



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature
et de la vie Département des sciences de la nature et de
la vie
Filière : Sciences biologiques

Référence

.....
/ 2025

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Microbiologie

Présenté et soutenu par :

YAHIA Oumima et HAMDY Afef

Le:jeudi

Dynamique de la leishmaniose cutanée à Biskra: rôle du climat et contrôle vectoriel par huiles essentielles

Jury :

Dr	ATHAMENA Ahmed	MCB	Univ Mohamed Khider de Biskra	Président
Dr	ZEROUAL Samir	MCA	Univ Mohamed Khider de Biskra	Encadrante
Mme	BELAMEUR Zahia	MCA	Univ Mohamed Khider de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2024-2025

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude à Dieu, qui nous a donné le courage, la volonté et la patience tout au long de ces années d'études, nous permettant ainsi d'atteindre cet accomplissement.

Nous adressons nos remerciements les plus sincères à Madame **Randa Gaouaoui**, qui nous a chaleureusement accueillies au sein de son service. Nous avons été profondément touchées par votre disponibilité, vos qualités humaines et la richesse de vos méthodes pédagogiques. Veuillez recevoir ici l'expression de notre très haute considération.

Nous exprimons notre profonde gratitude au **Dr Samir Zarouel** pour son encadrement de qualité, sa disponibilité et ses précieuses qualités humaines, qui ont grandement enrichi notre parcours de recherche.

Nos remerciements vont également au directeur de la Direction de la Santé de la wilaya de Biskra, pour nous avoir reçues et permis d'accéder au laboratoire d'hygiène de la wilaya. Merci pour la confiance que vous nous avez accordée, ce qui a grandement facilité la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions chaleureusement Monsieur **Amin Mounib**, Chef du Service de Laboratoire de l'Hôpital **Ashour Zian** d'Ouled Djellal, pour avoir mis à notre disposition les outils nécessaires à la réalisation de la partie applicative de notre travail.

Nous exprimons notre gratitude à l'ensemble du personnel du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Biskra, que nous avons eu le plaisir de côtoyer durant notre étude, pour leur gentillesse et leur bienveillance, surtout l'hygienist mademoiselle **Doua**.

Enfin, nous remercions sincèrement les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer notre modeste travail. Veuillez croire en notre profond respect.

Dédicace

À mes chers parents, en reconnaissance de leurs efforts, leurs conseils et leur soutien Constant

À mes frères et sœurs, pour leur encouragement et leur appui tout au long de mon parcours Universitaire.

À mon amie proche, **Soulaf**, pour sa présence et son soutien tout au long de cette étape. À mon fiancé, pour sa compréhension et son soutien durant la réalisation de ce travail.

À ma collègue de mémoire **Oumaima**, pour sa collaboration et son sérieux qui ont contribué à la réussite de ce projet commun,

Je dédie ce travail en témoignage de ma gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à son aboutissement.

Affef Hamdi

Dédicace

Au nom **d'Allah**, le Tout Miséricordieux, le Très Compatissant.

Louanges et paix sur notre Prophète Mohammed.

Je dédie ce travail à ma chère famille qui m'a soutenu(e) moralement et matériellement, malgré toutes les épreuves que nous avons traversées.

Je remercie profondément mon cher père **Djournou** et ma tendre mère **Saadia**. Je leur suis infiniment reconnaissant(e) pour leur amour inconditionnel et incomparable.

Je n'oublie pas mes frères Samir et Ridha et leur femmes, mes sœurs Mira et Sarra, mes sœurs jumelles Safa et Maroua, ainsi que mes adorables neveux et nièces : Rahaf, Amir, Iyed et Mariem, qui m'ont entouré(e) de leur joie de vivre.

Cette dédicace est aussi un hommage à la mémoire de mes chers grands-parents : Saker Rabeh, Yahia El Moukhtar, Hamrit Zohra et Yahia Masouda qu'Allah leur accorde sa miséricorde.

Un remerciement particulier à mes tantes Thoria, Rachida et Karima pour leur soutien constant.

Enfin, une pensée reconnaissante à ma chère amie Itidel.

Yahia Oumaima

Liste des Tableaux I
List des Figures II
Liste des abréviations III

Introduction..... 1

Première partie Synthèse bibliographique

1. Généralités sur la leishmaniose 4
 1.1. Historique 4
 1.2. Définition 4
 1.3. Épidémiologie des leishmanioses..... 5
 1.3.1. L'agent responsable 5
 1.3.2. Cycle biologique du parasite leishmania 8
 1.3.3. Le vecteur 9
 1.4. Cycle de vie de l'insecte 9
 1.4.1. Distribution géographique de leishmaniose : 11
 1.5. Contrôle des vecteurs par les insecticides chimiques classiques 13

Deuxième partie : Partie expérimentale

Chapitre 01 :

Matériel et méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude..... 17
2.2. Climat de la région de Biskra : 19
 2.2.1. La température : 20
 2.2.2. Le vent..... 20
 2.2.3. Humidité 21
 2.2.4. Précipitation 21
2.3. Détermination de la période sèche 21

2.4. Matériel et Méthodes	22
2.4.1. Enquête épidémiologique de leishmaniose	22
2.4.2. Prélèvements	22
2.4.3. Examen direct	23
2.4.4. Prise en charge thérapeutique dans les établissements de santé en Algérie	24
2.4.5. Capture des phlébotomes :	25
2.4.6. Évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles d' <i>Eucalyptus globulus</i> et de <i>Myrtus communis</i> sur les Phlébotominae.....	25
2.4.7. Méthodes de traitement des données	Error! Bookmark not defined.

Chapitre 02 :

Résultats et Discussion

3. Résultats	
3.1. Etude climatiques	28
3.1.1. Détermination de la période sèche	28
3.1.2. Influence des variables climatiques sur l'épidémiologie de la leishmaniose cutanée à Biskra.....	29
3.2. Enquête épidémiologique.....	32
3.2.1. Distribution spatiale de la leishmaniose cutanée dans la région de Biskra.....	32
3.2.2. Distribution démographique (âge et sexe) de la leishmaniose cutanée :.....	33
3.2.3. Distribution géographique des cas de LC dans les communes les plus affectées	34
3.3. Effet des huiles essentielles sur le taux de mortalité des Phlebotominae de la région de Biskra.....	35
3.3.1. Effet des huiles essentielles d' <i>Eucalyptus globulus</i> sur le taux de mortalité des Phlebotominae	35
3.3.2. Effet des huiles essentielles de <i>Myrtus communis</i> sur le taux de mortalité des Phlebotominae	37
3.3.3. Étude comparative de l'efficacité insecticide des huiles essentielles d' <i>Eucalyptus globulus</i> et de <i>Myrtus communis</i> contre les Phlebotominae	40

Discussion

4.Discussion 42

4.1. Analyse épidémiologique 42

4.2. Distribution spatiale de la leishmaniose cutanée dans la région de Biskra 42

4.2.1. Répartition spatiale de la leishmaniose cutanée dans la région de Biskra 42

4.2.2. Distribution démographique (âge et sexe) de la leishmaniose cutanée 43

4.2.3. Corrélation entre les cas et les facteurs climatiques : 43

4.3. Effet des huiles essentielles sur le taux de mortalité des *Phlebotominae* 43

4.3.1. Effet des huiles essentielles *E. globulus* et *M. communis* sur les adultes de *Phlebotominae* 44

Conclusion..... 46

Références bibliographiques 47

Annexes

Résumé

Liste des Tableaux

Tableau 1.Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (2000-2024).....20

Tableau 2.Les vents moyens mensuels de la région de Biskra durant la période (2000- 2024) ...20

Tableau 3.Précipitations moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (2000-2024).....21

Tableau 4.Effet des huiles essentielles d'E. globulus sur le taux de mortalité des Phlebotominae (moyenne \pm écart-type ; n = 6 répétitions de 10 individus chacune).35

Tableau 5.Résultats de l'ANOVA à un facteur montrant l'effet des huiles essentielles d'E globulus sur le taux de mortalité des Phlebotominae (moyenne \pm écart-type; n = 6 répétitions indépendantes de 10 individus *chacune*).....37

Tableau 6.Effet des huiles essentielles de M communis sur le taux de mortalité des Phlebotominae (moyenne \pm écart type ; n = 6 répétitions de 10 individus chacune).....38

Tableau 7.Effet des huiles essentielles de M. communis sur le taux de mortalité des Phlebotominae: analyse de la variance (M \pm S, n=6 répétitions comportant chacune 10 individus).39

Tableau 8.Efficacité des Huiles Essentielles de E. globulus et M. communis sur la Mortalité de L. serricorne40

List des Figures

Figure 1.Aspect microscopique de Leishmania forme amastigote dans un macrophage. (Anofel,2014) 8

Figure 2.Aspect microscopique de Leishmania forme amastigotedans une culture. (Anofel, 2014)8

Figure 3.Cycle de vie de parasite leishmania. (Gardiner, 1988) 8

Figure 4.Phlébotome femelle gorgéede sang. (Toumi khansa,2018) 9

Figure 5.Cycle de reproduction du phlébotome. (Photos Gizem Oğuz et Jorian Prudhomme) 11

Figure 6.Répartition géographique déclarées des Leishmanioses dans le monde..... 12

Figure 7.Répartition géographique déclarées de la Leishmaniose cutanée dans l'Algérie. 13

Figure 8.Etapes du prélèvement cutané 22

Figure 9.Déférentes étapes de la fixation et la coloration 23

Figure 10.Présentation du glucantime.(originale) 24

Figure 11.Piège lumineux. (originale)..... 25

Figure 12.Détermination de la période sèche. 28

Figure 13.Corrélation entre les paramètres climatiques et les cas de leishmaniose cutanée (2000–2024). 30

Figure 14.Variation annuelle du nombre des cas de LC durant la période entre 2000- 2024. 32

Figure 15.Répartition démographique de la leishmaniose cutanée dans la région de Biskra entre 2021 et 2024..... 33

Figure 16.Distribution géographique des cas de LC dans les communes les plus affectées. 34

Figure 17.Effet des huiles essentielles d'E globulus sur le taux de mortalité des Phlebotominae (moyenne \pm écart-type ; n = 6 répétitions, chacune comprenant 10 individus)..... 36

Figure 18.Effet des huiles essentielles de M. communis sur le taux de mortalité des Phlebotominae:($m \pm s$; n=6 répétitions comportant chacune 10 individus). 39

Liste des abréviations

DSP :	Direction de la Santé Publique
IC95% :	Intervalle de Confiance à 95%
LC :	Leishmaniose Cutanée
LCD :	Leishmaniose Cutanée Diffuse
LCL :	Leishmaniose Cutanée Localisée
LCM :	Leishmaniose Cutané-Muqueuse
LCZ :	Leishmaniose Cutanée Zoonotique
LV :	Leishmaniose Viscérale
MG :	N-méthyl glucamine (dans “Antimoniote de N-méthyl glucamine”)
MGG :	May-Grünwald-Giemsa (coloration)
NNN :	Novy-MacNeal-Nicolle (milieu de culture)
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
OR :	Odds Ratio
SIG :	Système d’Information Géographique
WHO :	World Health Organization
SIDA :	Syndrome de l’Immuno Déficience Acquise
T :	Témoin
TA :	Témoin acitone
Eg :	<i>Eucalyptus globulus</i>
Mc :	<i>Myrtus communis</i>

Introduction

Introduction

La leishmaniose cutanée (LC) est une parasitose à transmission vectorielle provoquée par des protozoaires du genre *Leishmania*, transmis à l'être humain par la piqure de phlébotomes infectés, insectes hématophages appartenant à la famille des Psychodidae (WHO, 2021 ; Hong, 2021). Cette maladie est endémique dans de nombreuses régions du monde, notamment dans les zones arides et semi-arides d'Afrique du Nord, du Moyen- Orient, d'Asie centrale et d'Amérique latine. Elle représente un problème majeur de santé publique dans les pays en développement en raison de sa prévalence, de son potentiel épidémique et de ses répercussions sociales et économiques.

En Algérie, et plus particulièrement dans la wilaya de Biskra, *la leishmaniose cutanée* est bien implantée, avec une distribution spatio-temporelle influencée par des facteurs climatiques, environnementaux et socio-économiques. Sur le plan épidémiologique, *la leishmaniose* peut se présenter sous deux formes selon le type de réservoir : anthroponotique, lorsque l'homme constitue le principal réservoir, ou zoonotique, lorsque le parasite circule entre les animaux et l'homme (Aubry, 2019 ; Bachi, 2006 ; Gherbi, 2020; WHO, 2021). Dans les formes zoonotiques, les chiens et certains rongeurs jouent un rôle crucial dans le maintien du cycle parasitaire, comme c'est le cas dans le bassin méditerranéen.

L'analyse épidémiologique de la LC repose non seulement sur l'étude des cas humains, mais également sur la compréhension des facteurs écologiques influençant la densité et l'activité des vecteurs. Les variations de température, d'humidité, de précipitations et même de vitesse du vent sont autant de paramètres pouvant affecter la dynamique des phlébotomes et, par conséquent, la transmission du parasite.

Face aux limites des traitements curatifs et à la persistance de foyers endémiques, la lutte antivectorielle constitue un pilier fondamental de la stratégie de contrôle de *la leishmaniose*. Historiquement, cette lutte repose sur l'utilisation d'insecticides chimiques conventionnels, tels que les organophosphorés et les pyréthrinoïdes, appliqués par pulvérisation dans les habitations et les gîtes des vecteurs. Toutefois, l'émergence de

résistances chez les phlébotomes, les impacts écotoxicologiques et les effets indésirables sur la santé humaine ont conduit à une réévaluation de ces méthodes.

Dans ce contexte, les huiles essentielles d'origine végétale suscitent un intérêt croissant en tant qu'alternatives naturelles, durables et écologiquement sûres. Plusieurs études ont démontré l'efficacité insecticide de certaines huiles essentielles, notamment celles d'*Eucalyptus globulus* et de *Myrtus communis*, contre divers vecteurs, y compris les phlébotomes. Ces extraits volatils agissent par contact ou inhalation, provoquant la paralysie, la répulsion ou la mortalité des insectes. Leur utilisation dans des formulations adaptées (diffuseurs, pièges, traitements de surface) pourrait représenter une approche complémentaire ou de substitution aux insecticides de synthèse, notamment dans les zones où la résistance est préoccupante.

Dans ce contexte, l'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'influence des facteurs climatiques sur la dynamique épidémiologique de la leishmaniose cutanée dans la wilaya de Biskra entre 2000 et 2024, tout en explorant des alternatives durables de lutte antivectorielle. Plus spécifiquement, il s'agit d'analyser la corrélation entre les conditions climatiques et la répartition spatio-temporelle des cas de LC, d'identifier les zones à haut risque, et d'évaluer l'efficacité insecticide des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et de *Myrtus communis* contre les phlébotomes adultes, dans une optique de substitution partielle aux insecticides chimiques conventionnels.

Cette étude s'articule autour de deux axes complémentaires. La première partie est consacrée à une approche théorique approfondie des leishmanioses, incluant les aspects biologiques du parasite *Leishmania*, les mécanismes de transmission par les phlébotomes, les caractéristiques cliniques de la maladie, ainsi que les stratégies classiques de prévention et de lutte. La seconde partie, à caractère expérimental, vise d'une part à analyser la relation entre les variations climatiques et la répartition spatio-temporelle des cas de leishmaniose cutanée dans la région de Biskra sur la période 2000–2024, et d'autre part à évaluer l'effet insecticide de certaines huiles essentielles. Cette dernière approche s'inscrit dans le cadre de la recherche de méthodes alternatives et durables de lutte antivectorielle, en réponse aux limites des insecticides chimiques classiques.

Première partie
Synthèse
bibliographique

1. Généralités sur la leishmaniose

1.1. Historique

Au X^{ème} siècle : Al Boukhari (médecin arabe) décrit pour la première fois cette affection cutanée ; Avicenne l'attribue par la suite à une piqûre de moustique. (Louzir H *et al.*, 2013).

- 1860 : Hamel découvre la maladie à Biskra (Sergent *et al.* , 1921)
- 1882 : Première description clinique de leishmaniose cutanée par McNaught. (Dedet J. P, 1999)
- 1891 : Firth observe des cellules renfermant de nombreuses leishmanies et propose le nom de Sporozoa furconculosa en les identifiant comme étant des « spores » (Dedet J. P, 1999)
- 1898 : en Ouzbékistan, le médecin militaire Borovsky affirme que les leishmanies sont des protozoaires.
- 1912 : Foley et Leduc, rapportent La présence des phlébotomes en Algérie pour la première fois. (Dedet J.P,*et al.*, 1984)
- 1921 : Les frères Sergent, découvrent pour la première fois le vecteur de la maladie en expérimentant sur eux même le développement de la maladie en faisant écraser sur leur peau le broyat de quelques femelles de Phlebotomus papatasi capturées vivantes à Biskra. (Sergent Ed., *et al.* , 1921)
- 1941 : L'école soviétique avec Latyshev et Krujukova, attire l'attention sur le rôle des rongeurs en tant que réservoirs sauvages des leishmanies.
- 1955 : Sergent propose une plus large aire de distribution de la LC qui s'étendrait jusqu'à Tamanrasset (Algérie). (Belazzoug S, 1983)
- 1960 : La première épidémie fût rapportée dans les garnisons militaires à Biskra en 1960 où plus de 200 cas ont été enregistrés. (Belazzoug S, 1983)
- 1970 : La caractérisation iso enzymatique qui a permis l'identification des différentes espèces responsables de leishmanioses cutanées. (WHO, 1984)

1.2. Définition

Les leishmanioses sont des maladies parasitaires (zoonoses) du système monocytes-macrophages, causées par des protozoaires flagellés du genre *Leishmania*. Ces parasites touchent les mammifères et sont transmis par la piqûre d'un moucheron hématophage, le *phlébotome femelle*. On distingue trois formes de leishmanioses :

Les leishmanioses viscérales (LV), mortelles en l'absence de traitement.

- *Les leishmanioses cutanées (LC)*, qui peuvent être localisées (LCL) ou diffuses (LCD).
- *Les leishmanioses cutanéomuqueuses (LCM)*.

La diversité des formes cliniques de la leishmaniose est due à la variété des espèces de *Leishmania* et aux différences de réponse immunitaire chez l'hôte. Environ 370 millions de personnes sont exposées au risque, avec 500 000 nouveaux cas de leishmaniose viscérale par an. On estime à 12 millions le nombre total de cas dans le monde, bien que seuls un tiers soient officiellement déclarés. (ELSEVIER, 2016)

1.3. Épidémiologie des leishmanioses

1.3.1. L'agent responsable

1.3.1.1. Classification

Les leishmanioses sont des protozoaires flagellés de l'ordre des kinétoplastidés et de la famille des Trypanosomatidés. Bien que morphologiquement identiques, leurs espèces diffèrent par un cycle évolutif à deux stades : le promastigote, dans le tube digestif du phlébotome, et l'amastigote, forme intracellulaire chez l'hôte vertébré. (Toumi.kh, 2018).

Règne :	<i>Protista.</i>
Sous-Règne:	<i>Protozoa</i>
Embranchement :	<i>Sarcomastigophora.</i>
Sous-Embranchement :	<i>Mastigophora.</i>
Classe :	<i>Zoomastigophora.</i>
Ordre :	<i>Kinetoplastida.</i>
Sous-Ordre	<i>Trypanosomatina</i>
Famille :	<i>Trypanosomatidae.</i>
Genre :	<i>Leishmania.</i>

1.3.1.2. Morphologie

Le parasite est un protozoaire flagellé qui évolue sous deux formes distinctes au cours de son cycle biologique :

A. Stade amastigote : dépourvu de flagelle apparent, il est intracellulaire, vivant à l'intérieur des macrophages, et se retrouve chez les hôtes vertébrés, y compris l'homme.

A. Stade promastigote : libre et mobile grâce à son flagelle, est retrouvé dans l'intestin du phlébotome et dans les milieux de culture (NNN).

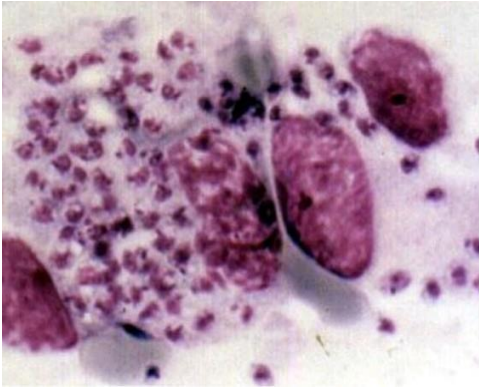


Figure 1. Aspect microscopique de *Leishmania* forme amastigote dans un macrophage. (Anofel, 2014)

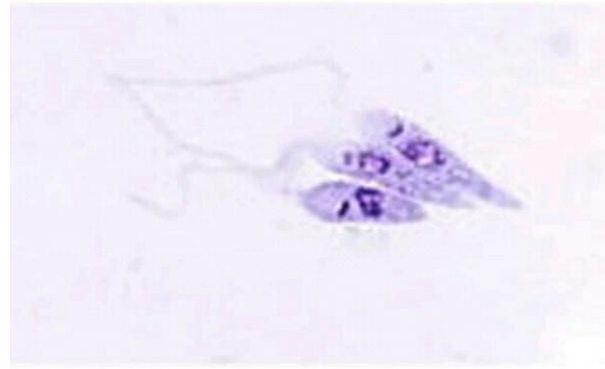


Figure 2. Aspect microscopique de *Leishmania* forme amastigote dans une culture. (Anofel, 2014)

1.3.2. Cycle biologique du parasite leishmania

La transmission du parasite se fait par pique de phlébotomes femelles. Par ailleurs, des cas de contamination humaine à partir d'aiguilles souillées utilisées par les toxicomanes ont été rapportés (Cruz 2002) : le phlébotome ingère des phagocytes infestés par les leishmanies lors d'un repas sanguin. Ces cellules sont dégradées dans le tube digestif de l'insecte et les formes amastigotes se transforment en 12 à 18 h en formes flagellées. La multiplication des promastigotes à l'intérieur de l'intestin du vecteur varie en fonction de l'espace.

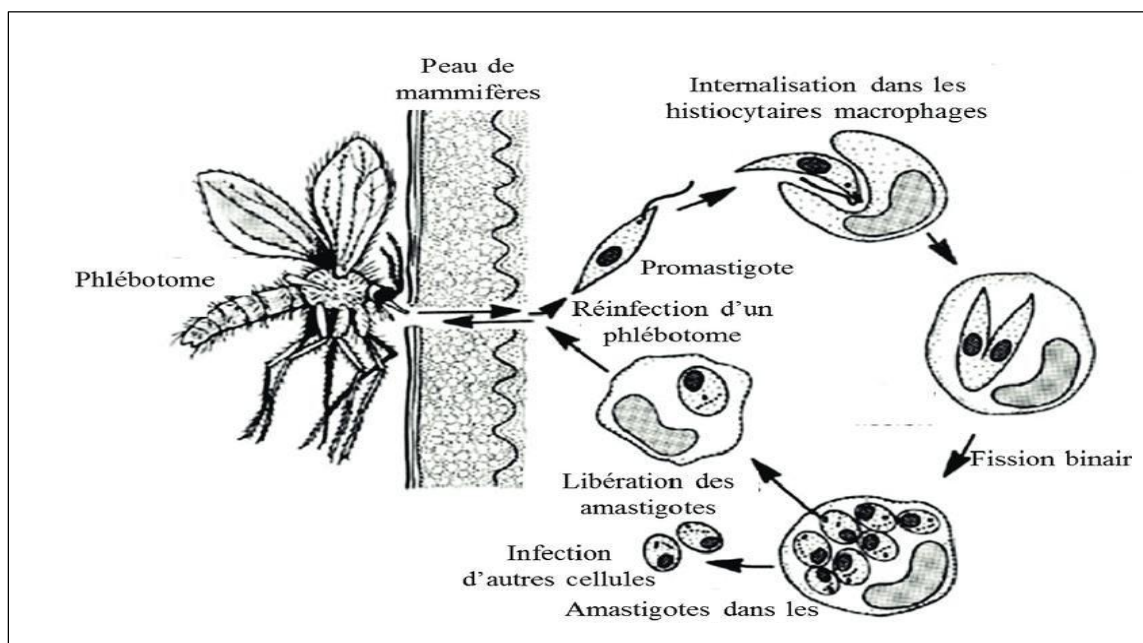


Figure 3. Cycle de vie de parasite *leishmania*. (Gardiner, 1988)

1.3.3. Le vecteur

Les leishmanioses sont des maladies parasitaires causées par des protozoaires transmis par les piqûres de phlébotomes femelles. Parmi les quelque 700 espèces de phlébotomes, une vingtaine sont vecteurs de la maladie. En Algérie, les principales espèces impliquées sont *Phlebotomus perniciosus* (leishmaniose viscérale), *Phlebotomus papatasi* (leishmaniose cutanée zoonotique) et *Phlebotomus perfiliewi* (leishmaniose cutanée septentrionale). Leur comportement anthropophile accentue leur rôle dans la transmission.



Figure 4. Phlébotome femelle gorgée de sang. (Toumi khansa, 2018)

1.4. Cycle de vie de l'insecte

Le cycle de vie des phlébotomes comprend quatre stades : œuf, larve, nymphe et adulte. La femelle pond ses œufs dans des milieux humides riches en matière organique, où les larves se développent avant de se transformer en nymphe, puis en adulte. Seules les femelles adultes, hématoiphages, prennent un repas sanguin nécessaire à la ponte et peuvent transmettre le parasite *Leishmania*. Ce cycle, qui dure de 30 à 60 jours selon les conditions climatiques, est fortement influencé par la température, l'humidité et la disponibilité de gîtes adaptés.

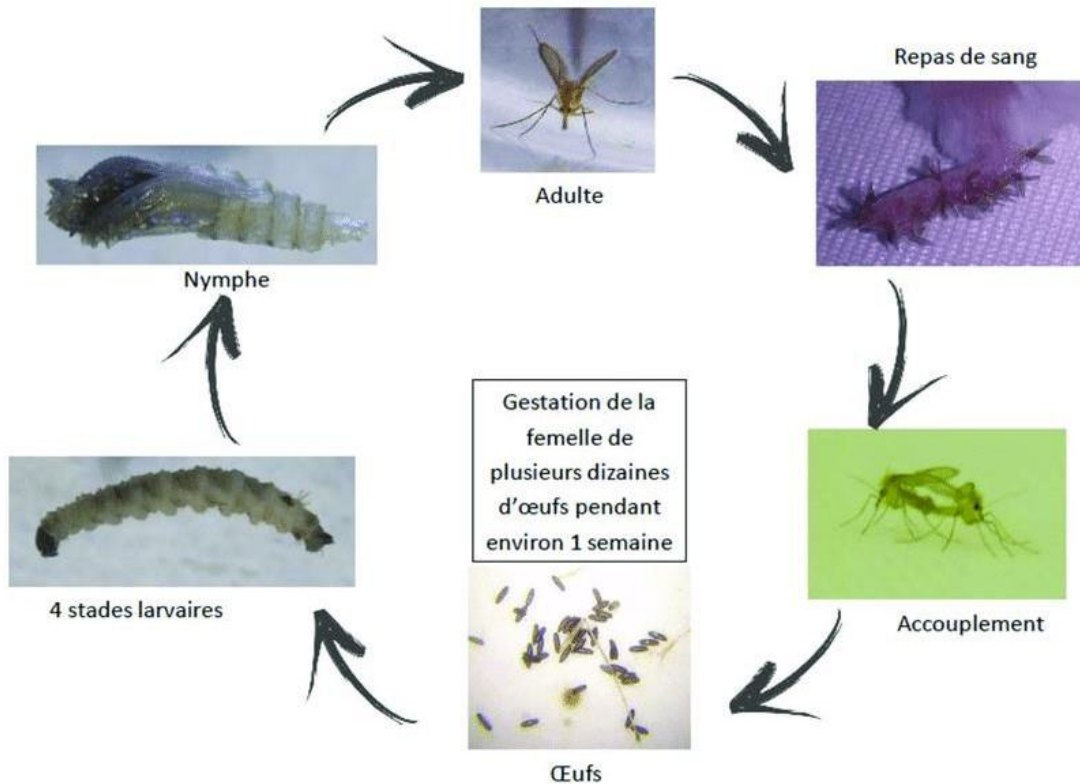


Figure 5. Cycle de reproduction du phlébotome. (Photos Gizem Oğuz et Jorian Prudhomme)

1.4.1. Distribution géographique de leishmaniose :

1.4.1.1. La leishmaniose dans le monde

La leishmaniose est une maladie grave reconnue par l'OMS au même titre que le sida, le paludisme et la tuberculose, touchant principalement les pays pauvres. Elle est présente dans les régions tropicales et subtropicales, avec deux grandes zones : l'Ancien Monde (Europe du Sud, Afrique, Asie) et le Nouveau Monde (Amériques), chacune ayant des espèces de *Leishmania* différentes. En 2000, on estimait à 12 millions le nombre de personnes infectées, avec 600 000 cas déclarés par an dans 88 pays, sans compter les nombreux porteurs asymptomatiques. (OMS)

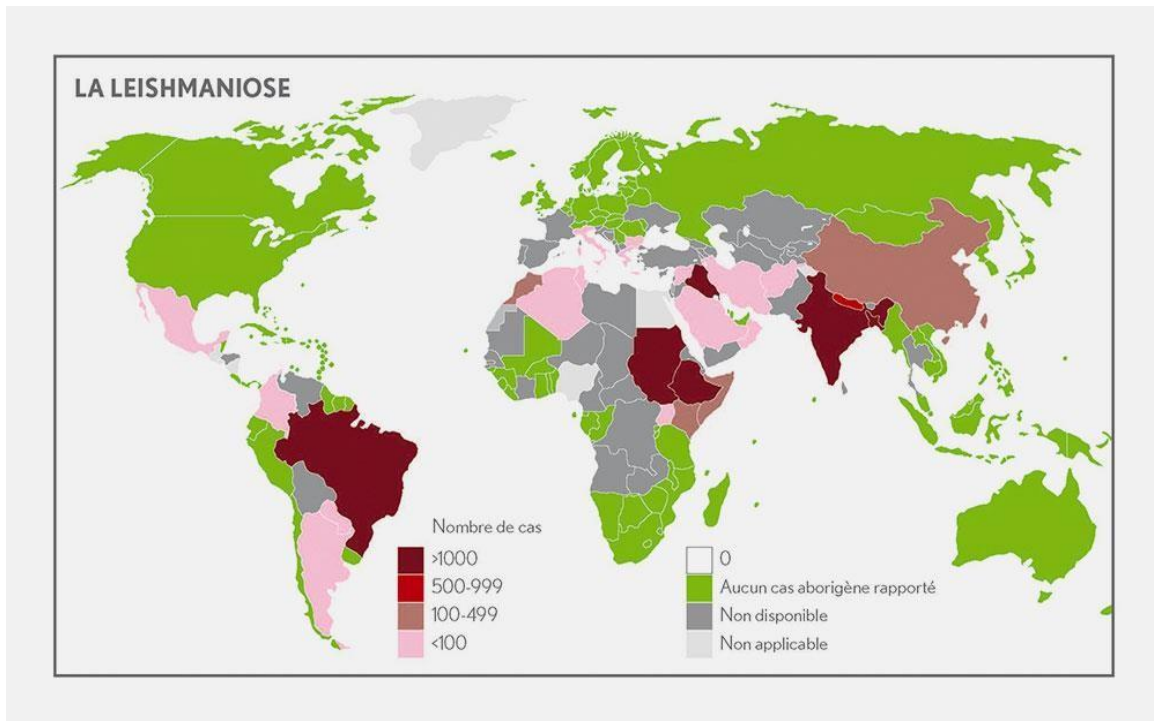


Figure 6. Répartition géographique déclarées des Leishmanioses dans le monde.

1.4.1.2. Leishmaniose dans Algérie

La leishmaniose, appelée *Habbat Biskra*, est une maladie parasitaire endémique en Algérie, touchant surtout les régions arides comme Biskra, M'Sila et Ghardaïa. Sa propagation est favorisée par des facteurs environnementaux, tels que la hausse des températures, et aggravée par les conflits et catastrophes naturelles. Le manque de ressources et d'infrastructures sanitaires limite l'efficacité des actions de prévention (OMS, 2023).

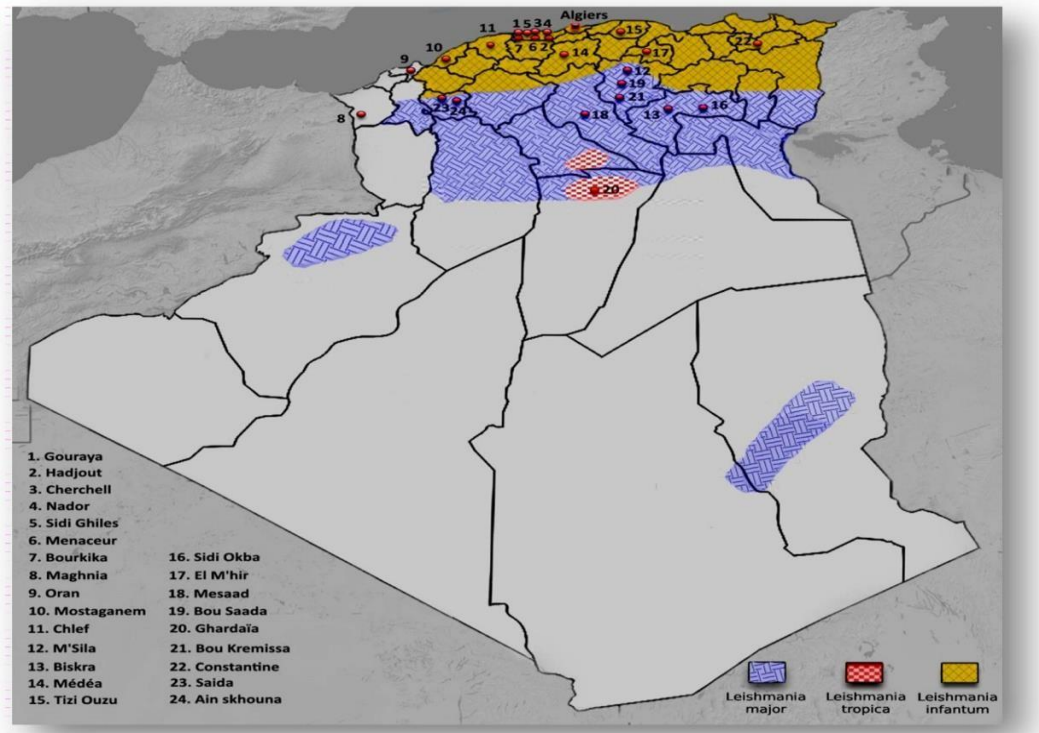


Figure 7. Répartition géographique déclarées de la Leishmaniose cutanée dans l'Algérie.

1.5. Contrôle des vecteurs par les insecticides chimiques classiques

La lutte antivectorielle classique contre la leishmaniose repose principalement sur l'utilisation d'insecticides chimiques conventionnels, visant à réduire la densité des phlébotomes, vecteurs du parasite *Leishmania*. Parmi les plus utilisés figurent les pyréthriinoïdes (deltaméthrine, perméthrine, cyperméthrine) pour leur efficacité et leur faible toxicité aiguë chez les mammifères, ainsi que les organophosphorés (malathion, chlorpyrifos) et les carbamates (propraxur). Ces produits sont généralement appliqués par pulvérisation intra-domiciliaire (IRS) ou en traitement des surfaces extérieures où les vecteurs se reposent ou se reproduisent.

Toutefois, ces méthodes présentent plusieurs limites majeures. D'une part, l'usage répété d'insecticides entraîne une pression de sélection favorisant l'apparition de résistances chez les phlébotomes, réduisant leur sensibilité aux molécules actives. Des cas de résistance aux pyréthriinoïdes ont été signalés notamment en Inde, au Moyen-Orient et en Afrique du Nord. D'autre part, l'utilisation massive de ces substances provoque des

effets écotoxiques : pollution des eaux, accumulation dans les sols, mortalité d'insectes utiles (abeilles, arthropodes non cibles) et risques pour la santé humaine par inhalation ou contact cutané. À cela s'ajoute le coût élevé de ces campagnes de pulvérisation, leur faible durabilité et la nécessité d'une logistique rigoureuse.

Ces défis encouragent aujourd'hui les programmes de santé publique à explorer des alternatives de lutte plus écologiques, telles que l'utilisation de produits d'origine végétale (comme les huiles essentielles) ou les stratégies intégrées de gestion vectorielle, combinant surveillance, éducation, aménagement de l'environnement et recours raisonné aux biopesticides.

Deuxième partie :
Partie expérimentale

Chapitre 01 :

Matériel et méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude

La wilaya de Biskra est considérée comme un pont reliant le nord et le sud, ainsi que l'est et l'ouest en Algérie, ce qui lui confère une position stratégique remarquable. Elle est située dans la partie sud-est du pays et est connue pour être la porte du désert, où elle se trouve à une altitude de 112 mètres au-dessus du niveau de la mer, ce qui en fait l'une des villes les plus basses géographiquement. Elle est bordée au nord par les wilayas de Batna et Khenchela, au sud par celles de Ouargla, M'Ghair et Ouled Djellal, et à l'ouest par celles d'Ouled Djellal et M'Sila.

La wilaya de Biskra couvre une superficie d'environ 21 671 km², comprend 33 communes réparties sur 12 daïras, et abrite plus de 633 000 habitants avec une densité de population d'environ 28 habitants par kilomètre carré.

2.1. Topographie de la région de Biskra :

2.1.1. Les Montagnes :

La wilaya de Biskra est réputée pour son relief montagneux qui fait partie de la chaîne des Aurès, couvrant environ 13 % de la superficie totale de la wilaya. Parmi les sommets les plus remarquables, on trouve le mont Taktout, le plus haut de Biskra, culminant à 1 942 mètres d'altitude, ce qui en fait un site naturel important de la région. La wilaya abrite également d'autres montagnes, telles que le mont El Kaid, le mont Hamara, le mont Gassoum, le mont R'bâa, le mont Gara et le mont Bourzal, qui confèrent à Biskra un caractère montagneux distinct.

Ces montagnes se caractérisent généralement par leur surface rocheuse accidentée, étant relativement dénudées avec une couverture végétale limitée en raison des conditions climatiques semi-arides de la région. Elles jouent également un rôle dans l'influence du climat local et la répartition des eaux souterraines dans la wilaya. (Cadre administratif, Anonyme.2023).

2.1.2. Eaux souterraines de wilaya de biskra :

Les sources d'eau dans la région se divisent en eaux de surface et eaux souterraines. Les eaux de surface comprennent plusieurs oueds prenant leur source dans les monts de

L'Aurès, tels que l'oued El Hay et l'oued Abdi, qui se rejoignent pour former l'oued Biskra, ainsi que l'oued El Arab et l'oued Kottane, qui se rencontrent à Zribet El Oued pour donner naissance à Zribet L'oued Ces oueds connaissent un écoulement faible en hiver et s'assèchent complètement dès le début du mois d'avril. Quant aux oueds des versants sud de l'Aurès, ils se

caractérisent par des bassins réduits et un écoulement irrégulier. Les oueds du Zab oriental n'atteignent le Chott qu'en cas d'inondation, tandis que la plupart des oueds de la région d'Ouled Djellal se déversent dans l'oued Djedi. Les oueds de la région de Loutaya contribuent à l'alimentation des eaux souterraines par infiltration dans le sol. L'oued Djedi constitue le principal collecteur des eaux de l'Atlas saharien, s'étendant sur une superficie de 26 000 km² avec une longueur de 500 km. Cependant, comme la plupart des oueds sahariens, il reste sec la majeure partie du temps et ne se remplit qu'en période d'inondation.

D'autre part, les eaux souterraines se divisent en deux nappes principales. La première est la nappe phréatique, située à une profondeur ne dépassant pas 40 mètres. Elle se forme grâce à l'infiltration des eaux des oueds voisins dans les couches sédimentaires. Bien que présente dans plusieurs zones telles que l'oued Djedi, Doussen, Saâda, Tolga et Lichana, son niveau reste faible. La seconde est la nappe d'eau souterraine profonde, notamment la nappe albienne, dont la profondeur moyenne atteint environ 1 500 mètres. Elle est actuellement exploitée dans la région d'Ouled Djellal.)(Site officiel de la wilaya de Biskra. (s.d.)

2.1.3. La géologie de wilaya de Biskra :

De la région est dominée par le Crétacé, surtout dans les zones montagneuses du nord de la wilaya : El Kantara, Djemoura, Branis et Ouled Djellal. Du nord-ouest de la wilaya : Foughala, Tolga, Cheïba, Ras El Maad et Biskra, la majorité des formations sont du Miopliocène. Les autres régions sont constituées de dépôts du Quaternaire (Wilaya de Biskra. (S.d.).

2.1.4. Les plaines :

Les plaines représentent environ 28 % de la superficie totale de la wilaya de Biskra et sont réparties sur plusieurs régions, ce qui en fait l'une des wilayas possédant des ressources agricoles importantes. Parmi ces plaines, on trouve celles de Biskra, de Tolga, de Lioua, de Dousn, de Foughala, d'Ourlal, de Djemoura, de Lotiya, de Sidi Okba et de Zeribet El Oued. Ces plaines jouent un rôle crucial dans l'activité agricole, car elles sont utilisées pour la culture de diverses récoltes, renforçant ainsi la position de la wilaya dans la production agricole au niveau national(Direction du commerce de la wilaya de Biskra. (s.d.).)

2.1.5. Les dépressions :

Les dépressions se composent de sebkhas et de chotts, qui ensemble représentent 9 % de la superficie totale, comme la sebkha d'Amm El Cheikh et le chott Melrhir. Ces écosystèmes manquent de vie biologique et de végétation naturelle. Les dépressions sont caractérisées par de grandes surfaces peu profondes et salées dans les régions arides et semi-arides, et se manifestent par le chott et la sebkha. La différence entre eux réside dans le mode d'alimentation, les sebkhas dépendant des eaux de crue, tandis que les chotts sont alimentés par l'écoulement des eaux et par les nappes phréatiques profondes qui atteignent la surface via des sources ou des infiltrations (pouget, 1971). Les chotts sont de véritables "machines à évaporation" (coque; 1962). Lorsque l'eau s'évapore sous l'effet de la chaleur, des couches de sel variées se forment à la surface, et diffèrent selon la source de l'eau (souterraine ou superficielle) (Monod, 1957). Pendant les périodes pluvieuses, en hiver et au printemps, une couche d'eau salée (à une concentration de 200-250 g/l) recouvre la surface, et lorsqu'elle s'évapore, elle laisse des dépôts de chlorure de sodium exploitables parfois (pouget, 1971). Après de fortes pluies, les chotts peuvent former des lacs profonds atteignant plusieurs mètres, mais après quelques mois, l'eau s'évapore complètement. Le vent peut transporter des particules d'argile et des cristaux de sel accumulés sur le bord de la dépression dans certaines conditions. La présence d'une nappe phréatique salée à des profondeurs variables autour de ces systèmes contribue à la formation du sol salé. Contrairement à la direction des vents dominants du nord-ouest, il existe des champs de dunes de sable petits sur le bord sud-est.

2.2. Climat de la région de Biskra :

La ville de Biskra se caractérise par un climat désertique chaud et sec, avec des températures estivales comprises entre 30 et 45 degrés Celsius, tandis qu'elles descendent en hiver entre 0 et 15 degrés Celsius. La ville souffre d'une rareté des précipitations, avec un taux de pluviométrie annuel d'environ 114,4 mm, la plupart des pluies tombant entre décembre et avril. Le climat sec affecte l'agriculture, augmentant l'importance de l'irrigation dans la région. Les vents à Biskra connaissent des variations saisonnières, avec des vents froids en hiver et des vents de sable au printemps (Wilaya de Biskra. (s.d.)

2.2.1. La température :

Température moyenne à Biskra La période de grande chaleur dure environ 3,1 mois, du 8 juin au 10 septembre, avec une température maximale moyenne quotidienne dépassant les 35°C. Le mois le plus chaud de l'année à Biskra est juillet, avec une température maximale moyenne de 40°C et une température minimale moyenne de 28°C. La période fraîche s'étend sur environ 3,8 mois, du 17 novembre au 9 mars, avec des températures maximales moyennes inférieures à 21°C. Le mois le plus froid de l'année est janvier, avec une température minimale moyenne de 8°C et une température maximale moyenne de 17°C

Tableau 1.Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (2000-2024)

	J	F	M	A	M	J	Ju	A	S	O	N	D
Max	17.6	19.6	23.6	27.7	32.7	38.3	41.8	40.6	35.6	29.8	22.7	28.4
Moy	12.3	13.6	17	20.9	25.4	31.7	35.2	33.9	29.4	24	17.6	13.4
Min	7	7.6	10.3	14	18.1	25.2	28.6	27.2	23.6	18.2	12.6	8.4

2.2.2. Le vent

Le vent vient le plus souvent de l'est pendant 1,4 mois, du 4 mai au 16 juin et pendant 2,5 mois, du 17 août au 1 novembre, avec un pourcentage maximal de 37 % le 17 août. Le vent vient le plus souvent du sud pendant 2,0 mois, du 16 juin au 17 août, avec un pourcentage maximal de 41 % le 19 juillet. Le vent vient le plus souvent du nord pendant 6,1 mois, du 1 novembre au 4 mai, avec un pourcentage maximal de 45 % le 1 janvier.

Tableau 2.Les vents moyens mensuels de la région de Biskra durant la période (2000- 2024)

	J	F	M	A	M	J	Ju	A	S	O	N	D
Km/h	14.3	15.1	16.9	17.6	17.1	14.7	12.6	11.8	12.4	11.9	13.5	12.7

2.2.3. Humidité

Le niveau d'humidité perçue à Biskra Airport, tel que mesuré par le pourcentage de temps durant lequel le niveau d'humidité est lourd, oppressant ou étouffant, ne varie pas beaucoup au cours de l'année, se maintenant à 3 % +/-3 %

2.2.4. Précipitation

La précipitation est un facteur primordial, pour la réalisation d'une étude climatique La région de Biskra se caractérise par une très faible pluviométrie, variant entre 0 et 200 mm par an.

Tableau 3. Précipitations moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (2000-2024)

	J	F	M	A	M	J	Ju	A	S	O	N	D
P(mm)	11.2	5.4	12.7	14.2	12.3	3.7	0.6	2.8	15.6	16.6	10.4	7.1

2.3. Détermination de la période sèche

L'indice d'Emberger (1932) permet d'évaluer le degré d'humidité d'un climat en prenant en considération plusieurs paramètres climatiques : les précipitations annuelles (P), la température moyenne des maxima du mois le plus chaud (M) et la température moyenne des minima du mois le plus froid (m). À l'instar de l'indice xéothermique de Gaussen, cet indice est particulièrement adapté aux régions méditerranéennes, où il permet de distinguer différents étages climatiques. Emberger a mis en évidence que l'amplitude thermique (M – m), représentant l'écart entre les températures extrêmes, est un facteur clé influençant l'évaporation et, par conséquent, la répartition de la végétation. En effet, à température moyenne égale, plus l'amplitude thermique est grande, plus l'évaporation est importante.

Le facteur pluviométrique pris en compte correspond au produit du nombre annuel de jours de pluie (n) par la moyenne des précipitations annuelles (P).

2.4. Matériel et Méthodes

2.4.1. Enquête épidémiologique de leishmaniose

Notre étude épidémiologique a été réalisée au niveau du centre de laboratoire d'hygiène de Biskra, service de prévention, Direction de la santé publique (DSP) durant la période s'étalant de 2000 à 2024. Les données épidémiologiques ont été identifiées à partir des relevés mensuels et aussi à partir des dossiers des cas ayant déclarés dans les différentes communes de la wilaya de Biskra en tenant compte de l'identité du patient (nom et prénom), le sexe, l'âge, lieu de résidence et l'origine du patient. Ces données ont fait l'objet d'un traitement statistique par le logiciel Excel 2007 dans le but d'élaboration de différentes courbes et graphes.

2.4.2. Prélèvements

Pour assurer un diagnostic précis de la leishmaniose, un protocole rigoureux est suivi. Il comprend le nettoyage aseptique de la lésion, le retrait de la croûte, puis le prélèvement de sérosité à l'aide d'un vaccinostyle, en évitant les zones surinfectées. Un frottis est réalisé sur lame propre, sans contamination sanguine. Chaque lésion est traitée individuellement avec du matériel stérile renouvelé à chaque prélèvement.



Figure 8.Etapes du prélèvement cutané. (originale)

2.4.3. Examen direct

Nous avons utilisé le colorant May-Grünwald-Giemsa (MGG), couramment employé en cytologie pour la mise en évidence des parasites intracellulaires (*Leishmania*). Ce colorant permet une bonne différenciation des structures cellulaires, facilitant ainsi l'observation des amastigotes au microscope. Nous avons utilisé le colorant May Grünwald-Giemsa (MGG)

A. Fixation

Nous plaçons les frottis sur un support plat. Avant toute coloration au Giemsa, nous fixons d'abord les cellules sanguines présentes sur le frottis en versant du fixateur May-Grünwald (bleu de méthylène) de manière à recouvrir entièrement la lame, puis nous démarrons un minuteur pour 3 minutes. Ensuite, nous rinçons la lame à l'eau du robinet et nous la laissons sécher à l'air libre pendant un maximum de 3 minutes.

B. Coloration

La coloration de Giemsa est une technique couramment utilisée en parasitologie, hématologie et cytologie pour visualiser les cellules et les micro-organismes intracellulaires. Elle repose sur un mélange de colorants (éosine et bleu de méthylène) permettant de bien différencier les structures cellulaires. Dans le cadre du diagnostic de la leishmaniose, elle est particulièrement utile pour identifier les amastigotes de *Leishmania* à l'intérieur des macrophages.



Figure 9. Différentes étapes de la fixation et la coloration. (originale)

C. Lavage et séchage

Après l'application du colorant Giemsa, les lames sont soigneusement lavées à l'eau distillée pour éliminer l'excès de colorant tout en préservant la qualité de la coloration. Ce lavage doit être doux afin de ne pas altérer les frottis. Une fois le lavage terminé, les lames sont laissées à sécher à l'air libre, en position horizontale, sans chauffage artificiel, pour éviter toute dégradation des éléments cellulaires observables au microscope.

2.4.4. Prise en charge thérapeutique dans les établissements de santé en Algérie

La modalité thérapeutique la plus couramment utilisée en Algérie est l'infiltration intralésionnelle d'Antimoniote de N-méthyl glucamine, comme observé lors de notre stage à la polyclinique Sidi Khaled et au Centre d'hygiène de Biskra. Cette méthode, confirmée par l'étude de Koull Manel (2021), consiste en des infiltrations locales de 2 à 3 ml du médicament, adaptées à la taille des lésions, effectuées deux fois par semaine selon un schéma précis autour des bords de la lésion pendant un mois. Son usage est toutefois contre-indiqué à proximité de l'œil, en péri-orificiel et en péri-auriculaire.



Figure 10.Présentation du glucantime.(originale)

2.4.5. Capture des phlébotomes :

La capture des phlébotomes s'effectue principalement à l'aide de pièges lumineux, qui exploitent la phototaxie positive de ces insectes nocturnes sensibles à la lumière. Ces pièges sont équipés d'une source lumineuse, généralement une lampe UV ou une lampe blanche, entourée d'un système de capture (filet, chambre ou dispositif d'aspiration) permettant de retenir les insectes attirés.



Figure 11. Piège lumineux. (originale)

2.4.6. Évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et de *Myrtus communis* sur les Phlébotominae

2.4.6. Évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles Matériel utilisé

Les matériaux utilisés dans cette expérience sont les suivants :

Deux huiles essentielles : *Eucalyptus globulus* et *Myrtus communis* .

Trois concentrations préparées à l'aide d'un solvant (acétone).

Pipettes Pasteur pour le dosage des gouttes .

Flacons en verre propres et secs.

Tissu en coton fin pour couvrir les flacons pendant l'évaporation.

Pièges lumineux adhésifs pour la capture des phlébotomes

Réfrigérateur pour anesthésie légère

Pinceau fin pour la manipulation des phlébotomes

Bande adhésive (type bandof) pour conserver les insectes après l'exposition

Méthode expérimentale

Les huiles essentielles ont été testées à trois concentrations différentes (2×10^{-2} , 4×10^{-2} , et 6×10^{-2} $\mu\text{L}/\text{cm}^3$), diluées dans l'acétone.

Les phlébotomes adultes ont été capturés dans plusieurs zones de la wilaya de Biskra (Ouled Djellal, Sidi Khaled, M'Lili, et Lioua) en utilisant des pièges lumineux posés au crépuscule et récupérés à l'aube. Une partie des insectes a été collectée dans une cour ombragée à M'Lili, sous un olivier.

Les insectes ont été placés dans un réfrigérateur pendant moins de cinq minutes pour les étourdir, facilitant ainsi leur manipulation. Seuls les phlébotomes adultes ont été sélectionnés.

Pour chaque test, une goutte d'huile essentielle diluée a été introduite dans un flacon en verre. Le flacon a été doucement agité pour permettre à la goutte de se répartir sur les parois internes. Ensuite, il a été laissé ouvert et recouvert d'un tissu propre pour permettre une évaporation partielle.

Une fois prêt, un nombre déterminé de phlébotomes a été introduit dans chaque flacon, puis celui-ci a été fermé hermétiquement. Les insectes ont été observés à des intervalles précis (5, 10, 15, 20, 30, 60, 120 minutes et 24 heures), et la mortalité a été enregistrée.

Pour corriger les mortalités naturelles, la formule d'Abbott (1925) a été utilisée. Deux groupes témoins ont été également mis en place :

un témoin négatif (aucune exposition), un témoin solvant (exposition à l'acétone seule).

Les insectes traités ont ensuite été conservés temporairement à l'aide de bandes adhésives (type Bandof) pour une manipulation ultérieure.

L'effet insecticide des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* (*E. globulus*) et de *Myrtus communis* (*M. communis*) sur les *phlébotominae* a été évalué en laboratoire. Les huiles essentielles ont d'abord été diluées dans un solvant approprié, l'acétone, pour obtenir différentes concentrations testées (2×10^{-2} , 4×10^{-2} et 6×10^{-2} $\mu\text{L}/\text{cm}^3$). Des lots de phlébotomes adultes, capturés sur le terrain, ont été exposés à ces solutions par fumigation. Deux groupes témoins ont été inclus : un

groupe négatif non exposé et un groupe exposé uniquement au solvant. Après une période d'exposition, la mortalité des insectes a été enregistrée à différents intervalles de temps (5, 10, 15, 20, 30, 60, 120 minutes et après 24 heures). Les taux de mortalité observés ont été corrigés à l'aide de la formule d'Abbott (1925), afin de compenser la mortalité naturelle et d'obtenir une évaluation précise de l'effet bio-insecticide des huiles essentielles.

2.4.7. Méthodes de traitement des données

L'analyse statistique des données recueillies a été réalisée à l'aide du logiciel Excel, complétée par un test d'ANOVA (Analyse de la Variance) visant à comparer les moyennes des différents groupes expérimentaux. Ce test a permis de déterminer l'existence de différences significatives entre les effets des différentes concentrations d'huiles essentielles sur la mortalité des Phlébotominae. Un seuil de signification statistique de $p < 0,05$ a été retenu pour conclure à la présence de différences significatives.

Chapitre 02 :

Résultats et Discussion

3. Résultats

3.1. Etude climatiques

3.1.1. Détermination de la période sèche

Les températures moyennes mensuelles ainsi que les précipitations enregistrées dans la région de Biskra au cours de la période 2000–2024 ont été mentionnées dans la figure 15. Cette figure a mis en évidence une forte variabilité climatique, marquée par une période sèche prolongée et des températures estivales élevées, caractéristiques du climat aride de la région.

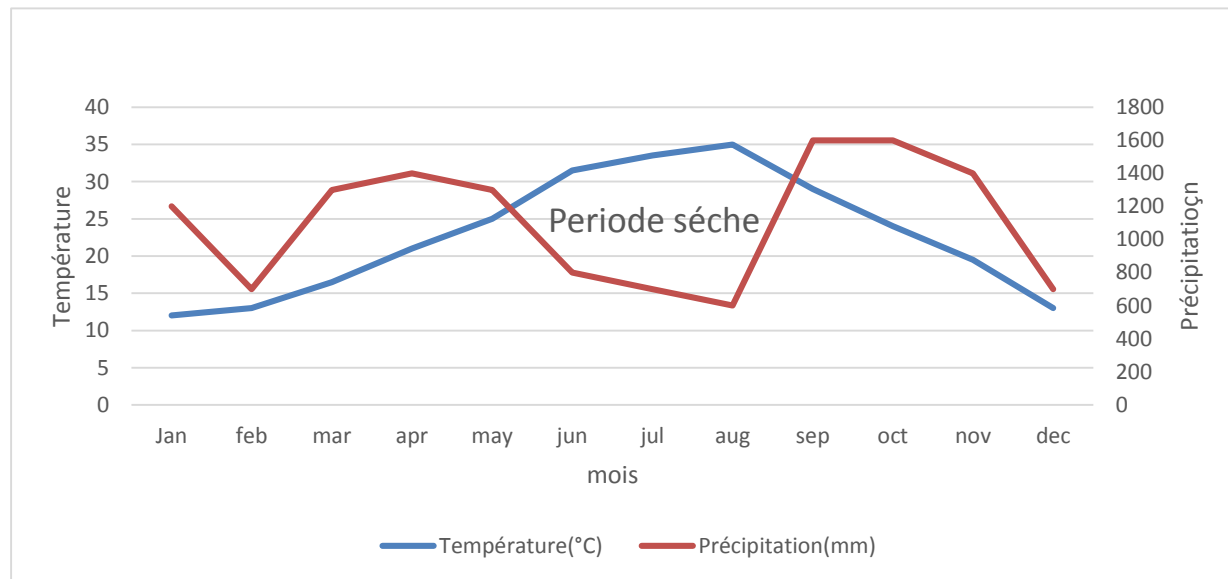


Figure 12. Détermination de la période sèche.

La figure 12 illustre les températures moyennes et les précipitations mensuelles dans la région de Biskra durant la période 2000–2024. On observe une augmentation progressive des températures de janvier (12,3°C) jusqu'à un pic en juillet et août (environ 38°C), suivie d'une baisse vers décembre. Cela reflète un climat désertique caractérisé par des étés très chauds et des hivers modérément frais. En ce qui concerne les précipitations, elles sont globalement faibles tout au long de l'année, avec un maximum en octobre (16,6 mm) et un minimum marqué en juillet (0,6 mm), indiquant une période sèche en été. Ce régime climatique montre une forte aridité, avec des pluies rares et irrégulières, concentrées principalement au printemps et en automne.

3.1.2. Influence des variables climatiques sur l'épidémiologie de la leishmaniose cutanée à Biskra

Les données climatiques obtenues auprès de la station météorologique de Biskra, associées aux relevés mensuels des cas de leishmaniose cutanée fournis par le laboratoire d'hygiène central de la wilaya, ont été utilisées pour mener une analyse de corrélation entre les paramètres environnementaux et le nombre de cas de leishmaniose cutanée (figure 16). L'analyse statistique met en évidence une association significative entre certaines variables climatiques; telles que la température et les précipitations et la fréquence des cas déclarés. Ces résultats suggèrent que les conditions climatiques jouent un rôle déterminant dans la dynamique de transmission de la leishmaniose cutanée dans cette région à climat aride.

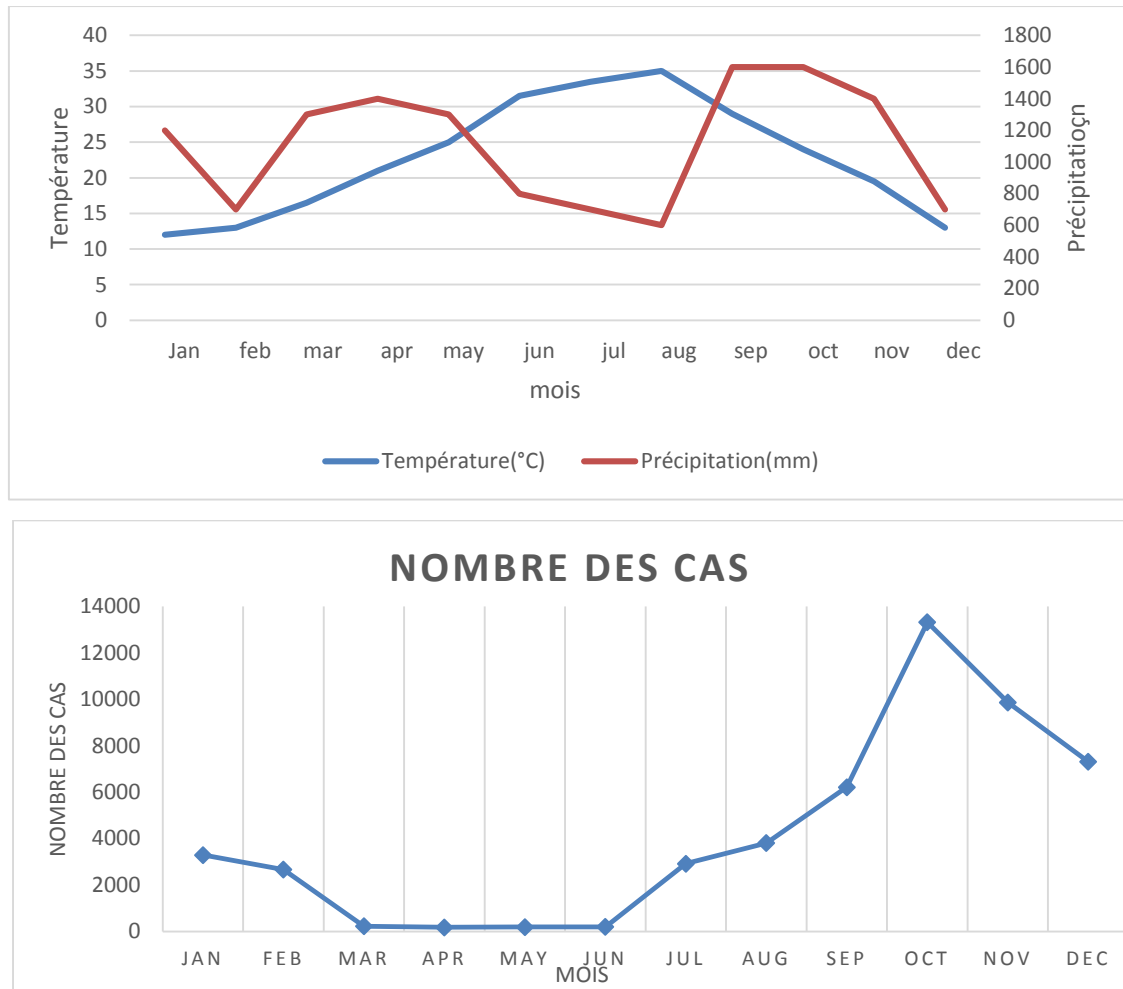


Figure 13. Corrélation entre les paramètres climatiques et les cas de *leishmaniose cutanée* (2000–2024).

La figure 13 illustre la relation entre les variables climatiques et le nombre de cas de *leishmaniose cutanée* enregistrés dans la région de Biskra sur la période 2000–2024. Les données révèlent une variation saisonnière marquée de cas de LC, avec un pic observé en octobre (13 314 cas). Cette augmentation coïncide avec une baisse progressive des températures après les fortes chaleurs estivales, suggérant que des conditions climatiques plus modérées favorisent l'activité du vecteur, le phlébotome.

Il est important de noter que la période d'incubation de *la leishmaniose cutanée*, c'est-à-dire le délai entre la piqûre infectante par le vecteur et l'apparition des lésions cutanées, varie généralement de 2 semaines à plusieurs mois. Ce décalage temporel explique pourquoi les pics de cas surviennent souvent plusieurs semaines après la période de plus grande activité vectorielle, qui a lieu à la fin de l'été et au début de l'automne. Par ailleurs, les précipitations augmentent légèrement au printemps (mars-avril) et surtout en début d'automne (septembre-octobre), créant une humidité ambiante propice à la reproduction des phlébotomes. Quant à la vitesse du vent, elle reste globalement stable, avec une tendance à la baisse entre septembre et novembre, ce qui peut limiter la dispersion des vecteurs et favoriser leur concentration locale.

Dans l'ensemble, ces observations mettent en évidence une corrélation significative entre les facteurs climatiques et la dynamique épidémiologique de la leishmaniose cutanée. Elles soulignent également l'importance de tenir compte du cycle biologique du parasite *Leishmania* et du comportement saisonnier du vecteur pour anticiper les périodes à haut risque et adapter les mesures de prévention et de surveillance épidémiologique.

3.2. Enquête épidémiologique

3.2.1. Distribution spatiale de la leishmaniose cutanée dans la région de Biskra

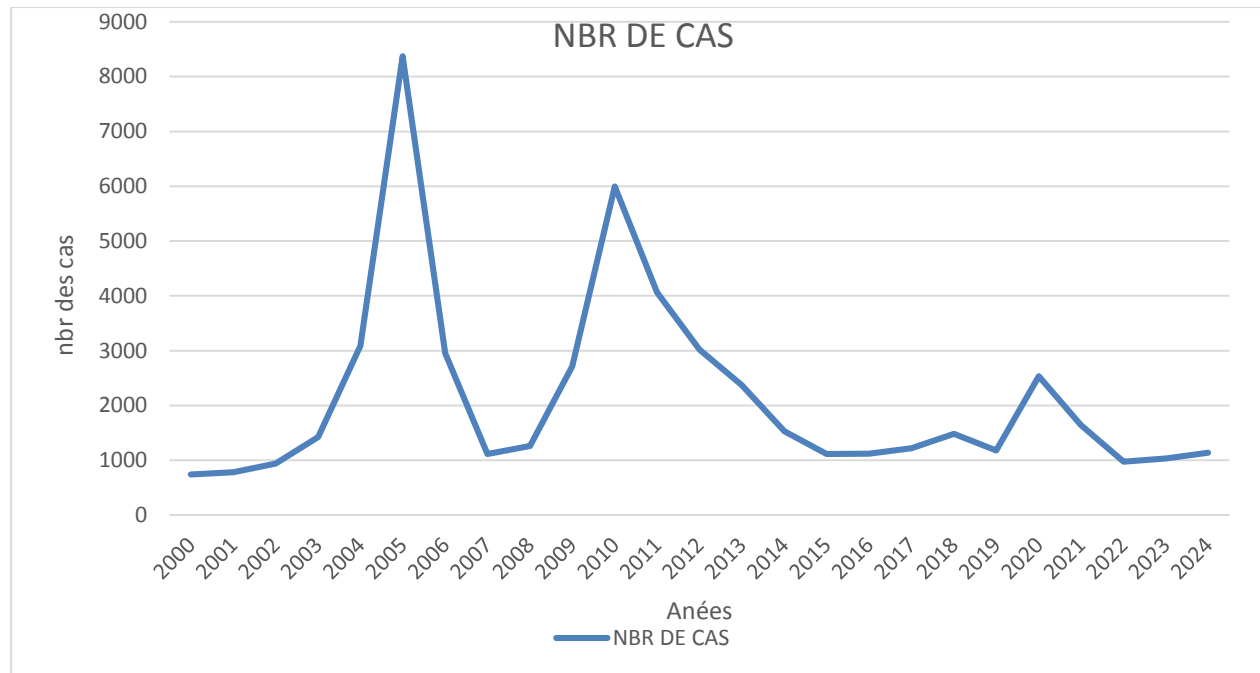


Figure 14. Variation annuelle du nombre des cas de LC durant la période entre 2000- 2024.

La figure 17 illustre l'évolution annuelle des cas de *leishmaniose cutanée* à Biskra sur une période de 24 ans (2000–2024), mettant en évidence des fluctuations marquées dans la dynamique épidémiologique.

Deux pics majeurs de cas de LC sont observés : le premier en 2005, dépassant 8 000 cas, et le second en 2010, avec environ 6 000 cas. Ces périodes épidémiques sont suivies de baisses significatives, certaines années enregistrant moins de 1 500 cas. À partir de 2015, le nombre de cas tend à se stabiliser à un niveau relativement bas, bien que des remontées modérées soient observées, notamment en 2019.

Cette évolution suggère l'alternance entre phases épidémiques et phases de contrôle, vraisemblablement influencée par des facteurs tels que les interventions sanitaires, les conditions climatiques, les changements environnementaux ou les efforts de lutte vectorielle menés localement.

3.2.2. Distribution démographique (âge et sexe) de la leishmaniose cutanée :

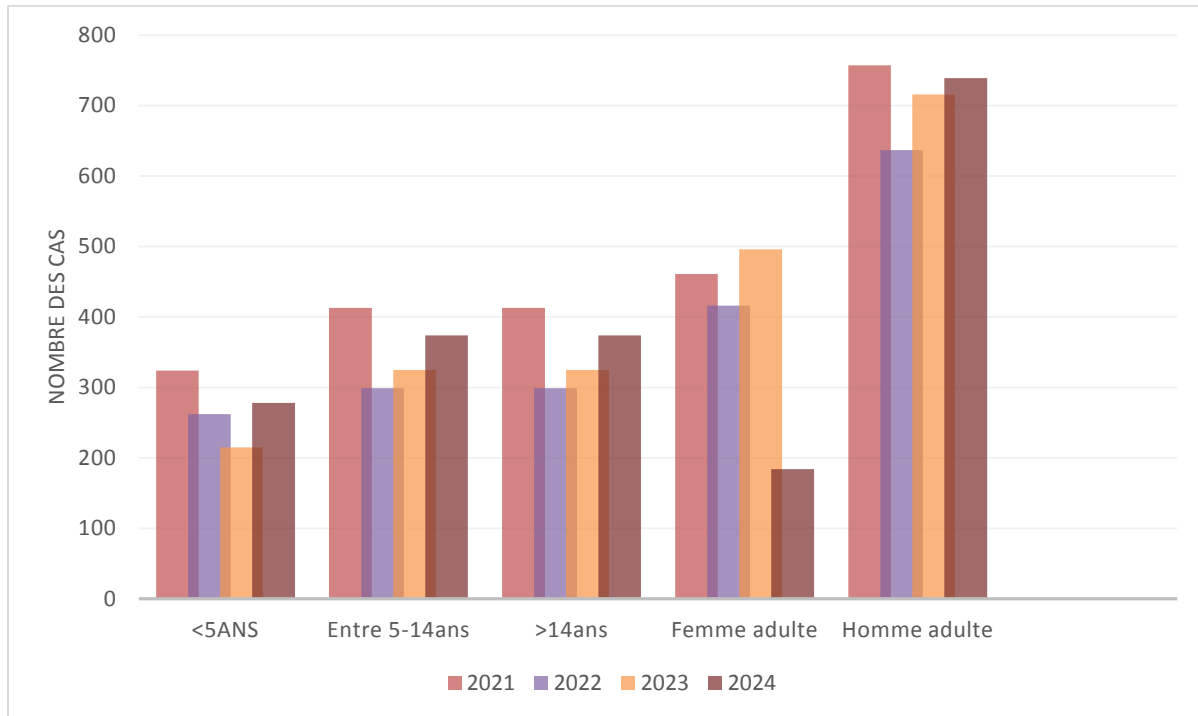


Figure 15.Répartition démographique de la leishmaniose cutanée dans la région de Biskra entre 2021 et 2024.

La figure 18 présente la répartition des cas de leishmaniose cutanée par sexe et par tranche

D'âge sur la période 2021–2024. L'analyse des données révèle une prédominance constante des cas chez les hommes adultes, particulièrement marquée en 2021 et 2024. Cette surreprésentation peut être attribuée à une exposition professionnelle ou comportementale accrue aux facteurs de risque (activités de plein air, travail agricole, etc.). Les femmes adultes constituent la deuxième catégorie la plus touchée, suivies des enfants âgés de 5 à 14 ans. Cette structure par âge et par sexe suggère une vulnérabilité différenciée selon les groupes démographiques. Malgré une tendance générale à la baisse de l'incidence au cours de ces années, les hommes en âge actif restent le groupe le plus exposé, tandis que la faible proportion de cas chez les enfants pourrait résulter d'une meilleure couverture en prévention, d'un accès plus rapide aux soins, ou encore d'un comportement moins à risque.

3.2.3. Distribution géographique des cas de LC dans les communes les plus affectées

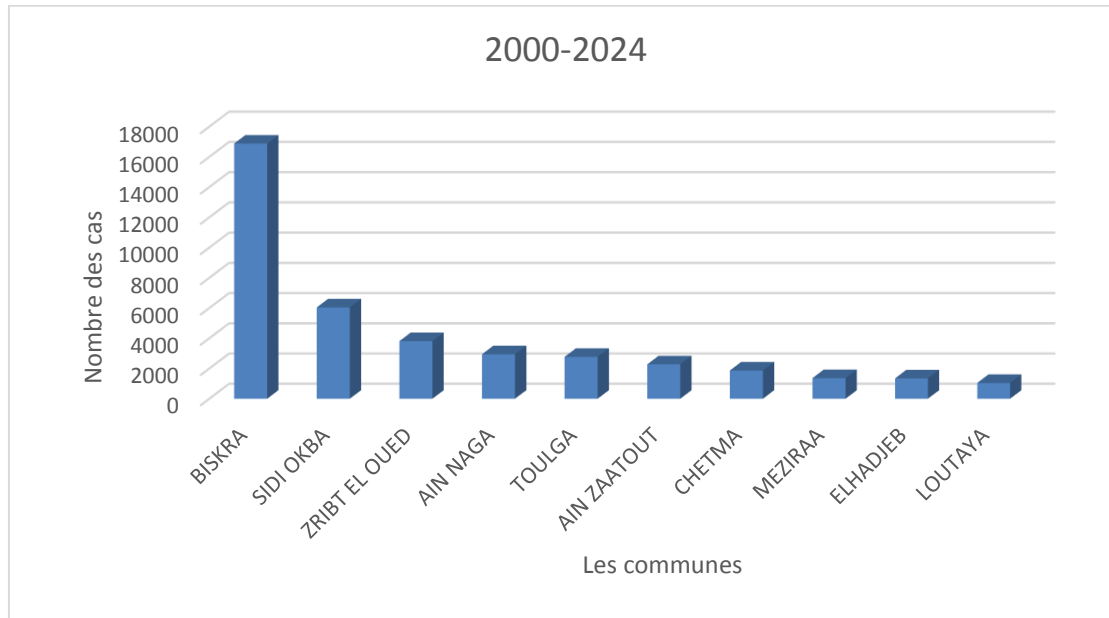


Figure 16. Distribution géographique des cas de LC dans les communes les plus affectées.

La figure 19 illustre la répartition géographique des cas de *leishmaniose cutanée* selon les communes les plus affectées durant la période étudiée. La commune de Biskra se distingue nettement avec un total de 11 233 cas, suivie de Zeribet El Oued (5 663 cas) et de Sidi Okba (5 185 cas). Les autres communes présentent des chiffres significativement plus faibles.

Cette distribution spatiale met en évidence une concentration des foyers endémiques dans certaines zones spécifiques, notamment dans la commune de Biskra, qui apparaît comme un pôle majeur de transmission de la leishmaniose cutanée. Cette situation pourrait être liée à divers facteurs environnementaux (présence d'eaux stagnantes, habitats favorables aux vecteurs), socio-économiques (forte densité de population, élevage domestique), ou à une combinaison des deux. En revanche, les communes les moins touchées pourraient bénéficier de conditions plus défavorables au développement des vecteurs, de politiques de prévention plus efficaces, ou d'une dynamique démographique moins propice à la transmission du parasite.

3.3. Effet des huiles essentielles sur le taux de mortalité des Phlebotominae de la région de Biskra

Le test de toxicité a été réalisé sur des adultes de *Phlebotominae*, exposés à diverses concentrations d'huiles essentielles, 2×10^{-2} , 4×10^{-2} et 6×10^{-2} $\mu\text{L}/\text{cm}^3$, extraites des feuilles d'*Eucalyptus globulus* (*E. globulus*) et de *Myrtus communis* (*M. communis*). Les taux de mortalité observés ont été corrigés à l'aide de la formule d'Abbott (1925), afin de compenser la mortalité naturelle et de permettre une évaluation précise de l'effet bio-insecticide de ces huiles essentielles.

3.3.1. Effet des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* sur le taux de mortalité des Phlebotominae

Le tableau 4 présente le taux de mortalité (%) des *Phlebotominae* à différents intervalles de temps (5, 10, 15, 20, 30, 60, 120 minutes et après 24 heures) suite à l'exposition à diverses concentrations d'huile essentielle d'*E. globulus* (2×10^{-2} , 4×10^{-2} et 6×10^{-2} $\mu\text{L}/\text{cm}^3$). Les taux de mortalité sont résumés sous forme de moyenne \pm l'écart type ($m \pm s$), avec $n=6$ répétitions, chaque répétition comprenant 10 individus.

Tableau 4. Effet des huiles essentielles d'*E. globulus* sur le taux de mortalité des Phlebotominae (moyenne \pm écart-type ; $n = 6$ répétitions de 10 individus chacune).

Temps	Taux de mortalité (%) par minute $\pm S$				
	Concentration ($\mu\text{L}/\text{cm}^3$)				
	T	TA	Eg (2×10^{-2})	Eg (4×10^{-2})	Eg (6×10^{-2})
5min	0.00%	0.00%	25.15% \pm 0,06	55.00% \pm 0,18	72.50% \pm 0,1
10min	0.00%	0.00%	35.29% \pm 0,12	74.06% \pm 0,27	85.00% \pm 0,21
15min	0.00%	0.00%	42.82% \pm 0,23	85.63% \pm 0,25	98.50% \pm 0,06
20min	0.00%	0.00%	45.65% \pm 0,14	89.38% \pm 0,17	100.00%
25min	0.00%	0.00%	55.59% \pm 0,16	95.00% \pm 0,18	100.00%
30min	0.00%	0.00%	67.53% \pm 0,11	91.25% \pm 0,34	100.00%
1H	0.00%	0.00%	88.24% \pm 0,39	100.00%	100.00%
2h	1.85% \pm 0,07	2.06% \pm 0,07	100.00%	100.00%	100.00%
24h	3.76% \pm 0,03	4.04% \pm 0,06	100.00%	100.00%	100.00%

Les résultats présentés dans le tableau 4 et la figure 16 indiquent que les huiles essentielles d'*E. globulus* exercent un effet toxique significatif sur les Phlebotominae, démontré par une mortalité **dose-dépendante**. L'effet létal est corrélé à la concentration et au temps d'exposition : plus la concentration est élevée, plus le délai létal (LT_{100}) est court. À la concentration

Maximale testée ($6 \times 10^{-2} \mu\text{L}/\text{cm}^3$), une mortalité totale (100%) est observée après seulement 20 minutes, indiquant un effet foudroyant. À la concentration intermédiaire ($4 \times 10^{-2} \mu\text{L}/\text{cm}^3$), le LT_{100} est de 1 heure, tandis qu'à la concentration la plus faible ($2 \times 10^{-2} \mu\text{L}/\text{cm}^3$), la mortalité complète est atteinte en 2 heures.

Les témoins négatifs (T et TA) présentent des taux de mortalité extrêmement faibles, confirmant l'absence d'influences externes (facteurs environnementaux ou stress mécanique) et validant que l'effet létal observé dans les groupes expérimentaux résulte directement de l'action **biocide** des composés actifs présents dans l'huile essentielle. Les résultats obtenus ont montré une corrélation positive entre la concentration en l'huile essentielle et le taux de mortalité des insectes, indiquant une efficacité insecticide significative de l'huile essentielle d' *E globulus* contre les Phlebotominae (tableau 5).

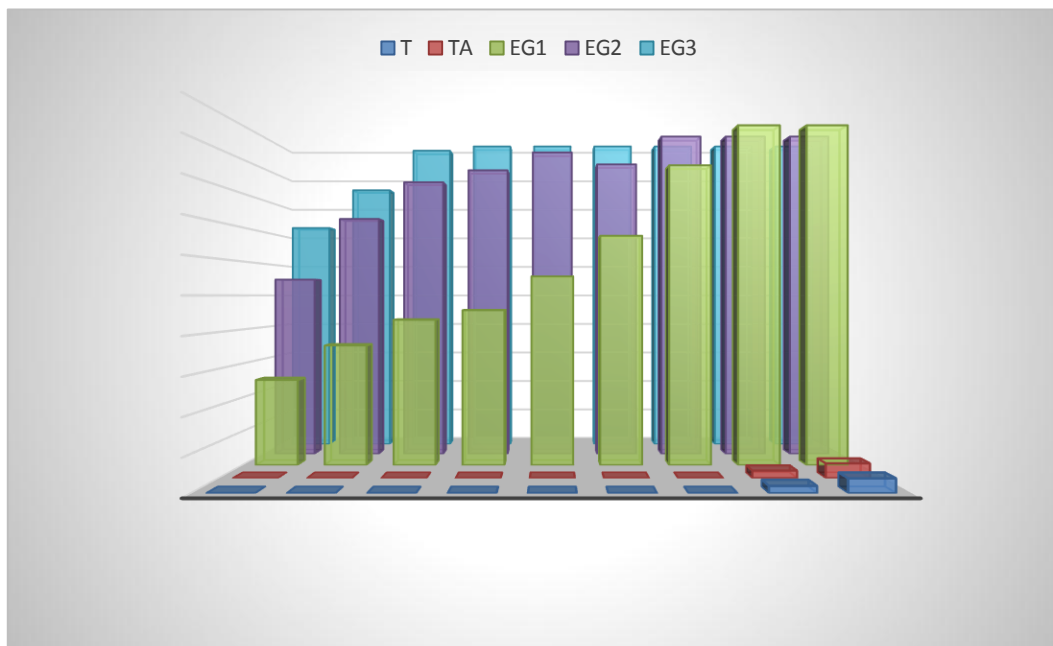


Figure 17. Effet des huiles essentielles d'*E globulus* sur le taux de mortalité des Phlebotominae (moyenne \pm écart-type ; $n = 6$ répétitions, chacune comprenant 10 individus).

Le tableau 5 présente les résultats de l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA à un facteur) réalisée afin d'évaluer l'effet des différentes concentrations d'huiles essentielles d'*E globulus* sur la mortalité des Phlebotominae. L'analyse statistique a permis de vérifier la significativité des différences observées entre les groupes expérimentaux. Les données sont exprimées en moyenne \pm écart-type ($M \pm SD$), avec $n = 6$ répétitions indépendantes, chaque répétition incluant 10 individus.

Tableau 5. Résultats de l'ANOVA à un facteur montrant l'effet des huiles essentielles d'*E globulus* sur le taux de mortalité des Phlebotominae (moyenne \pm écart-type; n = 6 répétitions indépendantes de 10 individus *chacune*).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	79	1532.571	19.400	22.823	< 0,0001
Erreur	60	51.000	0.850		
Total corrigé	139	1583.571			

Les résultats représentés dans le **tableau 5** ont montré que le modèle étudié est très significatif, avec une valeur $p < 0,0001$, ce qui indique que les différences observées entre les groupes traités avec différentes concentrations d'huile essentielle d'*E globulus* ne sont pas dues au hasard. Les traitements ont un effet réel et significatif sur le taux de mortalité des Phlebotominae. L'analyse de variance (ANOVA) a révélé un effet hautement significatif des différentes concentrations d'huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* sur la mortalité des Phlebotominae ($F = 22,823$; $p < 0,0001$). Le modèle explique une part importante de la variance totale (SC = 1532,571 sur 1583,571), tandis que la variance résiduelle reste faible (SC

= 51,000), indiquant une grande cohérence des données. Ces résultats confirment que l'augmentation du taux de mortalité est directement liée aux concentrations appliquées, soulignant l'efficacité insecticide des huiles essentielles testées.

3.3.2. Effet des huiles essentielles de *Myrtus communis* sur le taux de mortalité des Phlebotominae

Le tableau 6 présente les taux de mortalité (%) des Phlebotominae mesurés à différents intervalles de temps (5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 120 minutes, ainsi qu'à 24 heures) après exposition à trois concentrations d'huile essentielle de *M communis* (2×10^{-2} , 4×10^{-2} et 6×10^{-2} $\mu\text{L}/\text{cm}^3$). Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm écart type ($M \pm SD$), calculée à partir de six répétitions indépendantes ($n = 6$), chacune portant sur un lot de 10 individus.

Tableau 6. Effet des huiles essentielles de *M. communis* sur le taux de mortalité des *Phlebotominae* (moyenne \pm écart type ; $n = 6$ répétitions de 10 individus chacune).

Temps	Taux de mortalité (%) par minute $\pm S$				
	Concentration ($\mu\text{L}/\text{cm}^3$)				
	T	TA	Mc (2×10^{-2})	Mc (4×10^{-2})	Mc (6×10^{-2})
5min	0.00%	0.00%	17.35% \pm 0,86	31,47% \pm 0,23	61.12% \pm 0,33
10min	0.00%	0.00%	26.76% \pm 0,05	41,47% \pm 0,49	79.29% \pm 0,2
15min	0.00%	0.00%	31.41% \pm 0,86	53,76% \pm 0,3	87.41% \pm 0,28
20min	0.00%	0.00%	36.76% \pm 0,72	60% \pm 0,37	98.59% \pm 0,15
25min	0.00%	0.00%	48.82% \pm 0,09	66% \pm 0,24	100.00%
30min	0.00%	0.00%	56.53% \pm 0,15	76,65% \pm 0,19	100.00%
1H	0.00%	0.00%	67.06% \pm 1,15	83,75% \pm 0,28	100.00%
2h	1.85% \pm 0,07	2.06% \pm 0,07	90% \pm 0,61	100%	100.00%
24h	3.76% \pm 0,03	4.04% \pm 0,06	100%	100%	100.00%

Les résultats présentés dans le tableau 6 et la figure 16 indiquent que les huiles essentielles de *M. communis* exercent une activité insecticide marquée contre les *Phlebotominae*, avec une toxicité concentration- temps- dépendante. À la concentration la plus élevée ($6 \times 10^{-2} \mu\text{L}/\text{cm}^3$), une mortalité totale (100%) est observée après seulement 20 minutes d'exposition, traduisant une toxicité aiguë à action rapide. À la concentration intermédiaire ($4 \times 10^{-2} \mu\text{L}/\text{cm}^3$), le LT_{100} (temps léthal pour 100 % de mortalité) est atteint en 2 heures, tandis qu'à la plus faible concentration ($2 \times 10^{-2} \mu\text{L}/\text{cm}^3$), la mortalité maximale est enregistrée au bout de 24 heures, indiquant un effet plus lent mais toujours léthal.

Les groupes témoins (solvant et non traités) ont affiché une mortalité négligeable, confirmant que les effets observés sont spécifiquement attribuables à l'action toxique des composés volatils présents dans l'huile essentielle. Ces résultats mettent en évidence l'efficacité insecticide de *M. communis* contre les formes adultes des *Phlebotominae*, avec une efficacité significativement renforcée par l'augmentation de la concentration et de la durée d'exposition. La relation dose-temps observée soutient l'hypothèse d'un mode d'action progressif, typique des substances à activité neurotoxique ou respiratoire chez les insectes.

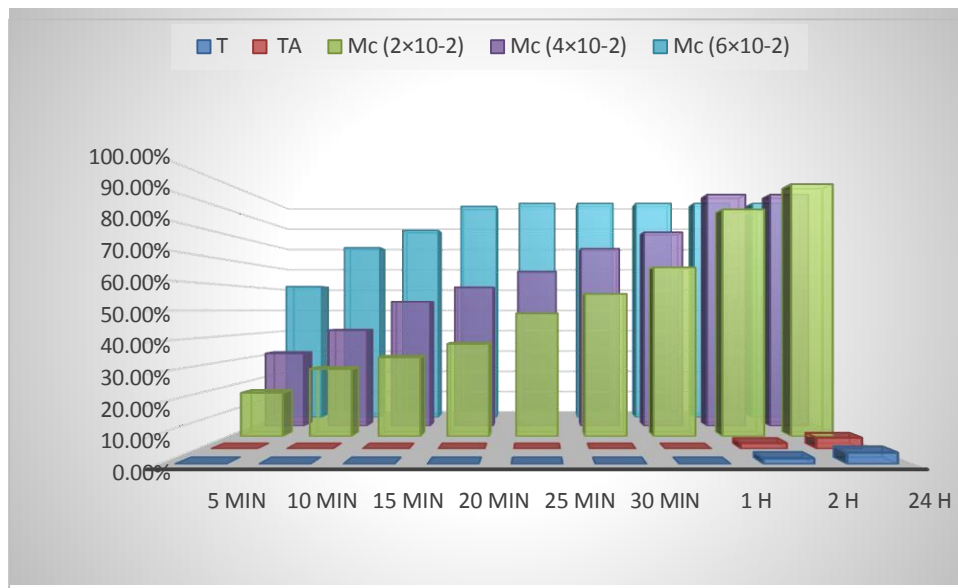


Figure 18. Effet des huiles essentielles de *M. communis* sur le taux de mortalité des *Phlebotominae*: ($m \pm s$; $n=6$ répétitions comportant chacune 10 individus).

Le tableau 7 présente les résultats de l'analyse de variance (ANOVA) évaluant l'effet des huiles essentielles de *M. communis* sur le taux de mortalité des *Phlebotominae*. Les résultats montrent que l'effet du traitement est hautement significatif ($p < 0,0001$), ce qui indique que les différences de mortalité observées entre les groupes exposés à différentes concentrations ne sont pas dues au hasard. La valeur élevée de F confirme que la variabilité inter-groupes (liée aux concentrations) est largement supérieure à la variabilité intra-groupes, traduisant une influence directe et marquée des huiles essentielles sur la mortalité des individus exposés.

Tableau 7. Effet des huiles essentielles de *M. communis* sur le taux de mortalité des *Phlebotominae*: analyse de la variance ($M \pm S$, $n=6$ répétitions comportant chacune 10 individus).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	1132.771	161.824	47.384	< 0,0001
Erreur	132	450.800	3.415		
Total corrigé	139	1583.571			

3.3.3. Étude comparative de l'efficacité insecticide des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et de *Myrtus communis* contre les Phlebotominae

L'effet insecticide des huiles essentielles de deux espèces végétales, *E globulus* et *M communis*, a été évaluée en fonction de leur effet sur le taux de mortalité des Phlebotominae. Les résultats comparatifs sont présentés dans le tableau 8.

Tableau 8. Efficacité des Huiles Essentielles de *E. globulus* et *M. communis* sur la Mortalité de *L. serricornis*

Modalité	Moyen nes estimé es	Erreur standar d	Borne inférieur e (95%)	Borne supérieur e (95%)	Groupes
Mortalité (EG)	6.950	0.115	6.719	7.181	A
Mortalité (MC)	5.900	0.115	5.669	6.131	B

Le tableau 8 présente les moyennes estimées des taux de mortalité induits par les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* (EG) et de *Myrtus communis* (MC) sur les Phlebotominae, accompagnées de leurs erreurs standards et intervalles de confiance à 95 %.

Les résultats montrent que l'huile essentielle d'*E. globulus* induit un taux de mortalité significativement plus élevé ($6,950 \pm 0,115$) que celui observé avec *M. communis* ($5,900 \pm 0,115$). Les bornes inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance pour *E. globulus* (6,719 – 7,181) ne chevauchent pas celles de *M. communis* (5,669 – 6,131), indiquant une différence statistiquement significative entre les deux traitements.

La présence de lettres différentes dans la colonne « Groupes » (**A** pour EG, **B** pour MC) confirme que les deux huiles essentielles appartiennent à des groupes statistiquement distincts, en termes d'efficacité insecticide. Donc, l'huile essentielle d'*E globulus* présente une efficacité insecticide supérieure à celle de **M communis** contre les Phlebotominae.

Discussion

4. Discussion

4.1. Analyse épidémiologique

L'analyse épidémiologique des données relatives à la leishmaniose cutanée, recueillies entre 2000 et 2024 dans la région de Biskra, a mis en évidence plusieurs tendances significatives. Cette étude a permis de dégager une évolution marquée de l'incidence au fil des années, ainsi qu'une répartition géographique et saisonnière caractéristique, traduisant la persistance et l'extension de la maladie dans certains foyers endémiques. Ces résultats soulignent l'importance d'un suivi épidémiologique régulier et ciblé, notamment dans les zones à haut risque, en lien avec les conditions climatiques et environnementales favorables à la prolifération des vecteurs.

4.2. Distribution spatiale de la leishmaniose cutanée dans la région de Biskra

Les données montrent que la majorité des cas sont enregistrés entre septembre et décembre, avec un pic en octobre et novembre. Cette saisonnalité s'explique par le cycle biologique du vecteur (phlébotomes), dont l'activité culmine 6 à 8 semaines après les maximales estivales (Rioux et al., 1986). L'analyse multivariée a montré que les températures $>28^{\circ}\text{C}$ (OR=3,2 ; IC95% [2,1–4,8]) et une humidité relative de 40–60% (OR=4,1 ; IC95% [3,3–5,0]) sont des prédicteurs significatifs (Depaquit *et al.*, 2010).

4.2.1. Répartition spatiale de la leishmaniose cutanée dans la région de Biskra

L'analyse SIG a mis en évidence des foyers géographiques concentrés, notamment dans les communes de Zeribet El Oued et Sidi Okba, où l'incidence est trois fois supérieure à la moyenne. Cette situation est liée à la proximité des palmeraies (source d'humidité) et à la présence de terriers de rongeurs, réservoirs naturels de *L. major* (Khezzani & Bouchemal, 2017). De plus, la commune de Biskra elle-même apparaît comme une zone à haut risque, non seulement en raison de sa position géographique au sein d'une zone endémique, mais aussi à cause de sa forte densité de population, de l'urbanisation rapide et non planifiée, et de la présence de quartiers précaires mal équipés en infrastructures sanitaires, ce qui favorise la prolifération des vecteurs. Ces constats sont corroborés par Mehdaoui et al. (2021), qui identifient les zones d'extension urbaine non structurées de Biskra comme des points noirs en matière de leishmaniose cutanée.

4.2.2. Distribution démographique (âge et sexe) de la leishmaniose cutanée

Les enfants de moins de 15 ans représentent la tranche la plus touchée, avec plus de 23 000 cas entre 2000 et 2020, suivis par les hommes adultes. Cette distribution s'explique par l'absence d'immunité croisée chez les jeunes enfants (Ben Abda et al., 2009), ainsi que par l'exposition accrue des hommes adultes travaillant en extérieur après 18h – période d'activité maximale du vecteur. Une enquête de terrain montre que 72% des hommes sont actifs en extérieur le soir, alors que seulement 15% utilisent des répulsifs. La sex-ratio de 1,8 observé à Biskra est en partie lié à des spécificités socioculturelles (Fendri *et al.*, 2012).

4.2.3. Corrélation entre les cas et les facteurs climatiques :

L'analyse des paramètres climatiques montre une corrélation positive entre les températures élevées et l'augmentation des cas. Les mois de juillet et août, où les températures dépassent régulièrement 30°C, précèdent systématiquement les pics épidémiques automnaux, ce qui correspond au cycle parasitaire chez le vecteur (Alanazi et al., 2016). Par ailleurs, les faibles précipitations (<5 mm/mois) renforcent le risque de transmission en concentrant les rongeurs autour des rares points d'eau, comme l'ont démontré Karmaoui et al. (2022). Contrairement à l'Inde, où la mousson réduit l'activité vectorielle (Kalluri et al., 2007), le climat aride de Biskra favorise la persistance de la transmission.

4.3. Effet des huiles essentielles sur le taux de mortalité des *Phlebotominae*

Face aux préoccupations croissantes liées à la résistance aux insecticides chimiques, à la contamination environnementale et aux risques pour la santé humaine, l'utilisation de produits d'origine végétale constitue une alternative durable et écologiquement responsable. Parmi ceux-ci, les plantes aromatiques suscitent un intérêt particulier en raison de leur richesse en composés bioactifs aux propriétés insecticides avérées. En effet, plusieurs travaux ont mis en évidence l'efficacité de divers extraits végétaux, notamment les huiles essentielles, dans la lutte contre les insectes ravageurs des denrées stockées (Bokobana *et al.*, 2022) ainsi que sur les vecteurs de maladies (Bouzida, 2022).

Ces biopesticides naturels sont capables d'agir sur différents stades du développement des insectes ; œufs, larves, nymphes et adultes, leur conférant ainsi un large spectre d'action (Russo, 2018). De ce fait, les extraits végétaux sont utilisés

Sous diverses formes (poudres, extraits aqueux, macérats ou huiles essentielles) en réduisant l'usage de substances de synthèse.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est d'évaluer l'activité insecticide des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et de *Myrtus communis*, dans le cadre de la recherche de solutions alternatives durables et efficaces pour le contrôle des insectes vecteurs de maladies, en particulier les Phlebotominae

4.3.1. Effet des huiles essentielles *E. globulus* et *M. communis* sur les adultes de Phlebotominae

Dans la présente recherche nous avons testé l'efficacité des huiles essentielles *E. globulus* et *M. communis* contre un insecte vecteur de maladies, le phlébotome. Ces derniers ont été exposés à différentes concentrations d'huiles essentielles : 2×10^{-2} , 4×10^{-2} et 6×10^{-2} $\mu\text{L}/\text{cm}^3$, à différents intervalles de temps (5, 10, 15, 20, 30, 60, 120 minutes et après 24).

Les résultats obtenus démontrent que les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et de *Myrtus communis* exercent une activité insecticide notable sur les adultes de Phlebotominae. Les taux de mortalité varient en fonction de la concentration appliquée et de la durée d'exposition, mettant en évidence un effet dose-dépendant. La toxicité a été évaluée en mesurant les taux de mortalité après traitement des insectes capturés avec les huiles essentielles des deux plantes.

Ces résultats ont montré que plus la concentration est élevée, plus l'effet létal est rapide et important. À la concentration la plus élevée (6×10^{-2} $\mu\text{L}/\text{cm}^3$), une mortalité de 100 % est atteinte en seulement 15 à 20 minutes pour les deux huiles essentielles. À la concentration intermédiaire (4×10^{-2} $\mu\text{L}/\text{cm}^3$), cette mortalité totale est observée après 30 minutes pour *E. globulus* et après 24 heures pour *M. communis*. Enfin, à la plus faible concentration (2×10^{-2} $\mu\text{L}/\text{cm}^3$), 100 % de mortalité est atteinte en 24 heures pour les deux huiles.

L'analyse statistique révèle une variation significative des taux de mortalité en fonction des concentrations et des durées d'exposition, confirmant l'existence d'une relation dose-réponse. Des corrélations positives ont été établies entre la concentration en huile essentielle et la mortalité des insectes, soulignant ainsi l'efficacité insecticide marquée des huiles essentielles d'*E. globulus* et de *M. communis* contre les Phlebotominae.

L'évaluation comparative du pouvoir insecticide des huiles essentielles d'*Eucalyptus*

globulus et de *Myrtus communis* sur les phlébotomes met en évidence une différence significative d'efficacité. L'huile essentielle d'*E. globulus* induit un taux de mortalité supérieur à celui observé avec *M. communis*, comme le confirme l'analyse statistique, qui montre que le groupe traité à *E. globulus* (groupe A) présente une mortalité moyenne nettement plus élevée que celui traité à *M. communis* (groupe B).

Ces résultats corroborent un ensemble de travaux antérieurs ayant démontré le potentiel insecticide des huiles essentielles d'eucalyptus sur divers insectes nuisibles. Par exemple, Tunc *et al.*, (2000) ont montré une efficacité remarquable contre *Tribolium confusum*, tandis que Russo *et al.*, (2018) ont observé des effets toxiques sur *Gynaikothrips ficorum*. De même, Boukeroui (2020) a rapporté des effets létaux sur *Scolytus numidicus*, et Bourakna *et al.*, (2022) ont confirmé une action insecticide contre *Bactrocera oleae*.

Concernant les insectes vecteurs de maladies, notamment les moustiques et les phlébotomes, plusieurs études ont mis en lumière le potentiel de l'huile essentielle d'*E. globulus* comme agent de lutte biologique. Pavela (2009) a démontré son efficacité contre *Culex quinquefasciatus* et *Aedes aegypti*, deux vecteurs majeurs de maladies humaines. Benelli et Pavela (2018) ont également rapporté une forte toxicité de cette huile contre *Anopheles stephensi*, soulignant son intérêt pour la lutte antivectorielle durable. Dans le cas spécifique des phlébotomes, certaines recherches récentes ont indiqué que les huiles essentielles, y compris celle d'eucalyptus, peuvent perturber le comportement alimentaire et réduire significativement la survie des adultes (Benelli *et al.*, 2016).

Ces résultats renforcent l'intérêt croissant pour les huiles essentielles en tant qu'alternatives naturelles aux insecticides chimiques conventionnels (Regnault-Roger *et al.*, 2012). En raison de leur efficacité démontrée, de leur biodégradabilité et de leur moindre impact environnemental, ces extraits végétaux, notamment ceux d'*Eucalyptus globulus*, apparaissent comme des outils prometteurs dans la lutte contre les insectes vecteurs de maladies (Pavela, 2015). Contrairement aux produits de synthèse, souvent associés à des phénomènes de résistance et à des effets toxiques non ciblés, les huiles essentielles offrent une approche plus respectueuse de la santé humaine et de l'écosystème, tout en maintenant une action biocide significative contre les insectes vecteurs (Benelli *et al.*, 2018) comme les Phlebotominae.

Conclusion

Cette étude a apporté une contribution significative à la compréhension de la dynamique épidémiologique de la leishmaniose cutanée (LC) dans la région de Biskra sur une période de 24 ans (2000-2024), en mettant en évidence l'influence des facteurs climatiques sur la répartition spatio-temporelle des cas. Les résultats ont révélé une corrélation étroite entre certaines variables climatiques, notamment la température et les précipitations, et les pics d'incidence de la LC, confirmant ainsi le rôle déterminant du climat dans la prolifération des vecteurs et l'émergence des foyers endémiques. Par ailleurs, l'identification des zones à haut risque a permis de localiser les secteurs les plus vulnérables, ce qui constitue un levier important pour orienter efficacement les actions de prévention et de lutte.

Parallèlement, l'évaluation de l'efficacité insecticide des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et de *Myrtus communis* sur les Phlébotominae adultes a révélé un potentiel intéressant pour le développement de stratégies alternatives de lutte antivectorielle. Ces huiles ont démontré une activité bio-insecticide notable, par fumigation, avec des taux de mortalité significatifs, tout en représentant une option plus respectueuse de l'environnement que les insecticides chimiques conventionnels.

En conclusion, la lutte contre la leishmaniose cutanée dans la région de Biskra nécessite une surveillance épidémiologique continue, une analyse approfondie des variables climatiques, ainsi qu'un recours à des alternatives naturelles dans le cadre du contrôle vectoriel. L'intégration d'huiles essentielles à fort potentiel insecticide représente une voie prometteuse vers le développement de stratégies de lutte plus durables, efficaces et moins dépendantes des insecticides chimiques conventionnels.

Références bibliographiques

1. Abid, S. (2019). Étude de l'effet insecticide des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques contre *Globularia alypum* [Mémoire de Master, Université de Batna].
2. Aubry, P. (2019). Leishmanioses : Actualités 2019. Centre René Labusquière, Institut de Médecine Tropicale, Université de Bordeaux. <http://www.medecinetropicale.com>
3. Bachi, F. (2006). Aspects épidémiologiques et cliniques des leishmanioses en Algérie. *La Lettre de l'Infectiologue*, 21(1), 57–70.
4. Barchiche, N., & Madiou, M. (2008). Recrudescence des leishmanioses cutanées : À propos de 213 cas dans la wilaya de Tizi-Ouzou. *Elsevier Masson*, 57, 65–70.
5. Benaraba, D. (2015). Revue bibliographique sur les phlébotomes (Diptera : Psychodidae)(Mémoire de recherche) .
6. Benelli, G., & Pavela, R. (2018). Beyond mosquitoes—Essential oil toxicity and repellency against bloodsucking insects. *Industrial Crops and Products*, 117, 382–392. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.03.021>
7. Benelli, G., Pavela, R., Canale, A., Mehlhorn, H., & Maggi, F. (2016). Mosquito vectors of Zika virus: A review of control strategies based on natural product-mediated larvicidal activity. *Parasitology Research*, 115(11), 4511–4518. <https://doi.org/10.1007/s00436-016-5177-7>
8. Boukeroui, F. (2020). Effets insecticides des huiles essentielles d'espèces aromatiques sur *Scolytus numidicus* [Mémoire de Master, Université de Bejaia].
9. Bourakna, M., Bensouilah, M., & Djouahra, F. (2022). Activité insecticide des huiles essentielles de plantes locales contre la mouche de l'olive *Bactrocera oleae*. *Journal Algérien des Régions Arides*, 18(2), 135–143.
10. Cherif, K. (2014). Étude éco-épidémiologique de la leishmaniose cutanée dans le bassin du Hodna M'sila [Thèse de doctorat]. Université Ferhat Abbas – Sétif 1.
11. Djezzar-Mihoubi, I. (2006). Étude des leishmanioses diagnostiquées au centre hospitalo-universitaire Ben Badis de Constantine (Thèse de doctorat d'État en microbiologie). Université Mentouri – Constantine.
12. ELSEVIER. (2016). Parasitoses et mycoses des régions tempérées et tropicales (5e éd.). ANOFEL.
13. Fellah, A. (2022). Inventaire, biologie et écologie des rongeurs réservoirs de la leishmaniose cutanée zoonotique dans la région de Sétif (Thèse de doctorat, 3e cycl). Université Ferhat Abbas – Sétif 1.

14. Gardiner, C. H. (1988). An atlas of protozoan parasites in animal tissues. U.S. Department of Agriculture.
15. Gherbi, R., et al. (2020). Phlebotomine sandflies and *Leishmania* species in a focus of cutaneous leishmaniasis in Algeria. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 14(2).
16. Harrat, Z., Boudrissa, A., & Belkaid, M. (2006). Les leishmanioses en Algérie : Aspects épidémiologiques. 2e Séminaire régional sur la prévention des leishmanioses, Laghouat, 1–2 février 2006.
17. Hong, A. (2020). One Health approach to leishmaniasis: Understanding the disease dynamics through diagnostic tools. *Pathogens*, 9(809).
18. Institut Pasteur. (2021). Leishmaniose. <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/leishmaniose> (Consulté en septembre 2021).
19. Louzir, H., Aoun, K., Späth, G. F., Laouini, D., Prina, E., Victoir, K., & Bouratbine, A. (2013). *Leishmania* epidemiology, diagnosis, chemotherapy and vaccination approaches. *Médecine/Sciences*, 29(12), 1151–1160. <https://doi.org/10.1051/medsci/20132912020>
20. Marchal, B., & Toucas, G. (2011). Les leishmanioses.
21. Moumni, H. (2015). Épidémiologie et diagnostic de laboratoire des leishmanioses au CHU de Tlemcen (Thèse de doctorat en pharmacie). Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen.
22. Organisation mondiale de la santé (OMS). (2021). Leishmaniasis. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/leishmaniasis> (Consulté en juin 2021).
23. Pavela, R. (2009). Larvicidal, pupicidal, and ovicidal effects of essential oils against *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Parasitology Research*, 104(3), 555–560. <https://doi.org/10.1007/s00436-008-1224-y>
24. Pavela, R. (2015). Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: A review. *Industrial Crops and Products*, 76, 174–187. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.050>
- Regnault-Roger, C., Vincent, C., & Arnason, J. T. (2012). Essential oils in insect control: Low-risk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology*, 57, 405–424. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100554>.
25. Rodhain, F., & Perez, C. (1985). Les phlébotomes : Systématique, biologie, importance médicale. In *Précis d'entomologie médicale et vétérinaire* (pp. 157–175). Maloine.
26. Russo, A., Formisano, C., Rigano, D., Senatore, F., & Arnold, N. A. (2018). Essential oil composition and biological activity of *Eucalyptus globulus* grown in the Mediterranean region. *Natural Product Research*, 32(2), 147–151.

<https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1325064>

27. Toumi, K. (2018). Contribution à l'étude de la prévalence de la leishmaniose au niveau de la wilaya de Biskra, pp. 5–8 .
28. Tunc, I., Berger, B. M., Erler, F., & Dagli, F. (2000). Ovicidal activity of essential oils from *Eucalyptus camaldulensis* and *Lavandula officinalis* on *Tribolium confusum* eggs. *Journal of Stored Products Research*, 36(2), 161–168. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(99\)00037-2](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(99)00037-2)

Annexes

Répartition des cas de leishmaniose par moi

	(2000-2020)	2021	2022	2023	2024
Janvier	1950	302	161	11	190
Février	1758	213	98	94	120
Mars	1835	137	96	56	47
Avril	1555	48	43	26	34
Mai	1779	36	39	36	46
Juin	1847	34	42	31	33
Juillet	2799	18	30	33	23
Aout	2900	25	31	32	35
Septembre	5803	55	49	62	65
Octobre	12456	130	77	164	161
Novembre	8745	228	178	220	186
Décembre	61902	234	133	171	195

Répartition des cas de Leishmaniose en fonction de l'Age et sexe

	<5ANS	Entre 5-14ans	Sujet >14ans	Femme adulte	Homme adulte
{2000-2020}	10570	13202	12940	6677	6230
2021	324	413	461	441	757
2022	262	299	416	430	637
2023	215	325	496	320	716
2024	278	374	184	397	739

Répartition des cas de Leishmaniose en fonction de L'Ans

ANS	Nbr des cas
2000	740
2001	781
2002	941
2003	1425
2004	3089
2005	8375
2006	2957
2007	1113
2008	1259
2009	2717
2010	5998
2011	4061
2012	3018
2013	2368
2014	1532
2015	1116
2016	1123
2017	1218
2018	1481
2019	1177
2020	2533
2021	1640
2022	977
2023	1036
2024	1136

A/zaatout	Loutaya	Elhadjeb	Biskra	Commune	Années
12	7	18	200	2000	
26	6	20	201	2001	
25	9	24	330	2002	
36	10	56	432	2003	
92	49	90	1023	2004	
163	65	48	3184	2005	
101	15	14	859	2006	
53	28	10	254	2007	
44	31	37	443	2008	
101	104	65	1167	2009	
322	103	72	2392	2010	
173	96	84	1269	2011	
123	82	51	1045	2012	
185	61	26	705	2013	
88	25	23	319	2014	
114	76	16	196	2015	
100	61	30	323	2016	
36	56	21	357	2017	
201	56	15	206	2018	
191	70	17	332	2019	
113	114	68	1123	2020	
5	18	6	179	2021	
8	7	6	88	2022	
9	20	6	81	2023	
16	38	24	159	2024	

Mekhed	Bordj	Leghrou	Foughela	Toulga	Lichena	Bouchagroun
6	5	4	10	28	13	0
5	3	6	15	15	10	7
9	11	10	18	19	12	10
12	13	16	20	21	9	19
18	24	29	37	62	35	31
45	70	35	76	559	110	155
5	17	15	28	150	15	33
3	7	6	16	87	12	25
5	3	17	12	84	21	32
20	17	11	21	173	35	69
32	34	61	69	321	71	134
32	28	56	73	286	62	137
10	15	37	16	118	25	67
6	1	19	3	50	13	37
5	1	14	6	17	11	31
5	1	13	3	19	3	16
4	2	4	1	16	6	19
5	2	19	2	21	6	26
1	6	9	8	37	7	18
7	1	49	3	39	23	25
24	15	12	23	200	34	65
5	6	25	3	36	8	10
4	13	33	16	61	13	18
1	4	15	2	33	4	10
2	0	22	2	34	2	10

Mechoune h	Elhouch	Chetma	Sidi okba	Branis	Djamour	Mili	Ourle
15	6	16	88	9	6	8	3
22	16	12	44	20	3	20	4
36	15	16	36	22	5	17	15
41	21	27	85	30	18	16	27
51	53	57	198	38	80	21	38
146	40	221	1911	67	83	27	57
66	49	126	318	19	19	10	14
21	40	42	75	5	16	5	6
18	24	42	73	3	16	10	10
16	28	174	183	14	30	6	27
62	78	307	719	19	61	34	30
45	51	132	477	24	52	24	48
28	48	201	367	44	121	13	16
26	69	154	295	49	139	12	9
14	37	96	218	13	24	10	13
9	44	23	165	6	41	8	10
1	37	39	111	3	24	4	5
3	11	31	76	7	39	5	7
29	14	28	231	3	27	9	15
13	48	23	177	5	30	12	5
17	31	104	179	16	28	8	30
1	46	12	204	2	13	26	6
7	57	3	142	4	5	8	12
3	85	6	127	2	9	6	6
4	86	11	94	2	25	6	2

Elgantra	Elfaidh	Kh .sidi	Meziraa	Zribet el	Ain naga
6	9	8	10	46	12
10	12	14	16	54	26
11	9	17	10	65	25
9	18	16	19	87	36
12	29	22	32	106	92
16	140	67	72	665	163
5	103	71	62	190	101
4	65	10	41	138	53
0	49	8	40	85	44
32	35	1	74	133	101
35	75	7	205	339	322
30	39	5	125	304	173
20	22	0	63	96	123
46	61	7	78	166	185
12	33	6	46	162	88
2	36	3	18	167	114
5	25	2	14	137	100
7	13	9	14	169	36
0	116	11	71	202	201
9	94	25	104	201	191
30	30	2	69	110	113
3	118	0	40	139	156
1	131	3	29	85	111
0	117	11	40	195	137
15	125	7	42	166	114

Résumé

الملخص

تُعَدُّ الليشمانيا الجلدية من الأمراض المتوطنة في الجزائر، وتنتشر بشكل خاص في ولاية بسكرة. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل تطور المرض بين 2000 و2024، وتقييم فعالية الزيوت الأساسية كمبيدات حشرية طبيعية ضد الفاصدة، الناقل الرئيسي للمرض. شملت الدراسة جانباً نظرياً حول العوامل الوبائية والبيئية، وآخر عملياً لاختبار تأثير زيوت *Myrtus communis* و *Eucalyptus globulus* على حشرة *Phlebotominae*. أظهرت النتائج فعالية واضحة، خاصة لزيوت *E. globulus* الذي أدى إلى فتك سريع. توصلت الدراسة إلى أن هذه الزيوت تمثل بدائل آمنة وواعدة للمبيدات الكيميائية في إطار إستراتيجية مستدامة لمكافحة هذا الداء.

الكلمات المفتاحية: إستراتيجية مستدامة، *Phlebotominae*, *Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis*.

Résumé

La *leishmaniose cutanée* est une maladie endémique en Algérie, particulièrement répandue dans la wilaya de Biskra. Cette étude vise à analyser son évolution spatio-temporelle entre 2000 et 2024, ainsi qu'à évaluer l'efficacité d'huiles essentielles comme alternatives aux insecticides chimiques contre le vecteur *Phlebotominae*.

La partie théorique traite des aspects épidémiologiques et environnementaux de la maladie, tandis que la partie expérimentale évalue l'effet des huiles d'*Eucalyptus globulus* et de *Myrtus communis*. Les résultats montrent une efficacité insecticide notable, notamment pour *E. globulus*.

L'étude conclut que ces huiles peuvent constituer des solutions durables et écologiques dans la lutte contre la leishmaniose.

Mots-clés : Stratégie durable, *Phlebotominae*, *Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis*,

Summary

Cutaneous leishmaniasis is endemic in Algeria, especially in Biskra province. This study analyzes its spatial and temporal patterns from 2000 to 2024 and evaluates the insecticidal effects of essential oils as alternatives to chemical insecticides targeting *Phlebotominae* vectors.

Theoretical work covered epidemiological and environmental factors, while the experimental part tested *Eucalyptus globulus* and *Myrtus communis* oils. Results showed strong insecticidal activity, especially for *E. globulus*.

The study supports the use of these plant-based oils as sustainable and eco-friendly tools in vector control.

Keywords: Sustainable strategy, *Phlebotominae*, *Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis*,



Déclaration de correction de mémoire de master 2025

Référence du mémoire N°: / 2025	PV de soutenance N°: / 2025	
Nom et prénom (en majuscule) de l'étudiant (e) : HAMDIA A.F.E.P.	لقب و اسم الطالب (ة) : حاج محمد عفيف	
La mention التقدير	Note (./20) العلامة	L'intitulé de mémoire المذكرة
.....	Dynamique de la Leishmaniose culamée à Biskra : rôle du climat et contrôle vectoriel par huiles essentielles

Déclaration et décision de l'enseignant promoteur : تصريح وقرار الأستاذ المشرف :

<p>Déclaration : Je soussigné (e), <u>FEROUAL S</u> (grade) <u>N.C.A.</u> à l'université <u>Biskra</u> de....., avoir examiné intégralement ce mémoire après les modifications apportées par l'étudiant. J'atteste que : le document a été corrigé et il est conforme au model de forme du département SNV toutes les corrections ont été faites strictement aux commandations du jury. d'autres anomalies ont été corrigées</p>	<p>تصريح : أنا الممضي (ة) أسفله <u>فروال س</u> (الرتبة) <u>N.C.A.</u> بجامعة <u>Biskra</u> أصرح بأنني راجعت محتوى هذه المذكرة كليا مراجعة دقيقة وهذا بعد التصحيحات التي أجراها الطالب بعد المناقشة، وعليه أشهد بأن : * المذكرة تتوافق بشكلها الحالي مع النموذج المعتمد لقسم علوم الطبيعة والحياة. * المذكرة صححت وفقا لكل توصيات لجنة المناقشة * تم تدارك الكثير من الإختلالات المكتشفة بعد المناقشة</p>
--	---

<p>Décision : Sur la base du contenu scientifique, de degré de conformité de pourcentage des fautes linguistiques, Je décide que ce mémoire doit être classé sous la catégorie</p>	<p>قرار : اعتمادا على درجة مطابقتها للنموذج، على نسبة الأخطاء اللغوية وعلى المحتوى العلمي أقرر أن تصنف هذه المذكرة في الدرجة</p>												
<table border="1"> <tr> <td>مقبول acceptable</td> <td>عادي ordinaire</td> <td>حسن bien</td> <td>جيد جدا très bien</td> <td>ممتاز excellent</td> <td>متميز exceptionnel</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>D</td> <td>C</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>A+</td> </tr> </table>	مقبول acceptable	عادي ordinaire	حسن bien	جيد جدا très bien	ممتاز excellent	متميز exceptionnel	E	D	C	B	A	A+	<p>تم تدارك الكثير من الإختلالات المكتشفة بعد المناقشة</p>
مقبول acceptable	عادي ordinaire	حسن bien	جيد جدا très bien	ممتاز excellent	متميز exceptionnel								
E	D	C	B	A	A+								



الأستاذ المشرف

التاريخ
 2025 / 06 / 29



Déclaration de correction de mémoire de master 2025

Référence du mémoire N°: / 2025	PV de soutenance N°: / 2025	
Nom et prénom (en majuscule) de l'étudiant (e) : HAMDIA A.F.E.P.	لقب و اسم الطالب (ة) : حاجدي عفاف	
La mention التقدير	Note (./20) العلامة	L'intitulé de mémoire المذكرة
.....	Dynamique de la Leishmaniose culamée à Biskra : rôle du climat et contrôle vectoriel par huiles essentielles

Déclaration et décision de l'enseignant promoteur : تصريح وقرار الأستاذ المشرف :

<p>Déclaration : Je soussigné (e), <u>FEROUAL S</u> (grade) <u>N.C.A.</u> à l'université <u>Biskra</u> de....., avoir examiné intégralement ce mémoire après les modifications apportées par l'étudiant. J'atteste que : le document a été corrigé et il est conforme au model de forme du département SNV toutes les corrections ont été faites strictement aux commandations du jury. d'autres anomalies ont été corrigées</p>	<p>تصريح : أنا الممضي (ة) أسفله <u>فروال س</u> (الرتبة) <u>N.C.A.</u> بجامعة أصرح بأنني راجعت محتوى هذه المذكرة كليا مراجعة دقيقة وهذا بعد التصحيحات التي أجراها الطالب بعد المناقشة، وعليه أشهد بأن : * المذكرة تتوافق بشكلها الحالي مع النموذج المعتمد لقسم علوم الطبيعة والحياة. * المذكرة صححت وفقا لكل توصيات لجنة المناقشة * تم تدارك الكثير من الإختلالات المكتشفة بعد المناقشة</p>
--	---

<p>Décision : Sur la base du contenu scientifique, de degré de conformité de pourcentage des fautes linguistiques, Je décide que ce mémoire doit être classé sous la catégorie</p>	<p>قرار : اعتمادا على درجة مطابقتها للنموذج، على نسبة الأخطاء اللغوية وعلى المحتوى العلمي أقرر أن تصنف هذه المذكرة في الدرجة</p>												
<table border="1"> <tr> <td>مقبول acceptable</td> <td>عادي ordinaire</td> <td>حسن bien</td> <td>جيد جدا très bien</td> <td>ممتاز excellent</td> <td>متميز exceptionnel</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>D</td> <td>C</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>A+</td> </tr> </table>	مقبول acceptable	عادي ordinaire	حسن bien	جيد جدا très bien	ممتاز excellent	متميز exceptionnel	E	D	C	B	A	A+	
مقبول acceptable	عادي ordinaire	حسن bien	جيد جدا très bien	ممتاز excellent	متميز exceptionnel								
E	D	C	B	A	A+								



الأستاذ المشرف

التاريخ
 2025 / 06 / 29



Déclaration de correction de mémoire de master 2025

Référence du mémoire N°: / 2025 PV de soutenance N°: / 2025

Nom et prénom(en majuscule) de l'étudiant (e) : **YAHIA OUMAIMA**
لقب و اسم الطالب (ة) : **لحي اميمة**

La mention التقدير Note(./20) العلامة L'intitulé de mémoire عنوان المذكرة
Dynamique de la Leishmaniose cutanée à Biskra: rôle du climat et contrôle vectoriel par puces essentielles

Déclaration et décision de l'enseignant promoteur : تصريح وقرار الأستاذ المشرف :

Déclaration :
Je soussigné (e), **ZEROUAL S** (grade) **Ph.D.** à l'université **Biskra** de....., avoir examiné intégralement ce mémoire après les modifications apportées par l'étudiant.
J'atteste que :
le document a été corrigé et il est conforme au model de forme du département SNV
toutes les corrections ont été faites strictement aux commandations du jury.
d'autres anomalies ont été corrigées

تصريح :
أنا الممضي (ة) أسفله..... (الرتبة)..... بجامعة.....
أصرح بأنني راجعت محتوى هذه المذكرة كليا مراجعة دقيقة وهذا بعد التصحيحات التي أجراها الطالب بعد المناقشة، وعليه أشهد بأن :
* المذكرة تتوافق بشكلها الحالي مع النموذج المعتمد لقسم علوم الطبيعة والحياة.
* المذكرة صححت وفقا لكل توصيات لجنة المناقشة
* تم تدارك الكثير من الاختلالات المكتشفة بعد المناقشة

Décision :
Sur la base du contenu scientifique, de degré de conformité de pourcentage des fautes linguistiques, **Je décide** que ce mémoire doit être classé sous la catégorie

قرار :
اعتمادا على درجة مطابقتها للنموذج، على نسبة الأخطاء اللغوية وعلى المحتوى العلمي أقرر أن تصنف هذه المذكرة في الدرجة :

مقبول acceptable	عادي ordinaire	حسن bien	جيد جدا très bien	ممتاز excellent	متميز exceptionnel
E	D	C	B	A	A+



الأستاذ المشرف

التاريخ
2025 / 06 / 29