braham, S., & Belkaid, M. (2004). Présence de *Leishmania infantum* MON-24 chez le chien. *Médecine tropicale*, 64(4), 381-401.
26. Benikhlef, R., Aoun, K., Bedoui, K., Harrat, Z., & Bouratbine, A. (2009). Premières identifications de *Leishmania infantum* MON-80 chez le chien en Algérie et en Tunisie. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 160(10), 464-466.
27. Berchi S, Rioux JA, Belmonte A & Russo J. Un phlébotome nouveau pour l'Algérie. *Phlebotomus* (*Paraphlebotomus*) *kazeruni*. *Ann Parasitol Hum Comp*, 1986, 61, 507-508
28. Berdjane-Brouk, Z., Charrel, R. N., Bitam, I., Hamrioui, B., & Izri, A. (2011). Record of *Phlebotomus* (*Transphlebotomus*) *mascittii* Grassi, 1908 and *Phlebotomus* (*Larrousius*) *chadlii* Rioux, Juminer & Gibily, 1966 female in Algeria. *Parasite*, 18(4), 337.
29. Bessad A., Mouloua K., Kherrachi I., Benbetka S., Benikhlef R., Mezai G. & Harrat, Z. (2012). *Leishmania infantum* MON-1 isolé d'un chacal doré (*Canis aureus*) en Grande Kabylie (Algérie). *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 105(1), 5-7.
30. Bloom D. E., Canning D., & Fink G. (2008). Urbanization and the wealth of nations. *Science*, 319 (5864), 772-775.
31. Boubidi S. C., Benallal K., Boudrissa A., Bouiba L., Bouchareb B., Garni R. & Harrat, Z. (2011). *Phlebotomus sergenti* (Parrot, 1917) identified as *Leishmania killicki* host in Ghardaïa, south Algeria. *Microbes and Infection*, 13(7), 691-696.
32. Boudrissa A. (2005). Etude éco-épidémiologique de la leishmaniose cutanée à M'sila ; thèse Magister, Univ.Oum El Bouaghi-Algérie, 157 pp.
33. Boudrissa A., Cherif K., Kherrachi I, Benbetka S, Bouiba L, Boubidi SC, Benikhlef R, Arrar L, Hamrioui B, Harrat Z. Extension de *Leishmania major* au nord de l'Algérie. *Bull Soc Pathol Exot* 2012 ; 105:30-5.
34. Bounamous, A., Boudabous, R., Jouet, D., Augot, D., Ferté, H., Babba, H., ... & Depaquit, J. (2008). Caractérisation moléculaire et morphologique de deux espèces affines de *Paraphlebotomus*: *Phlebotomus chabaudi* Croset, Abonnenc & Rioux, 1970 et *P. riouxi* Depaquit, Killick-Kendrick & Léger, 1998 (Diptera: Psychodidae). *Parasite*, 15(4), 565-571.
35. Bouratbine-Balma A. Étude éco-épidémiologique de la leishmaniose cutanée zoonotique en Tunisie (1982.1987). Thèse Médecine, Tunis 1988.

36. Boussaa S., Guernaoui S., Pesson B. & Boumezzough A. (2005). Seasonal fluctuations of phlebotomine sandfly populations (Diptera: Psychodidae) in the urban area of Marrakech, Morocco. *Acta Tropica*, 95(2):86-91.
37. Bouziani M., Mebtoul M. & Mesli F. (2002). Chapitre 1. Regard pluriel sur la santé aujourd'hui. *Journal International de Bioéthique*, 13(3), 15-25.
38. Capelli G., Baldelli R., Ferroglio E., Genchi C., Gradoni L., Gramiccia M. et al (2004). Monitoring of canine leishmaniasis in northern Italy: an update from a scientific network. *Parassitologia* ;46:193–7.
39. Chance M. L., Schnur L. F., Thomas S. C. & Peters, W. (1978). The biochemical and serological taxonomy of *Leishmania* from the Aethiopian zoogeographical region of Africa. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 72,533-543.
40. Cherif K. Les phlébotomes de Bou saada et de M'sila – Etude de la susceptibilité aux insecticides ,1994, Thèse de Magistère 150p
41. Cherif k., Boudrissa A , Ben Slimane K., Harrat Z.,Hamdi Chérif M.(2010) Inventaire entomologique des phlébotomes de la région du Hodna (M'sila, Algérie). *Arch.Inst.Pasteur Algérie*, 67,155-168.
42. Corradetti A., (1954) .Lotta contro la leishmaniosi mediante la lotta contro i flebotomi in Italia. *Rend.Inst.Sup.San.*,17, 374-384.
43. Costa, M. A., Matheson, C., Iachetta, L., Llagostera, A., & Appenzeller, O. (2009). Ancient leishmaniasis in a highland desert of northern Chile. *PLoS One*, 4(9), e6983.
44. Coutouly G., 1991. Génie enzymatique. Masson : Paris, 244 p.
45. Cox, F. E. (2002). History of human parasitology. *Clinical microbiology reviews*, 15(4), 595-612.
46. Croan D.G., Morrison D.A. & Ellis J.T., 1997. Evolution of the genus *Leishmania* revealed by comparaison of DNA and RNA polymerase gene sequences. *Molecular Biochem.Parasitol.*, 89: 149-159.
47. Croset H., Rioux J.A., Maistere. M & Bayar. N., (1978). Les phlébotomes de Tunisie (Diptera, Psychodidae)- Mise au point systématique, chorologique et éthologique. *Annales de Parasitologie (Paris)*, 53, 711-749.
48. Cross ER, Newcomb WW, Tucker CJ: Use of weather data and remote sensing to predict the geographic and seasonal distribution of *Phlebotomus papatasi* in southwest Asia. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 1996, 54(5):530-536.

49. Cruz, I., Chicharro, C., Nieto, J., Bailo, B., Cañavate, C., Figueras, M. C., & Alvar, J. (2006). Comparison of new diagnostic tools for management of pediatric Mediterranean visceral leishmaniasis. *Journal of clinical microbiology*, 44(7), 2343-2347.
50. Cruz, I., Morales, M. A., Noguer, I., Rodriguez, A., & Alvar, J. (2002). Leishmania in discarded syringes from intravenous drug users. *The Lancet*, 359(9312), 1124-1125
51. Curran, P. J., Atkinson, P. M., Foody, G. M., & Milton, E. J. (2000). Linking remote sensing, land cover and disease. *Advances in Parasitology*, 47, 37-80.
52. Daly M & Daly S. On the feeding ecology of *Psammomys obesus* (Rodentia, Gerbillidae) in the Wadi Saoura, Algeria. *Mammalia* 1973 ; 37:545-61.
53. Dancesco P., Dedet J.P., Benosman Fe & Chadli., (1970). Les phlébotomes capturés dans les foyers de leishmaniose canine à Tunis. Rôle probable de *Phlebotomus perniciosus* et *Phlebotomus perfiliewi* dans la transmission. *Arch. Inst. Pasteur Tunis*, 47, 65,88.
54. DAS (Direction de l'action sociale de la wilaya de M'Sila), rapport annuel, 2004.
55. Dedet, J. P. (1976). La leishmaniose viscérale dans le monde. Etapes des connaissances, répartition géographique et fréquence. *Bull Inst Pasteur*, 74, 413-434.
56. Dedet, J. P. (1999). Les leishmanioses. Ed. Ellipses Paris, 227-236.
57. Dedet, J. P. (2009). Leishmanies, leishmanioses: biologie, clinique et thérapeutique. EMC. Elsevier Masson SAS, Paris), *Maladies infectieuses*, 8, 506-510.
58. Dedet J.P., Addadi K. (1975). Epidémiologie des leishmanioses en Algérie – 4- Les phlébotomes (Diptera, Psychodidae) des Aurés - *Arch.Inst.Pasteur Algérie*,52 ,85-94.
59. Dedet, J. P., Saf' Janova, V. M., Desjeux, P., Emelyanova, L. P., Schnur, L. F., & Chance, M. L. (1982). Écologie d'un foyer de leishmaniose cutanée dans la région de Thiès (Sénégal, Afrique de l'Ouest). 6. Caractérisation et typage des souches de *Leishmania* isolées. *Bull Soc Pathol Exot Filiales*, 75(2), 155-68.
60. Dedet J.P., Addadi K. & Belazzoug S., (1984) . Les phlébotomes (Diptera, Psychodidea) d'Algérie. *Cah. ORSTOM., sé. Ent. Méd. et Parasitol.*, XXII, 99-127.
61. Desjeux, P. (1991). Human leishmaniasis: epidemiology and public health aspects. *World health statistics quarterly. Rapport trimestriel de statistiques sanitaires mondiales*, 45(2-3), 267-275.
62. Desjeux P, 1996. Leishmaniasis Public health aspects and control. *Clinics in Dermatology*.14, 417-423.

63. Desjeux, P. (2001). The increase in risk factors for leishmaniasis worldwide. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 95(3), 239-243.
64. Desjeux, P. (2004). Leishmaniasis: current situation and new perspectives. *Comparative immunology, microbiology and infectious diseases*, 27(5), 305-318.
65. Djeddar-Mihoubi I , 2006. Etude de leishmanioses diagnostiquées au centre hospital-universitaire Ben Badis de Constantine, Thèse de Doctorat, Algérie, 119 p.
66. Doha, S., Shehata, M.G.(1992). *Leishmania infantum* MON-98 isolated from naturally infected *Phlebotomus langeroni* (Diptera,Psychodidae) in El Agamy, Egypt. *J. Med. Entomol.* 29, 891—893.
67. Dolmatova, A. V., & Demina, N. A. (1971). Les phlébotomes (Phlebotominae) et les maladies qu'ils transmettent (Vol. 18). Office de la recherche scientifique et technique outre-mer.
68. DSA (Direction des services agricoles de la wilaya de M'Sila, rapport sur la campagne de lutte contre le rat de champ, 2004.
69. DSP (Direction de la santé et de la population, Service de prévention, rapport annuel sur les zoonoses et les maladies à transmission hydriques dans la wilaya de M'Sila), 2004.
70. Duhl L.; 1986; "The Healthy City: its Function and its Future";
71. Edrissian, G. H., Ghorbani, M., & Tahvildar-Bidruni, G. H. (1975). *Meriones persicus*, another probable reservoir of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Iran. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 69(5), 517-519.
72. El Sawaf, B.M., Beier, J.C., Hussein, S.M., Kassem, H.A., Satter, S.A., (1984). *Phlebotomus langeroni*: a potential vector of kala Azar in the Arab Republic of Egypt. *Trans. R. Soc. Trop. Med.Hyg.* 78, 421.
73. Elliot, P., Wakefield, J. C., Best, N. G., & Briggs, D. J. (2000). *Spatial epidemiology: methods and applications*. Oxford University Press.
74. Enserink, M. (2000). Has Leishmaniasis become endemic in the U. S. *Science(Washington)*, 290(5498), 1881-1883.
75. Fatih M. Simsek, Bulent Alten, Selim S. Caglar, Yusuf Ozbel, A. Murat Aytekin, Sinan Kaynas, Asli Belen, Ozge Erisoz Kasap, Mehmet Yaman, and Samiye Rastgeldi.2007. Distribution and altitudinal structuring of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in southern Anatolia, Turkey: their relation to human cutaneous leishmaniasis. *Journal of Vector Ecology*, 32(2):269-279.

76. Fichet-Calvet E, Jomaã IA, Zaafour B, Ashford RW, Ben-Ismaïl R, Delattre P. The spatio-temporal distribution of a rodent reservoir host of cutaneous leishmaniasis, *Journal of Applied Ecology* 2000 ; 37: 603-15.
77. Froment, A. (1997). Une approche écoanthropologique de la santé publique. *Nature Sciences Sociétés*, 5(4), 5-11.
78. Ghosh, K.N., J.M. Mukhopadhyay, H. Guzman, R.B. Tesh, and L.E. Munstermann. 1999. Interspecific hybridization of genetic variability of *Phlebotomus* sand flies. *Med. Vet. Entomol.* 13: 78-88
79. Glass, G. E., Schwartz, B. S., Morgan III, J. M., Johnson, D. T., Noy, P. M., & Israel, E. (1995). Environmental risk factors for Lyme disease identified with geographic information systems. *American Journal of Public Health*, 85(7), 944-948.
80. Guernaoui, S., A. Boumezzough, and A. Laamrani. 2006. Altitudinal structuring of sand flies (Diptera: Psychodidae) in the High-Atlas mountains (Morocco) and its relation to risk of leishmaniasis transmission. *Acta Trop.* 97: 346-351.
81. Harrat Z, Pratlong F, Bellazzoug S, Dereure J, Deniau M et al, (1996). *Leishmania infantum* and *L. major* in Algeria. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, 1996, 90, 625-629.
82. Harrat Z, Boubidi SC, Pratlong F, Benikhlef R, Selt B, et al, (2009). Description of a dermatropic leishmania close to *L. killicki* (Rioux, Lanotte & Pratlong 1986) in Algeria. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 103: 716–720.
83. Hay S.I., Cox J., Rogers D.J., Randolph S.E., Stern D.I., Shanks G.D., Myers M.F. & Snow R.W (2002) Climate change and the resurgence of malaria in the east African highlands. *Nature* , 415 (6574) : 905-9.
84. Hay S.I., Snow R.W & Rogers D.J., Randolph S.E (1998) From predicting mosquito habitat to malaria season using remotely sensing data : practice, problems and perspective. *Parasitol Today* 14 (8) 306-12.
85. Heisch, R. B., Nelson, G. S., & Furlong, M. (1959). Studies in filariasis in East Africa: 1. Filariasis on the Island of Pate, Kenya. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 53(1), 41-53.
86. Izri A, Belazzoug S, Benhabyles N et al Le clou de Biskra (Algérie). Résultats d'une étude écoentomologique. *Bull Soc Fr Parasitol* 1998 ; 16:61-79.
87. Izri A, Depaquit J, Parola P.(2006) Phlébotomes et transmission d'agents pathogènes autour du bassin méditerranéen. *Med Trop* 2006;66:429-35.

88. Izri M A, Belazzoug S, Pratlong F & Rioux JA.(1992) Isolement de *Leishmania major* chez *Phlebotomus papatasi* à Biskra (Algérie), fin d'une épopée éco-épidémiologique. *Ann Parasit Hum Comp*;1:31-2.
89. Izri M. A.; Belazzoug S.(1993) . *Phlebotomus* (Larrousius) *perfiliewi* naturally infected with dermatropic *Leishmania infantum* at Tenes, Algeria *Trans.of the Royal Society of Trop. Med. and Hyg.* , vol. 87, no 4, pp. 383-385 .
90. Jaouadi, K., Haouas, N., Chaara, D., Gorcii, M., Chargui, N., Augot, D. & Babba, H. (2011). First detection of *Leishmania killicki* (Kinetoplastida, Trypanosomatidae) in *Ctenodactylus gundi* (Rodentia, Ctenodactylidae), a possible reservoir of human cutaneous leishmaniasis in Tunisia. *Parasites & vectors*, 4(1), 159.
91. Javadian E , and Mesghali A.(1974)- Studies on cutaneous leishmaniasis in Khuzestan, Iran. *Bull Soc Pathol Exot*, 75,284-290.
92. Jones KE, Patel NG, Levy MA, Storeygard A, Balk D, Gittleman JL, Daszak P. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature* 2008 ; 451:990-3.
93. Jorge A., Sergio Y., Caryn B.,Leishmaniasis and poverty, *TRENDS in Parasitology*, Vol.22 No.12, 2006.
94. Kamhawi S, Arbaji A, Rida M, Adwan S. Environmental manipulation in the control of a zoonotic leishmaniasis focus. *Arch Inst Pasteur Tunis* 1993 ; 70:383-90.
95. Kamhawi S. Evaluation of the physical destruction of burrows in the control of zoonotic cutaneous leishmaniasis Jordan : Karameh and Sweimeh, southern Jordan Valley, 4-5, Document WHO- EM/TDR/004/ E/G09.03/2500 ; 2003.
96. Killick-kendrick R. Biology of *Leishmania* in phlebotomine sandflies. In: Lumsden,W.H.R. and Evans, D.A. (eds.), *Biology of the Kineplastida*, 1979, vol. 2, pp.396–460. Academic Press, London.
97. Killick-Kendrick R. Phlebotomine vectors of leishmaniasis : a review. *Med Vet Entomol* 1990;4:1-24.
98. Koehler, K., Stechele, M., Hetzel, U., Domingo, M., Schönián, G., Zahner, H., & Burkhardt, E. (2002). Cutaneous leishmaniosis in a horse in southern germany caused by *Leishmania infantum* *Veterinary parasitology*, 109(1), 9-17.
99. Le Houérou H. N. (1995). Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique: diversité biologique, développement durable et désertisation.
100. Le Houérou H.N. (1977). Etudes bioclimatiques des steppes algériennes – *Bull.Soc.Hist.Nat.Afr.Nord Alger* ,68,33-74

101. Levine, N. D., Corliss, J. O., Cox, F. E. G., Deroux, G., Grain, J., Honigberg, B. M., ... & Wallace, F. G. (1980). A Newly Revised Classification of the Protozoa. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 27(1), 37-58.
102. Mahjour J.A., El idrissi L., Lyacoubi M., Mouki B., Barkia A., Lhayati M. ,1997. La lutte contre les leishmanioses, guide des activités, Maroc , 109 p.
103. Makhloufi, h., & Dehimi, o. (2007). La salinisation des sols dans la cuvette centrale du Hodna (Algérie). *Colegiul de redacție*, 57.
104. Menne B, 2006. Climate Change and Adaption Strategies for Human Health. Springer. *Microbiology Reviews*. 14, 229-243.
105. Ilhem Mihoubi I., Stéphane Picot S., Nadia Hafirassou N., Frédérique Dde Monbrison F.,- Cutaneous leishmaniasis caused by *Leishmania tropica* in Algeria ,*Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* (2008) 102, 1157—1159.
106. Mimoun S. (1995). Gestion des sols salés et désertification dans une cuvette endoréique d'Algérie (Sud du Chott Hodna). Thèse de docteur en géographie physique de l'Université d'Aix Marseille I., 150 pp.
107. Moatti, J. P., Beltzer, N., & Dab, W. (1993). Les modèles d'analyse des comportements à risque face à l'infection à VIH: Une conception trop étroite de la rationalité. *Population (French Edition)*, 1505-1534.
108. Mobignol M., Environnement urbain, assainissement et maladies parasitaires dans une ville du cameroun: mbandjock, Mémoire de diplôme d'université de 3^{ème} cycle, France, 1995, 50pp.
109. Motazedian M. H., Parhizkari M., Mehrabani D., Hatam G., Asgari Q., First detection of *Leishmania major* in *Rattus norvegicus* from Fars Province, Southern Iran, *Vector-borne and zoonotic diseases*, N° 10, 2010.
110. Mott, K. E., Nuttall, I., Desjeux, P., & Cattand, P. (1995). New geographical approaches to control of some parasitic zoonoses. *Bulletin of the World Health Organization*, 73(2), 247.
111. Odetoynbo (JA) (1969)-Preliminary investigation on the use of light trap for sampling malaria vectors in the Gambia, *Bull.WHO*, 40, 547-560
112. Ogita Z., 1968 .Genetic control of isoenzymes.*Ann.N.Y .Acad.Sci*,151:243-262.
113. OIE , 2005.Manuel terrestre, 446-456p.

114. Oliveira CL., Assunção RM., Reis IA., Proletti FA. (2001) Spatial distribution of human an canine visceral leishmaniasis in Belo Horizonte , Minas Gerais State , Brazil , 1994-1997, *Cadernos de Saude Publica* , 17 : 1231-1239
115. OMS. Système d'Information Géographique : cartographie et surveillance épidémiologique 1999. *Weekly Epidemiol Rec hebdomadaire 1999*; 74 : 281-288.
116. OMS.TDR.2004: leishmaniose. Life cycle of leishmania
117. Openshaw, S. (1996). Developing GIS-relevant zone-based spatial analysis methods. *Spatial analysis: modelling in a GIS environment*, 55-73.
118. Parrot L. et Durand-Delacre R. (1948). Notes sur les phlébotomes –LX- quelques remarques sur les phlébotomes des terriers de rongeurs du sud oranais. *Arch.Inst. Pasteur d'Algérie*, 26, (4),401-405
119. Parrot L. Sur la nourriture des larves de Phlébotomes. *Arch Inst Pasteur d'Algérie* 1941;14:435-6.
120. Parrot, L. (1935). Notes sur les phlébotomes. XV. Présence en Algérie de *P. perfiliewi* Parr., 1930. *Arch. Inst. Pasteur Alger*, 13(2), 257-258.
121. Parrot.L & Foley H., 1925 : Le bouton d'orient en Algérie (remarques étiologiques et épidémiologiques. *Arch. Inst. Pasteur Alg.*, 3, 333-343.
122. Pene P., Nosny Y., Chaudet H., Environnement urbain en Afrique subsaharienne et pathologie, *Médecine d'Afrique Noire*, 39 (3), 1992.
123. Petrischeva PA (1971)-The natural focality of Leishmaniasis in USSR. *Bull.org.mdle.santé* ,44, 567-576.
124. Petter, F. (1961). Répartition géographique et écologique des Rongeurs désertiques de la région paléarctique (Doctoral dissertation).
125. Philippe Rispaïl, Jacques Dereure, Daniel Jarry-Risk Zones of Human Leishmaniasis in the Western Mediterranean Basin. Correlations between Vector Sand Flies, Bioclimatology and Phytosociology. *Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, Vol, 97 (4): 477-483, June 2002.
126. Pouget, M. (1973). Une manifestation particulière et méconnue de la salure dans les steppes du sud-algérois: Les plages de salure sur les glacis quaternaires à croûte calcaire. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 64(1-2), 15-23.
127. Pratlong F et Lanotte G.,1999. Identification , taxonomie et phylogénèse In : Les leishmanioses (Dedet J.P).Edition Ellipses (Paris). 21-38.

128. Radja R. Contribution à l'analyse des risques environnementaux(inondation/leishmaniose) par application de SIG dans la ville de Bou Saada, mémoire Master, Université de M'sila, 91 p.
129. Ramade F. 1995. *Eléments d'Ecologie Appliquée* (5ème éd). Ediscience International: Paris; 586p.
130. Reiter P., Fontenille D. & Paupy C. (2006) *Aedes albopictus* as an epidemic vector of Chikungunya, another emerging problem *Lancet Infect Dis* 6(8) :463-4
131. Reiter P.: Climate change and Mosquito-Borne Disease, *Environmental Health Perspective*, 2001, 109; S141-S161
132. Rejmankova, E., Roberts, D. R., Pawley, A., Manguin, S., & Polanco, J. (1995). Predictions of adult *Anopheles albimanus* densities in villages based on distances to remotely sensed larval habitats. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 53(5), 482-488.
133. Relevé épidémiologique annuel, 2004, Ministère de la santé, Algérie.
134. Relevé épidémiologique annuel, 2007, Ministère de la santé, Algérie.
135. Rioux J.A, Golvan Y.J, Croset H, Houin R, Juminer B, Bain O Et Tour S., (1967). Ecologie de leishmanioses dans le sud de la France. Les phlébotomes. Echantillonnage, éthologie. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, 42, 561-603.
136. Rioux J.A, Golvan Y.J, Croset H, Houin R., Et Tour S. (1970). Résultats d'une enquête écologique sur le foyer leishmanien des Cévennes méridionales-Extrait de la revue de médecine N° 18, 1039-1052.
137. Rioux JA, Killick-Kendrick R, Leaney AJ et al *Écologie des leishmanioses dans le sud de la France*. 12. Dispersion horizontale de *Phlebotomus ariasi* Tonnoir, 1921. Expériences préliminaires. *Ann Parasitol Hum Comp* 1979 ; 54:673-82.
138. Rioux JA, Lanotte G, Serres E, F Pratlong, Bastien P, Perieres J. Taxonomy of *Leishmania*. Utilisation des isoenzymes. Suggestions pour une nouvelle classification. *Annl's hum comp Parasitol* 1990 (a); 65:111-125.
139. Rioux JA, Lanotte G. Apport de la cladistique à l'analyse de genre *Leishmania* Ross, 1903 [Kinetoplastida-Trypanosomatidae]. *Corollaires éco-épidémiologiques*, *Biosystema* 1993;8:79-90.
140. Rioux JA, Petter F, Akalay O et al *Meriones shawi* (Duvernoy, 1842) (Rodentia, Gerbillidae), réservoir de *Leishmania major* Yakimoff et Schokhor, 1914 (Kinetoplastida, Trypanosomatidae) dans le sud marocain. *C R Seances Acad Sci Paris* 1982;294:515-7.

141. Rioux JA; Dereure J & Perieres J- Approche écologique du « risque épidémiologique », l'exemple des leishmanioses, Bull Ecol, 1990 (b), 21, 1-9
142. Rioux, J. A., Lanotte, G., Serres, E., Pratlong, F., Bastien, P., & Perieres, J. (1990)(c). Taxonomy of Leishmania: Use of isoenzymes. Suggestions for a new classification. Annales de parasitologie humaine et comparée, 65(3), 111-125.
143. Rioux, J.A., De La Rocque, S., 2003. Climats, leishmanioses et trypanosomiases. Changements climatiques, maladies infectieuses et allergiques. Ann. Inst. Past. 16, 41–62.
144. Rioux, J.A., Guilvard, E., Dereure, J., Lanotte, G., Denial, M., Pratlong, F., Serres, E., Belmonte, A., 1986. Infestation naturelle de *Phlebotomus papatasi* (Scopoli, 1786) par *Leishmania major* MON-25. A propos de 28 souches isolées dans un foyer du Sud Marocain. In: Leishmania. Taxinomie et Phylogénèse. Applications éco-épidémiologiques (International Colloquium CNRS/INSERM, 1984). IMEEE, Montpellier, France, pp. 471–48
145. Rioux, J.A., Rispaïl, P., Lanotte, G., Lepart, J., 1984. Relations Phlébotomes-bioclimats en écologie des leishmanioses Corollaires épidémiologiques. L'exemple du Maroc. Bull. Soc. Bot. Fr. 131,549–557.
146. Roberts, D. R. and Rodriguez, M. H., 1994, The environment, remote sensing and malaria control. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **740** 396-402.
147. Rodhain F. (2003) Emergences des maladies à transmission vectorielles. *Epidemiol et santé anim.* 44 : 33-49
148. Rodhain, F. (2000). La situation des maladies à vecteurs en Indonésie. *Bull Soc Pathol Exot*, 93(5), 348-352.
149. Rodhain, F., & Perez, C. (1985). Outline of medical and veterinary entomology. Data on the epidemiology of vector-borne diseases. Maloine éditeur.
150. Rose, K., Curtis, J., Baldwin, T., Mathis, A., Kumar, B., Sakthianandeswaren, A., . & Handman, E. (2004). Cutaneous leishmaniasis in red kangaroos: isolation and characterisation of the causative organisms. *International journal for parasitology*,34(6), 655-664.
151. Savigny , D and Wijeyaratne,P.(Eds.)(1995) GIS for health and the environment .Proceedings, International Workshop held in Colombo, Sri Lanka 5-10 September ,1994. International Development Research Centre ,Ottawa ,Canada 173p
152. Schlein, Y., Warburg, A., Schnur, L. F., Le Blancq, S. M., & Gunders, A. E. (1984). Leishmaniasis in Israel: reservoir hosts, sandfly vectors and leishmanial strains in the

- Negev, Central Arava and along the Dead Sea. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 78(4), 480-484.
153. Scott, L. M., & Janikas, M. V. (2010). Spatial statistics in ArcGIS. In Handbook of applied spatial analysis (pp. 27-41). Springer Berlin Heidelberg.
154. Sellers RF & Mellor PS-Temperature and the persistence of virus in Culicoides spp. during adverse conditions, Rev Sci Tech off int epiz, 1993, 12, 733-755
155. Sergent, E., et, P. I., Donatien, A., & Beguet, M. (1926). Transmission expérimentale du bouton d'Orient (clou de Biskra) à l'homme par Phlebotomus papatasi (Scop.). Arch Inst Pasteur, 40, 411-430.
156. Séridi N, 1998. Etude de la variabilité génétique du parasite Leishmania infantum en Algérie, application et validation de l'outil ADN, thèse de Magister, 104 p.,
157. Seyedi-Rashti MA, Nadim A. Attempts to control zoonotic cutaneous leishmaniasis in the Isfahan area, Iran. Iranian J Pub Health 1974 ; 2:199-203. Le Houerou HN. Études bioclimatiques des steppes algériennes. Bull Soc His Nat Afr Nord Alger 1977 ; 68:33-74.
158. Singh, K.V. 1999. Studies on the role of climatic factors in the distribution of phlebotomine sandflies (Diptera:Psychodidae) in semi-arid areas of Rajasthan, India. J. Arid Environ. 42: 43-48.
159. Subbarao K. Systemic Shocks and Social Protection : The Role and Effectiveness of Public Works. Social Protection Discussion Paper 0302. World Bank, Social Protection Unit, Washington, DC; 2003.
160. Tauil, P.L., 2006. Perspectives of vector borne diseases control in Brazil., Rev. Soc. Bras. Med. Trop. 39, 275–277.
161. Telfer, G.T. and M. Hassall. 1999. Ecotypic differentiation in the grasshopper Chorthippus brunneus: life history varies in relation to climate. Oecologia. 121: 245-254
162. Teodoro U., Kuhl J.B., Sandflies and domestic animals interaction and *Lutzomyia (Nyssomyia) intermedia* (Lutz & Neiva, 1912) predominance in an area with a high level of anthropy in southern Brazil, Rev. Saude Publica, 31, 1997.
163. Tibayrenc M., 1979. Les isoenzymes et l'entomologie médicale. Cah.O.R.S.T.O.M., sér. Wt mea et Parasitol : XVII, n°4 :249-256
164. Torres Espejo, J. M., Pratlong, F., Le Pont, F., Mouchet, J., Desjeux, P., & Rioux, J. A. (1989). Leishmaniasis in Bolivia: V. Human strains of Leishmania (V.) braziliensis from the department of Pando. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 84(4), 583-583.
165. Turki I., Etats de santé des tunisiens en 2030, Mémoire de master, Tunisie, 2008, 99pp.

166. UN-HABITAT, Les tendances de l'urbanisation : l'étalement urbain constitue désormais un problème mondial, SOWC/10/Pr4, 2010.
167. Wery, M. (1995). Protozoologie médicale. De Boeck.
168. WHO 1990. Lutte contre les leishmanioses. Série de rapports techniques n° 793 : 176.
169. WHO Ref: WHO/CDS/NTD/IDM/2007.3 Cutaneous leishmaniasis. Why are you neglecting me?, Geneva, 2007
170. WHO Technical Report Series, 949, Control of the leishmaniasis, report of a meeting of the WHO Expert Committee on the Control of Leishmaniasis, Geneva, 22-26 March 2010
171. WHO Technical Report Series, 949, Control of the leishmaniasis, report of a meeting of the WHO Expert Committee on the Control of Leishmaniasis, Geneva, 22-26 March 2010, 143
172. WHO World Health Report 1996: Fighting disease, fostering development. Geneva, : 143p.
173. WHO . Défense mondiale contre la menace des maladies infectieuses , WHO/CDS/2003.15 Genève 2003
174. WHO, 2000. Rapport sur la santé dans le monde Archives. 1995-2000, Genève.
175. WHO, 2004. The World Health Report. Geneva: World Health Organization
176. WHO. Rapport d'experts sur les leishmanioses. Suisse 1990 : 10–2.
177. Wittman EJ, Mellor PS & Baylis M., Effect of temperature on the transmission of orbiviruses by the biting midge, *Culicoides sonorensis* , *Med Vet Entomol* , 2002, 16, 147-156
178. Ximenes M. F. F. M., Castellon E. G., Souza M. F., Freitas R. A., Pearson R. D., Wilson M. E., Jeronimo S. M. B., Distribution of Phlebotominae Sand flies (Diptera: Psychodidae) in the State of Rio Grande do Norte, *J. Med. Entomol*, 37, Brazil, 2000.
179. Yaghoobi-Ershadi M R, Akhavan A A, Zahraei-Ramazani A R, Javadian E, Motavalli-Emami M. Field trial for the control of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Badrood, Iran. *Annals of Saudi Medicine* 2000 ; 20:5-6.