

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE VÉTÉRINAIRE

Projet de fin d'études

En vue de l'obtention du
Diplôme de Docteur Vétérinaire

Etude préliminaire sur la REGION de la brucellose caprine dans la subdivision d'EL Kseur (Wilaya de Bejaïa) : utilisation du protocole modifié du Rose Bengale Test

Présenté par :

TAFTAF Dihya

YAHIAOUI Djamila

Soutenu le :25/ 07 /2019

Devant le jury composé de :

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| - Président : Dr Souames Samir | Grade Maître de Conférences A |
| - Promotrice : Dr LOUNES Nedjma | Grade Maître de Conférences B |
| - Examinatrice1 : Dr BAAZIZI Ratiba | Grade Maître de Conférences B |
| - Examinatrice2 : Mme SAHRAOUI Lynda | Grade Maître Assistante A |

Année universitaire : 2018 /2019



ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE VÉTÉRINAIRE

Projet de fin d'études

En vue de l'obtention du
Diplôme de Docteur Vétérinaire

Etude préliminaire sur la séroprévalence de la brucellose caprine dans la REGION d'EL Kseur (Wilaya de Bejaïa) : utilisation du protocole modifié du Rose Bengale Test

Présenté par :

TAFTAF Dihya

YAHIAOUI Djamila

Soutenu le :25/ 07 /2019

Devant le jury composé de :

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| - Président : Dr Souames Samir | Grade Maître de Conférences A |
| - Promotrice : Dr LOUNES Nedjma | Grade Maître de Conférences B |
| - Examinatrice1 : Dr BAAZIZI Ratiba | Grade Maître de Conférences B |
| - Examinatrice2 : Mme SAHRAOUI Lynda | Grade Maître Assistante A |

Année universitaire : 2018 /2019

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant de nous avoir donné la force, la volonté et la patience pour mener à bien ce modeste travail.

Nos plus grands remerciements vont à notre promotrice **DR LOUNES Nedjma** pour son encadrement, son suivi, sa disponibilité, ses conseils judicieux et ses critiques constructives qu'elle nous a prodigué avec amabilité et un grand esprit scientifique tout au long de la réalisation de ce travail.

Nos remerciements également le président de Jury Monsieur **SOUAMES**, et les membres de Jury Madame **BAAZIZI** et Madame **SAHRAOUI** de nous avoir honorés par leur présence, et d'avoir consacré leur temps à la lecture de notre mémoire et au jugement de notre travail.

Nous remercions les éleveurs et les vétérinaires, sans qui cette étude n'aurait pas pu avoir lieu, nous les remercions aussi pour leur accueil et leur gentillesse.

Enfin nous remercions tous ce qui nous ont encouragé tout au long de notre parcours et ceux qui ont contribué à notre formation mais que nous n'avons pas cité.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail avec toute mon affection :

A ma mère,

Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte.

En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée.

A mon père,

L'épaule solide, l'œil attentif et compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que dieu te garde et te procure santé et longue vie.

A mes chères sœurs,

Nina, kahina, sara et linda, hanane, pour leur affection, compréhension et patience.

A mon meilleur ami et la personne qui m'a toujours soutenue et motivée **FA@DI**.

A mes meilleures amies : **Nadjet et Yasmine**, que je considère comme des sœurs.

A ma chère grand-mère Fatima.

A mon beau-frère Farid que je respecte tellement.

A toutes mes tantes, tous mes oncles maternels et paternels.

A toutes mes cousines, et cousins.

A tous ceux qui m'ont soutenu et qui me soutiennent encore.

Dihya Taftaf

Dédicace

Je remercie ALLAH de m'avoir donné la capacité de réfléchir et d'écrire, la force d'y croire et la patience d'aller jusqu'au bout du rêve.

Du profond de mon cœur je dédie ce modeste travail à tous ceux qui me sont chers,

A celle qui m'a donné la vie,

Le symbole de tendresse, ma mère, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite.

A l'homme de ma vie, mon papa,

Qui m'a toujours motivé et poussé à franchir toutes les difficultés.

Qu'ALLAH vous préserve et vous accorde santé, longue vie et bonheur.

A mes grands-parents,

Qui, Leur amour, leur soutien et leurs encouragements ont été et resteront mes meilleurs atouts pour le futur.

A la mémoire de ceux qui nous ont quitté,

Mon grand-père Belkacem et ma grand-mère Djamila, qu'ALLAH vous accueille en son vaste paradis

A mes chères sœurs, Manel et Nesrine

Pour leur compréhension, leur soutien et leur amour...

A ma meilleure amie et ma bestie Manou, for always being there no matter what

A toute ma famille, mes oncles, mes tantes, mes cousins et cousines

A Mes fidèles amies : Soumia, Célia et Ferial

Djamila Yahiaoui

Résumé

La brucellose caprine est une maladie infectieuse chronique causée par *B. melitensis*. Elle sévit toujours en Algérie et continue à se disséminer provoquant de fortes pertes économiques et de nombreux cas humains.

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés à la wilaya de Bejaïa, en particulier à la subdivision d'El Kseur qui regroupe trois communes. Notre étude a concerné les deux communes d'El Kseur et Toudja. Nous avons étudié un total de 67 caprins dont 20 males et 47 femelles, issus de 11 élevages. Qui ont fait l'objet d'une étude sérologique en utilisant l'Epreuve de l'antigène Tamponné (EAT). Nous avons testé les sérums avec le protocole standard et modifié afin d'augmenter la sensibilité du test.

Les résultats ont montré une séroprévalence cheptel de 18 % vs 45,45% et individuelle de 6% vs 25% suivant le protocole standard et le protocole modifié respectivement,

En comparant les deux protocoles, la différence était significative, le protocole modifié est quatre fois plus sensible, avec une sensibilité de 81%, Les résultats ont révélé que les facteurs notamment : le sexe, l'âge, la gestation et l'avortement ne semblent pas influencer le taux d'infection.

Des mesures prophylactiques strictes et un programme de contrôle adéquat doivent être mis en place afin de réduire les taux élevés inquiétants de cette maladie, dans la région étudiée.

ملخص

الحمى المالطية هي مرض مزمن معدّ تسببه بكتيريا بروسلا ميليتنسيس التي ما زالت منتشرة في الجزائر وتستمر في الانتشار مسببة خسائر اقتصادية فادحة وحالات بشرية عديدة. في دراستنا اهتمنا بولاية بجاية ، وخاصة ناحية القصر التي تضم ثلاث بلديات. اسهدفنا في دراستنا بلديتي القصر وتوجة. درسنا مجموع 67 ماعز بما في ذلك 20 ذكور و47 إناث من اصل 11 مزرعة. اختبرنا الأمصال بالطريقة القياسية والمعدّلة لزيادة حساسية الاختبار وأظهرت النتائج أن نسبة انتشار العدوى للماشية والفرد هي 18 % و 6 % على التوالي ، وفقاً للطريقة القياسية و 45.45 % و 25 % وفقاً للطريقة المعدّلة .

بمقارنة الطريقتين ، وجدنا أن الطريقة المعدّلة أكثر حساسية ونكشف بحساسية تبلغ 81%. فضلنا دراسة بعض عوامل الاختلاف الفردية وفقاً للطريقة المعدّلة.

- أظهرت النتائج أن العوامل بما في ذلك: الجنس والعمر والحمل والإجهاض لا يبدو أنها تؤثر على انتشار المرض .
- يجب وضع تدابير وقائية صارمة وبرنامج تحكم مناسب للحد من الانتشار العالي لهذا المرض في المنطقة .

Abstract

Caprine brucellosis is a chronic infectious disease caused by *B. melitensis*. It is still occurring in Algeria and continues to spread, causing severe economic losses and numerous human cases. In our study, we were interested in the wilaya of Bejaia, especially the region of El Kseur which includes three municipalities. Our study concerned the two municipalities of El Kseur and Toudja. We studied a total of 67 goats including 20 males and 47 females, from 11 farms. Which were the subject of a serological study using the Rose Bengal test (RB). We tested the sera with the standard and modified protocol in order to increase the sensitivity of the test. The results showed a seroprevalence of 18% vs 45.45% and individual 6% vs 25% according to the standard protocol and the modified protocol respectively. Comparing the two protocols, the difference was significant, the modified protocol is four times more sensitive, with a sensitivity of 81%. The results revealed that factors including: sex, age, pregnancy and abortion do not seem to influence the rate of infection. Strict prophylactic measures and an adequate control program must be put in place to reduce the high rates of the disease in the studied region

Sommaire

Partie Bibliographique

Chapitre I: Généralités

| | |
|---------------------------------|---|
| 1. Définition..... | 2 |
| 2. Synonymies..... | 2 |
| 3. Historique..... | 2 |
| 4. Importance..... | 3 |
| 4.1. Importance économique..... | 3 |
| 4.2. Importance sanitaire | 3 |

Chapitre II : Agent pathogène

| | |
|--|---|
| 1. Nomenclature et classification..... | 5 |
| 2. Morphologie..... | 5 |
| 3. Caractères biochimiques | 6 |
| 4. Caractères antigéniques | 6 |
| 5. Caractères physico-chimiques..... | 7 |
| 5.1. Résistance..... | 7 |
| 5.2. Inactivation | 7 |
| 6. Action des antibiotiques | 8 |

Chapitre III : pathogénie

| | |
|-----------------------------------|----|
| 1. Facteurs de virulence..... | 9 |
| 2. Evolution de l'infection..... | 9 |
| 2.1. Etapes de l'infection..... | 9 |
| 2.1.1. La phase d'incubation..... | 9 |
| 2.1.2. La phase aiguë..... | 9 |
| 2.1.3. La phase chronique | 10 |
| 2.2. Réponse immunitaire | 10 |
| 2.2.1. Réponse humorale..... | 10 |
| 2.2.2. Réponse cellulaire..... | 10 |

Chapitre IV : Symptômes et lésions

| | |
|-------------------|----|
| 1. Symptômes..... | 11 |
| 2. Lésions | 11 |

Chapitre V : Epidémiologie

| | |
|---|----|
| 1. Epidémiologie descriptive..... | 13 |
| 1.1. Brucellose caprine dans le monde | 13 |
| 1.1.1. En Amérique..... | 13 |
| 1.1.2. En Europe..... | 14 |
| 1.1.3. En Asie..... | 14 |
| 1.1.4. En Afrique..... | 14 |
| 1.2. Brucellose caprine en Algérie..... | 14 |
| 2. Epidémiologie analytique..... | 16 |
| 2.1. Source d'infection..... | 16 |
| 2.2. Mode de transmission..... | 17 |
| 2.3. Voies de pénétration..... | 18 |
| 3. Epidémiologie synthétique..... | 18 |

Chapitre VI : Diagnostic

| | |
|---|----|
| 1. Diagnostic clinique..... | 19 |
| 2. Diagnostic différentiel..... | 19 |
| 3. Diagnostic expérimental..... | 19 |
| 3.1. Diagnostic expérimental direct ou bactériologique..... | 19 |
| 3.1.1. Isolement | 19 |
| 3.1.2. Polymérase Chain Reaction (PCR) | 20 |
| 3.2. Diagnostic expérimental indirect..... | 21 |
| 3.2.1. Diagnostic sérologique..... | 21 |
| 3.2.1.1. L'Épreuve à l'Antigène Tamponnée (EAT)..... | 21 |
| 3.2.1.2. Fixation du complément (FC) | 22 |
| 3.2.1.3. Enzyme-linked Immunosorbent Assays (ELISA) | 22 |
| 3.2.2. L'épreuve cutanée allergique (ECA)..... | 23 |

Chapitre VII : Prophylaxie

| | |
|---|----|
| 1. Prophylaxie sanitaire | 24 |
| 2. Prophylaxie médicale..... | 24 |
| 3. Stratégie de lutte..... | 26 |
| 4. Prophylaxie de la brucellose caprine en Algérie..... | 28 |

Partie expérimentale

| | |
|---|-----|
| I. Objectif de l'étude..... | 29 |
| II. Matériels et méthodes | 29 |
| 1. La région d'étude..... | 29 |
| 2. Echantillon et caractéristiques des animaux et élevages étudiés..... | 30 |
| 3. Période d'étude | 30 |
| 4. Prélèvements..... | 30 |
| 5. Fiche de renseignements..... | 31 |
| 6. Technique sérologique..... | 31 |
| a. Intérêt clinique..... | 31 |
| b. Principe..... | 31 |
| c. Matériel et réactifs..... | 31 |
| d. Protocole opératoire..... | 32 |
| i. Protocole standard..... | 32 |
| ii. Protocole modifié..... | 32 |
| e. Laboratoire d'accueil..... | 34 |
| 7. Analyse statistique..... | 34 |
| a. Base de données | 34 |
| b. Calcul de la prévalence..... | 34 |
| c. Analyse des facteurs de risque | 35 |
| III. Résultats..... | 35 |
| 1. Séroprévalence individuelle de la brucellose caprine | 35. |
| a. Résultats avec le protocole standard..... | 35. |
| b. Résultats avec le protocole modifié..... | 35 |
| 2. Séroprévalence cheptel de la brucellose caprine | 36 |
| a. Résultats avec le protocole standard..... | 36 |
| b. Résultats avec le protocole modifié..... | 36 |
| c. Comparaison des deux protocoles étudiés..... | 37. |
| 3. Distribution des cas de brucellose caprine par commune étudiée | 37 |
| 4. Facteurs de variation de la séroprévalence individuelle | 38 |
| 5. Facteurs de variation de la séroprévalence cheptel..... | 39 |
| IV. discussion | 42 |
| V. conclusion et recommandation..... | 46 |

Liste des tableaux

| | Page |
|---|-------------|
| Tableau 3.1 : Différentiation des espèces de <i>brucella</i> | 6 |
| Tableau 1 : Nombre d'élevages et d'animaux en fonction des communes..... | 30 |
| Tableau 2 : Séroprévalence individuelle avec le protocole standard..... | 35 |
| Tableau 3 : Séroprévalence individuelle avec le protocole modifié | 35 |
| Tableau 4 : la séroprévalence cheptel avec le protocole standard..... | 36 |
| Tableau 5 : la séroprévalence cheptel avec le protocole modifié | 36 |
| Tableau 6 : Comparaison des deux protocoles étudiés par le test X2 d'indépendance..... | 37 |
| Tableau 7 : variation du taux d'infection en fonction du sexe | 38 |
| Tableau 8 : variation du taux d'infection en fonction de l'âge | 38 |
| Tableau 9 : variation du taux d'infection en fonction de la gestation | 39 |
| Tableau 10 : variation du taux d'infection en fonction de la la présence d'antécédents d'avortement | 39 |
| Tableau 11 : variation du taux d'infection en fonction de mode d'élevage..... | 40 |
| Tableau 12 : variation du taux d'infection en fonction de type d'elevage..... | 40 |
| Tableau 13 : variation du taux d'infection en fonction d'avortement | 40 |
| Tableau 14 : : variation du taux d'infection en fonction d'introduction de nouveau animaux..... | 41 |

Liste des figures

| | Page |
|--|-------------|
| Figure 4.1 : Avorton..... | 12 |
| Figure 5.1 : Distribution mondiale de la brucellose caprine..... | 13 |
| Figure 5.2 : Taux d'infection des caprins en Algérie durant la décennie de 2007 à 2017..... | 16 |
| Figure 5.3 : brucellose ovine et caprine : mode de transmission..... | 17 |
| Figure 1 : cartes géographiques représentant des deux communes étudiées de la wilaya de Bejaia..... | 29 |
| Figure 2 : les étapes de l'épreuve à l'antigène tamponné (Photos personnelles)..... | 32 |
| Figure 3 : résultats du test (photos personnelles)..... | 34 |
| Figure 4 : Nombre d'animaux positifs par communes..... | 37 |

Liste des abréviations

B : *Brucella*

IgG : l'immunoglobuline de type G

IgM : l'immunoglobuline de type M

IgA : l'immunoglobuline de type A

CD : Cellule dendritique

BCV : *Brucella*-Containing Vacuole (vacuole contenant les *brucella*)

LPS : lipopolysaccharide

LPSs : lipopolysaccharide smooth (lisse)

LPSr: lipopolysaccharide rough (rugueux)

Bv : Biovar

Co2 : dioxyde de carbone

H2s : sulfure d'hydrogène

CMI : la concentration minimale inhibitrice

PCR : Polymérase Chain Reaction

FC : Fixation du complément

ELISA: Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay

EAT : Epreuve à l'Antigène Tamponné

RB : Rose Bengale

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

DSV : Direction des Services Vétérinaires

FAO : Food and Agriculture Organization

MSPRH : Ministère de la Santé de la Population et de la Réforme Hospitalière

Partie bibliographique

Introduction

La brucellose est une maladie infectieuse, contagieuse, dont l'impact économique et sanitaire est considérable. *Brucella melitensis* étant l'agent presque exclusif de la brucellose caprine, est l'espèce la plus pathogène pour l'homme (Corbel,2006). Elle représente ainsi une menace sérieuse pour la santé humaine.

Classée parmi les zoonoses les plus répandues dans le monde, l'incidence la plus élevée est constatée au Moyen-Orient, dans la région de la Méditerranée, en Chine, en Inde, au Pérou et au Mexique. Actuellement, les pays d'Asie centrale et d'Asie du Sud-Est enregistrent la plus forte augmentation du nombre de cas, tandis que plusieurs pays d'Europe occidentale et septentrionale, le Canada, le Japon, l'Australie et la Nouvelle-Zélande semblent être indemnes de l'agent causal.

En Algérie, et depuis la tempête d'avortement à Ghardaïa causée par *B.melitensis* en 1984, un programme de lutte basé sur la prophylaxie sanitaire (dépistage/abattage) a été mis en place en 1995, mais a malheureusement échoué à contrôler la maladie, ce qui a conduit l'état algérien à adopter en 2006, une nouvelle approche prophylactique consistant à vacciner en masse les petits ruminants par le vaccin Rev1(DSV,2005 ; 2007). Depuis, une moyenne de 3 millions de têtes caprines ont été vaccinées chaque année, cela n'étant pas suffisant avec l'augmentation de l'effectif caprin qui a atteint les 5 millions de têtes en 2016.En effet, les services vétérinaires déclarent un taux d'infection de 17% la même année et de 31% en 2017(DSV,2018).

La prévalence de la brucellose caprine reste mal connue en Algérie et peu d'études ont été réalisées sur cette maladie, malgré le danger sanitaire qu'elle présente, surtout en régions rurales non affectées par la vaccination. De plus, les populations rurales vivent en contact étroit avec leurs animaux et préfèrent généralement consommer du lait et des produits laitiers crus ou légèrement acidifiés, Ce qui représente la source principale d'infection humaine.

En 2013, 5234 cas humains ont été enregistrés avec une incidence annuelle (pour 100 000 habitants) de 15.2 (MSPRH, 2014).

Sur ces faits, nous nous sommes intéressés à faire notre étude dans la wilaya de Bejaïa qui regroupait en 2016 un total de 25008 têtes caprines dont 14799 chèvres et 8624 boucs. Nous avons ciblé en particulier la subdivision d'El Kseur qui regroupe un total de 954 têtes caprines dont 748 chèvres et 206 boucs. Notre étude avait pour objectifs d'évaluer la séroprévalence de la brucellose caprine dans cette région et d'étudier ses facteurs de variation.

Chapitre I: Généralités

1. Définition

C'est une maladie infectieuse, contagieuse, transmissible à l'homme et à de nombreuses espèces animales, due presque exclusivement à *Brucella melitensis* et affectant les organes de la reproduction (**Ganière, 2004**). Elle est considérée comme une zoonose majeure (**Godfroid et al.,2013 ; Corbel, 2006**).

2. Synonymies

Chez l'homme : Fièvre ondulante, fièvre de Malte, fièvre Méditerranéenne (**Corbel,2006**), fièvre de Gibraltar, fièvre sudoro-algique, mélitococcie (**Acha et Szyfres, 2005**).

Chez l'animal : avortement contagieux, fièvre abortive, avortement infectieux, avortement épizootique (**Acha et Szyfres, 2005**).

3. Historique

L'une des premières descriptions enregistrées de la brucellose a été faite en 1861 à Malte par le chirurgien militaire britannique Jeffery Martson, qui a décrit une maladie différente de la fièvre typhoïde lors de la guerre de Crimée, où les troupes britanniques subissaient chaque année d'importantes pertes à cause de cette maladie qui est appelée à cette époque « la fièvre de malte » (**Wyatt, 2013 ;2000**).

En 1887, David Bruce, médecin britannique, a finalement isolé l'agent causal de cette fièvre à partir de la rate de plusieurs militaires décédés. Il l'a appelé *Micrococcus melitensis* (**Rossetti et al., 2017**).

Dix ans plus tard, en 1897, le professeur Almroth Wright a mis en évidence la présence d'agglutinines spécifiques dans le sang de patients infectés, en appliquant la technique d'agglutination de Widal, ce qui a permis de différencier les personnes souffrant de brucellose de celles atteintes de typhoïde (choléra) (**Wyatt, 2013 ;1999**).

C'est qu'en 1905 que Themistocles Zammit, un médecin maltais, a démontré que la chèvre maltaise transporte le microorganisme et sert de source d'infection par la consommation de lait non pasteurisé par le personnel militaire. Le lait de chèvre était interdit et l'épisode troublant a pris fin en 1906 (**Wyatt, 2005**).

En 1914, une espèce de *Brucella* a été isolée par le vétérinaire Jacob Traum aux États Unis à l'état d'Indiana, chez un fœtus de truie avorté et appelée alors *Brucella suis* (**Vassalo, 1996**).

En 1918, la biologiste américaine Alice Evans a démontré les caractéristiques similaires entre *Micrococcus melitensis* et l'agent étiologique de l'avortement épizootique bovin « *Bacillus abortus* », isolé par le vétérinaire danois Bernhard Bang en 1896 (**Rossetti et al., 2017**).

Elle a constaté que les trois bactéries observées chez les chèvres, les porcs et les bovins présentaient uniquement des différences antigéniques, mais aucune différence morphologique, culturelle ou biochimique. Les agents ont été inclus dans le même genre bactérien (*Brucella*) en l'honneur de David Bruce, en 1920 (**Young, 2005**).

4. Importance

4.1. Importance économique

La brucellose est une maladie hautement contagieuse, dont l'impact économique sur le développement des industries animales est considérable, l'avortement semble occuper la première place des effets négatifs de la maladie sur le cheptel, suivie de la mortalité, de l'infertilité, de la baisse de la production laitière, puis de l'allongement de l'intervalle entre les vêlages. Les coûts comprennent aussi le programme de prévention et le traitement des maladies humaines (**Radostits et al., 2000**).

4.2. Importance sanitaire

Selon l'OMS la brucellose reste l'une des zoonoses les plus répandues dans le monde avec plus de 500000 cas humain signalés chaque année (**Seleem et al., 2010 ; Pappas, 2006**).

Dans la région circumméditerranéenne, le Proche et le Moyen-Orient, c'est *Brucella melitensis* qui est l'agent responsable de la plupart des cas cliniques sévères de brucellose humaine. La maladie peut entraîner des cas de mortalité, le plus souvent elle se traduit par un état débilitant aigu ou chronique ayant des conséquences sévères sur le développement économique et social (**Benkirane, 2001**).

La brucellose présente un risque professionnel en particulier pour les personnes vivant à proximité d'animaux ou les manipulateurs. Ceux-ci incluent les personnes qui travaillent avec les animaux de la ferme, en particulier les bovins, les ovins, les caprins et les porcins ; agriculteurs, ouvriers agricoles, éleveurs, bergers, tondeurs de moutons, chevriers, éleveurs de porcs, vétérinaires et

inséminateurs sont à risque par contact direct avec des animaux infectés ou par exposition à environnement fortement contaminé.

Aussi, les personnes impliquées dans la transformation de produits d'origine animale peuvent être exposées à un risque élevé à la brucellose (abatteurs, bouchers, emballeurs de viande, transformateurs de peaux et de laine, équarrisseurs et ouvriers laitiers) (FAO, 2003).

Une autre catégorie importante comprend les techniciens de laboratoire qui peuvent être exposés à des échantillons contaminés et aux cultures de *Brucella*, que ce soit au cours des procédures de diagnostic ou de la production et l'utilisation de vaccins vivants (Corbel, 2006).

Chapitre II : Agent pathogène

1. Nomenclature et classification

Classification selon Bergey's manual of systematic bacteriology (Corbel et Banai, 2010; Ostermen et Moriyón, 2006):

| Classe I | Ordre VI | Famille III | Genre I |
|---------------------|--------------|--------------|----------|
| Alphaproteobacteria | Rhizobiaceae | Brucellaceae | Brucella |

| Espèces | Biovars | Hôte(s) préférentiel(s) |
|-------------------------------|--------------------|-------------------------|
| <i>Brucella melitensis</i> | 1, 2,3 | Ovins, caprins |
| <i>Brucella abortus</i> | 1, 2, 3, 4, 5, 6,9 | Bovins |
| <i>Brucella suis</i> | 1, 2, 3, 4,5 | Porc |
| <i>Brucella ovis</i> | | Bélier |
| <i>Brucella canis</i> | | Chien |
| <i>Brucella neotomea</i> | | Rat du désert |
| <i>Brucella ceti</i> | | Cétacés |
| <i>Brucella pinnipidialis</i> | | Pinnipèdes |
| <i>Brucella microti</i> | | Campagnol |
| <i>Brucella inopinata</i> | | Homme |
| BO2 | | ? |
| <i>Brucella papionis</i> | | Babouin |
| <i>Brucella vulpis</i> | | Renard roux |

Les espèces les plus pathogènes pour l'homme sont *B. melitensis*, *B. abortus*, *B. suis* ainsi que *B. neotomae* et *B. canis* mais d'une façon modérée (Godfroid et al., 2010).

2. Morphologie

Les *Brucella* sont des coccobacilles à Gram négatif (bâtonnets courts) mesurant environ 0,6 à 1,5 µm par 0,5 à 0,7 µm, non sporulées, non capsulées, sans flagelles et ne sont donc pas mobiles, elles ne sont pas décolorées par l'acide acétique (coloration de Stamp), ce qui indique une acido-résistance liée aux lipides de la paroi (Lavigne et al., 2011 ; Maurin, 2007).

La membrane cellulaire externe ressemble beaucoup à celle des autres bacilles à Gram négatif avec un composant dominant lipopolysaccharide (LPS) et trois groupes principaux de protéines, La teneur en guanine plus cytosine de l'ADN est de 55-58 moles / cm. Aucune espèce de *Brucella* ne possède de plasmides naturels bien qu'ils acceptent facilement les plasmides à large spectre d'hôtes (Alton et Forsyth, 1996).

3. Caractères biochimiques

Brucella spp sont des bactéries aérobies strictes à catalase et oxydase positives (sauf *B. ovis* et *B. neotomae*) (tableau 3.1).

Ces bactéries ne fermentent pas le sucre et la majorité des autres caractères métaboliques sont négatifs (production d'indole, réaction Voges-Proskauer, citrate de Simmons... etc.), en revanche *Brucella* spp ont une nitrate réductase positive sauf *B. ovis*.

Du fait d'une faible réactivité biochimique, l'identification de ces bactéries par les méthodes phénotypiques usuelles est difficile. L'utilisation de galeries d'identification de type API-NE peut conduire à une fausse identification de *Moraxella phenylpyruvica* (Lavigne et O'callaghan, 2011 ; Boschioli et al., 2001).

Tableau 3.1 : Différentiation des espèces de *brucella* (Lavigne et O'callaghan, 2011).

| Caractères Espèces | B. melitensis | B. abortus | B. suis |
|------------------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|
| Oxydase | + | + | + |
| Catalase | + | + | + |
| Hydrolyse de l'urée | - | - | + (sauf bv2) |
| Production d'H₂S | - | +++ | + (sauf bv 5) |
| Exigence en CO₂ | - | - | + (sauf bv 5, 6, 9) |

4. Caractères antigéniques

Un nombre important de composants antigéniques de *Brucella* ont été caractérisés. Cependant, l'antigène le plus immunogène est le lipopolysaccharide (LPS) qui est caractérisé par une variation

de phases à savoir la phase lisse ou "smooth" (LPS-S) et rugueuse ou "rough" (LPS-R) (**Corbel, 2006 ; Lapaque et al., 2005 ; Bundle et Perry, 1990**).

De plus, la partie O-polysaccharidique (antigène O) du LPS-S contient un sucre inhabituel, le 4,6-didésoxy-4-formamido- α -D-mannopyranoside, qui est exprimé soit comme un homopolymère de α -1,2-linked Sugars (antigène A), ou en série répétitive de 3- α -1,2 et 2- α -1,3-linked sugars (antigène M), Ces deux derniers permettent l'identification sérologique des diverses espèces (**Purcell et Rivard, 2012**).

L'antigène A prédomine chez *B. abortus* et *B. suis*, tandis que l'antigène M est l'antigène majeur chez *B. melitensis* (**Samadi et al., 2010**).

5. Caractères physico-chimiques

5.1. Résistance

Dans les conditions favorables les *Brucella* peuvent survivre dans leur environnement pendant de très longues périodes, leur capacité à résister à l'inactivation dans le milieu naturel est relativement élevée par rapport à la plupart des autres groupes de bactéries pathogènes non sporulantes.

Elles peuvent survivre dans l'eau pendant 10 à 70 jours selon la température. La survie est prolongée à basse température et elles resteront viables pendant de nombreuses années dans les tissus congelés.

Elles survivent dans les déjections des bovins pendant au moins 120 jours, dans les fœtus avortés pendant au moins 75 jours, dans les exsudats utérins pendant au moins 200 jours et dans le purin pendant une période pouvant aller jusqu'à 2 ans et demi si la température est maintenue autour de 0°C (**comité mixte FAO/OMS d'experts de la brucellose, 1986**).

5.2. Inactivation

En suspension diluée les microorganismes du genre *Brucella* sont facilement tués par la chaleur.

Les suspensions de microorganismes très denses comme celles qui sont employés pour la préparation des antigènes ou dans certaines opérations de typage nécessitent un traitement thermique répété ou des températures proches du point d'ébullition pour les rendre inoffensives.

Elles sont sensibles aux radiations ionisantes à des doses stérilisantes normales à condition de veiller à ce que l'exposition soit complète (**comité mixte FAO/OMS d'experts de la brucellose, 1986**).

Elles sont aussi sensibles à de nombreux désinfectants à savoir : hypochlorite de sodium à 1%, éthanol à 60%, solution d'iode et d'alcool, glutaraldéhyde et formaldéhyde.

Sensibles à la chaleur humide (121C° pendant au moins 15 minutes), à la chaleur sèche (160-170C° pendant au moins 1h).

La pasteurisation à ébullition ou à haute température tue *Brucella* dans le lait. Idéalement, tout le lait produit dans les zones où la brucellose est présente devrait être pasteurisés. Si aucune installation de pasteurisation n'est disponible, le lait doit être chauffé à une température minimale de 80 à 85°C et maintenu à cette température pendant au moins plusieurs minutes, ou bouilli. Ceci devrait s'appliquer à tout le lait destiné à la consommation humaine, qu'il soit bu sans transformation ultérieure ou utilisé pour la fabrication d'autres produits alimentaires (**Corbel, 2006**).

6. Action des antibiotiques

La plupart des molécules antibiotiques font preuve in vitro d'une activité satisfaisante sur *Brucella*. Le critère de la concentration minimale inhibitrice (CMI) qui apprécie l'effet antibactérien des concentrations antibiotiques usuellement obtenues dans le sérum ne peut être transposé en clinique puisque *Brucella* est avant tout intratissulaire et intracellulaire. Une CMI satisfaisante in vitro est une condition nécessaire pour espérer l'efficacité d'une molécule donnée, mais elle n'est pas suffisante. Une bonne diffusion intracellulaire de l'antibiotique et sa présence sous forme active dans les organites hébergeant *Brucella* sont indispensables. Ceci étant, il s'avère que certaines molécules ne possédant qu'un faible pouvoir de diffusion intracellulaire mais douées d'une action bactéricide puissante dans le sérum et les liquides interstitiels, peuvent jouer un rôle adjuvant important par leur action sur la part circulante de l'inoculum bactérien, surtout si elles font preuve d'une excellente synergie avec les autres antibiotiques (**Janbon, 2000**).

Chapitre III : Pathogénie

1. Facteurs de virulence

L'absence de facteurs de virulence classiques (endotoxines, exotoxines, cytolysines, exoenzymes, plasmide, fimbriae et formes pharmaco-résistantes), la pathogénicité typique des LPS de la membrane externe et l'inhibition de la mort cellulaire programmée de l'hôte fournissent à *Brucella* un mécanisme exceptionnel de pathogénèse (Alavi et al., 2013 ; Pappas et al., 2005).

Cependant, une étude récente montre que l'uréase, les protéines VirB (forment le système de sécrétion de type 4), le système BvrR/ BvrS, et l'antigène O du LPS jouent un rôle crucial dans l'infection par *Brucella* (Alavi et al., 2013 ; Purcell & Rivard, 2012).

Les *Brucella* présentent un tropisme tissulaire important et se répliquent dans les vacuoles des macrophages, des cellules dendritiques (CD) et des trophoblastes placentaires. Cependant, l'agent pathogène a la capacité de se répliquer dans une grande variété de types de cellules de mammifères, y compris microglies, fibroblastes, cellules épithéliales et cellules endothéliales.

Le mode de vie intracellulaire de *Brucella* limite l'exposition à la réponse immunitaire innée et adaptative de l'hôte (Adams et al., 2015).

2. Évolution de l'infection

2.1. Étapes de l'infection : généralement divisées en trois phases distinctes (Adams et al., 2015):

2.1.1. La phase d'incubation : cliniquement muette, sa durée varie entre 1 à 4 semaines (Lavigne et O'callaghan, 2011)

2.1.2. La phase aiguë : au cours de laquelle l'agent pathogène se dissémine dans les tissus de l'hôte.

Les études chez l'animal suggèrent que les *Brucella* envahissantes sont rapidement phagocytées par les leucocytes polynucléaires (Alton et Forsyth, 1996).

Au début de l'infection, le LPS-s aide à bloquer le développement de l'immunité innée et spécifique, il protège l'agent pathogène des activités microbicides du système immunitaire et a un rôle dans l'entrée et l'évasion immunitaire de la cellule infectée (Porte et al., 2003 ; Lapaque et al., 2005).

Dans les cellules phagocytaires mononucléées, *Brucella* réside dans une vacuole spéciale (*Brucella*-containing vacuole, BCV), qui se transforme en un compartiment répliatif ou brucellome (Adams et al., 2015).

Les brucelles se dissémine ensuite à partir du tissu lymphoïde régional approprié au point d'entrée et se localise dans certains organes cibles tels que les ganglions lymphatiques, la rate, le foie, la moelle osseuse et (surtout chez les animaux) les organes de reproduction à cause de la présence de méso-érythritol dans les testicules et les vésicules séminales des taureaux, béliers, chèvres et des verrats, ainsi que dans les produits de la conception des ruminants gravides, ce qui provoque une multiplication considérable des brucelles. L'érythritol représente un puissant facteur de localisation chez les espèces concernées, mais il est absent chez l'homme. (Alton et Forsyth, 1996).

2.1.3. La phase chronique

Résulte de la capacité de l'organisme à persister dans les cellules de l'hôte dans lesquelles les brucelles sont distribuées par l'intermédiaire du système réticulolymphocytaire, afin de provoquer des maladies cardiovasculaires, hépatiques, réticulolymphocytaires, neurologiques et ostéoarticulaires (Adams et al., 2015).

2.2. Réponse immunitaire

2.2.1. Réponse humorale

L'organisme infecté par *Brucella* élabore une réponse humorale avec synthèse d'anticorps, d'abord immunoglobuline IgM, puis IgA et IgG. Ces derniers persistent longtemps. Ces anticorps n'ont probablement que peu d'effet protecteur mais sont utiles comme témoins diagnostiques. (Janbon, 2000).

2.2.2. Réponse cellulaire

L'immunité cellulaire implique le développement de lymphocytes T cytotoxiques spécifiques et l'activation de macrophages, renforçant leur activité bactéricide, par la libération de cytokines à partir de lymphocytes T auxiliaires.

La participation importante des lymphocytes T à la réponse immunitaire a pour corollaire l'apparition d'une sensibilisation, avec phénomène d'hypersensibilité retardée. Celle-ci peut être à l'origine de réactions caractéristiques de la phase tardive de la brucellose (Janbon, 2000).

Chapitre IV : Symptômes et lésions

1. Symptômes

Le symptôme prédominant chez les caprins est l'avortement, se produisant le plus souvent au cours du dernier trimestre de gestation (**Mekkonen, 2015 ; Radostitts et al., 2007 ; Acha et Szyfres, 2005**).

Lors de l'introduction de la maladie, la tempête d'avortement est suivie d'une période de résistance durant laquelle les avortements sont rares (**Constable et al., 2016**).

La plupart des animaux infectés avortent une seule fois et certains ne sont pas affectés. La production de lait est réduite, en raison des naissances prématurées, et la glande mammaire est souvent infectée de manière permanente, en particulier chez les chèvres et les vaches (**Corbel, 2006**).

D'autres symptômes peuvent être observés tels que :

- fièvre, dépression, perte de poids, diarrhée, boiterie, hygroma (**Pugh et Baird, 2012**).
- Mammites, rétention placentaire avec excrétion d'organismes dans l'utérus, les fèces et dans le lait chez les femelles (**Radostitts et al., 2007**).

L'infection demeure généralement inapparente chez le male mais il est possible d'observer des cas d'orchite (souvent unilatérale), d'épididymite ou une baisse de fertilité (**Constable et al., 2016; Radostitts et al., 2007**).

Les chèvres non gravides sont sensibles à une infection chronique qui peut les atteindre sans qu'elles ne produisent de symptômes cliniques, mais qui constitue un risque pour les autres animaux du cheptel (**Acha et Szyfres, 2005**).

2. Lésions

B. melitensis se situe préférentiellement dans ganglions lymphatiques et le tractus génital des deux sexes. Cependant, elle peut coloniser le système nerveux central, la moelle osseuse, la glande mammaire, l'os, le cortex rénale et les membranes synoviales, produisant ainsi des lésions granulomateuses focales (**Samadi et al., 2010 ; Megid et al., 2010**).

Les avortements causés par *B. melitensis* sont généralement accompagnés de placentite, les cotylédons peuvent être normaux, rouges, jaunes ou nécrotiques. Chez les petits ruminants, la

région intercotylédonaire est généralement coriace, avec une apparence humide et un épaissement focal. Il peut y avoir des exsudats à la surface.

Certains fœtus avortés semblent normaux, d'autres sont autolysés, ou présentent des quantités variables d'œdème sous-cutané, et de liquide hémorragique, dans les cavités corporelles.

La rate et / ou le foie peuvent être hypertrophiés et les poumons peuvent présenter une pneumonie et une pleurésie fibreuse (**Samadi et al., 2010**).

Aucune lésion n'est caractéristique de la brucellose. La bactérie en cause peut souvent être isolée à partir de tous les tissus, mais les ganglions lymphatiques et la glande mammaire sont les sites les plus courants, dans les tentatives d'isolement en cas d'infection chronique (**Constable et al., 2016**).



Fig4.1. Avorton de petits ruminants (**Blasco, CITA, Saragosse, Esp. Photohèque AFSAA**)

Chapitre V : Epidémiologie

1. Epidémiologie descriptive

1.1. Brucellose caprine dans le monde

La brucellose caprine est présente dans cinq sur sept continents du monde (Amérique du Sud, Amérique du Nord, l'Europe, l'Asie et l'Afrique) (Rossetti et al., 2017 ; Benkirane, 2006).



Fig. 5.1 : Distribution mondiale de la brucellose caprine. Les pays colorés en bleu indiquent les pays dans lesquels la brucellose caprine, humaine, bovine ou ovine, dues à une infection à *B. melitensis* ont été signalées au cours des dernières années (2005 à ce jour). Les pays en gris indiquent que la maladie n'est pas présente ou que son statut est inconnu (Rossetti et al., 2017).

1.1.1. En Amérique :

Brucella melitensis a probablement été introduite vers le XVI^e siècle, via les chèvres et les moutons infectés des conquérants espagnols et portugais (Peirera et Amorim, 2010).

Aujourd'hui, *B. melitensis* est endémique dans certaines régions du Mexique, du Pérou et de l'Argentine (Benkirane, 2006), et a également été signalé dans l'Équateur et Venezuela (Poulsen et al., 2014 ; Javitt et al., 2008)

La brucellose caprine est apparemment absente en Amérique centrale, en Bolivie, au Paraguay et au Brésil, bien que cette situation épidémiologique ne soit pas confirmée (OIE, 2009).

Les troupeaux de chèvres provenant des États-Unis, du Canada, de Colombie, du Chili et d'Uruguay sont indemnes d'infection par *B. melitensis*, et les cas humains dans ces pays sont

clairement associés à des voyageurs internationaux ou à des aliments infectés importés de régions endémiques (**Pappas et al., 2006**).

1.1.2. En Europe :

Malgré les grands efforts communs d'élimination de *B. melitensis* des troupeaux de chèvres en Europe, la maladie est toujours présente au Portugal, en Espagne, en France, en Italie, dans les Balkans, en Bulgarie et en Grèce. Les pays d'Europe du Nord et d'Europe centrale comme le Royaume-Uni, la Belgique, les Pays-Bas, le Danemark, l'Allemagne, l'Autriche, la Suisse, la République tchèque, la Hongrie, la Pologne, la Roumanie, la Suède, la Norvège et la Finlande, entre autres, sont officiellement indemnes de la maladie (**OIE, 2009**).

1.1.3. En Asie :

En Asie, la brucellose est largement répandue. À l'exception du Japon et la Corée du Sud, où la maladie n'a jamais été signalée.

La brucellose caprine est officiellement reconnue dans plusieurs pays du continent, tels que la Turquie, la Jordanie, l'Irak, l'Iran, l'Arménie, la Géorgie et l'Afghanistan ainsi que la Russie et la Mongolie. Elle est endémique dans des pays comme la Syrie, le Liban, l'Inde, la Chine, l'Indonésie, le Myanmar, etc., où aucune information publique n'est disponible. (**Gwida et al., 2010 ; OIE, 2009 ; Benkirane 2006**).

1.1.4. En Afrique :

En Afrique, la brucellose caprine est endémique dans les pays méditerranéens tels que le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Libye et l'Égypte, ainsi que dans les pays situés à l'est du continent, tels que le Soudan, l'Érythrée, l'Éthiopie, la Somalie, le Kenya, et en Tanzanie. Malheureusement, aucune information n'est disponible des pays d'Afrique centrale et occidentale comme le Tchad, le Congo, l'Angola, la Zambie, le Cameroun, le Mali, la Côte d'Ivoire, la Guinée et le Sénégal, entre autres, où les chèvres sont abondantes (**OIE, 2012**).

1.2. Brucellose caprine en Algérie :

Les premières études réalisées en Algérie sur la brucellose animale remontent à 1907, l'année où elle a été rapportée chez les chèvres maltaises importées. De ce fait un arrêté interdisant leur importation a été mis en place (**Sergent et al., 1908**).

Depuis, on ne retrouve plus d'études sur les caprins en Algérie jusqu'en 1984, où une tempête d'avortement alarmante s'est produite à Ghardaïa, par conséquent, plus de 600 cas de brucellose

humaine ont été rapportés en liaison avec cette épizootie (**Lounes, 2016 ; Benkirane, 2006 ; Cherif et al., 1986**).

Suite à cette épidémie, un programme de dépistage de la brucellose a été lancé par le ministère de l'agriculture dans la région de sud, concernant 3000 caprins et révélant un taux d'infection de 20% (**Lounes, 2016 ; Cherif et al., 1986**).

Après l'instauration d'importantes mesures de prophylaxie au sein des populations, le taux d'infection a baissé jusqu'à atteindre 6% en 1987, et 2.28% et 1.39% suite à deux études effectués en 1989 (**Cherif, 1990**).

Un programme national pluriannuel de lutte contre la brucellose a été lancé par les services vétérinaires en 1995, il est basé sur la prophylaxie sanitaire par des opérations de dépistage et de contrôle du cheptel et sur des opérations de police sanitaire (**Lounes, 2009 ; DSV, 2005**).

En 2002, les services vétérinaires ont mené une enquête, pour estimer la prévalence de la brucellose caprine et ovine, sept ans après le début du programme dépistage/abattage. Les résultats ont montré un caractère endémique de la maladie en Algérie, avec une prévalence nationale de 5,68%, et une prévalence supérieure à 10% dans la région des steppes (**DSV2014**). En conséquence, et dans le cadre de la stratégie de contrôle et de prévention de cette zoonose, l'état algérien a adopté en 2006, une nouvelle approche prophylactique consistant à vacciner les petits ruminants par le vaccin rev1, dans les wilayas à forte prévalence notamment : Tébessa, Biskra, Msila, Laghouat, kenchela, Djelfa et Ghardaïa (**DSV, 2007**). En 2008, six autres wilayas sont concernées : Saida, El Bayadh, Tiaret, Batna, Oum El Bouaghi et Médéa (**DSV, 2008**). En 2010, cette campagne de vaccination a été élargie à 19 wilayas en ajoutant : Tlemcen, Naama, Sidi Bel Abès, el oued, Souk Ahras, Tissemsilt (**DSV, 2010**). En 2011 trois autres wilayas ont été ajoutées : Bechar, Relizane et Ain Defla (**DSV, 2011**).

L'application du programme de prophylaxie sanitaire (dépistage/abattage) a été maintenu dans le reste des wilayas non concernées par la vaccination (**Lounes, 2016 ; DSV, 2010**).

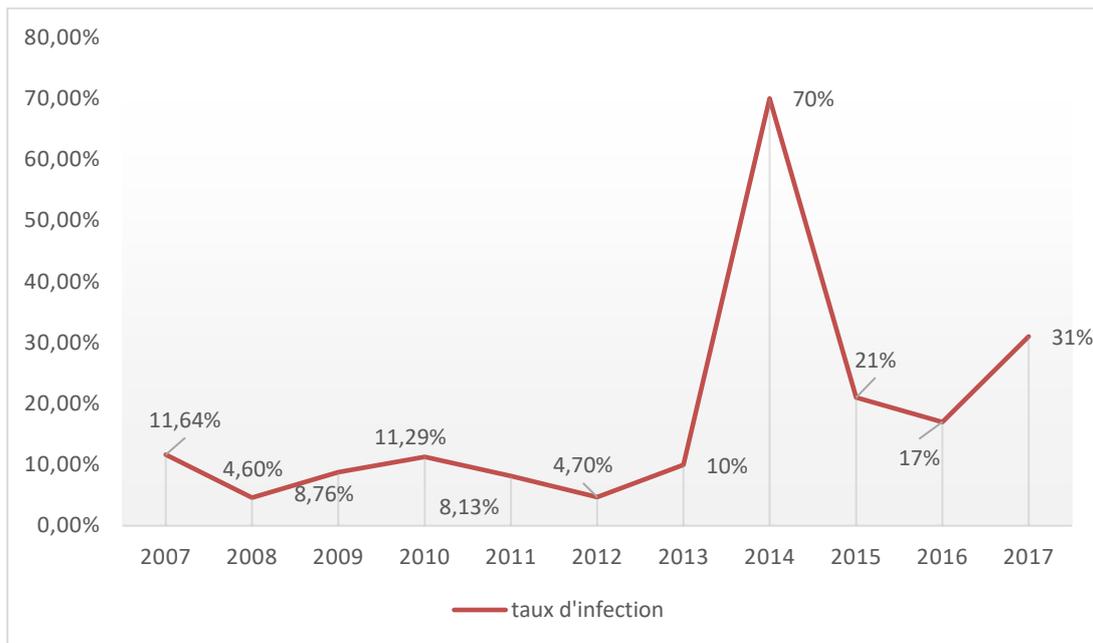


Fig. 5.2: Taux d'infection des caprins en Algérie durant la décennie de 2007 à 2017 (DSV, 2018).

Durant la décennie de 2007 à 2017, le taux d'infection des caprins est resté important et instable avec un pic d'infection de 70% en 2014 pour 486 exploitations dépistées (DSV, 2018).

2. Epidémiologie analytique

2.1. Source d'infection

Dans un troupeau d'animaux sains, la principale source d'infection est l'introduction d'un animal infecté excréteur de *B. melitensis* soit par voie génitale ou/et dans le lait (Constable et al., 2016).

L'excrétion peut se faire aussi dans l'urine et les fèces d'animaux infectés (Smith et Sherman 2009, Alton et al., 1984).

a) Excrétion par voie génitale

Les animaux sont exposés à l'infection par le grand nombre de bactéries excrétées dans les produits d'avortement, le fœtus, le placenta et les sécrétions vaginales des femelles infectées (Diaz, 2013 ; Blasco, 2010 ; Smith et Sherman, 2009 ; Alton et al., 1984). L'excrétion dans le sperme est possible, mais la transmission vénérienne de *B. melitensis* est rare (Mekkonen, 2015).

b) Excrétion dans le lait

La majorité des chèvres infectées pendant la gestation excréteront l'organisme, lors de la lactation suivante, alors que d'autres l'excréteront dans toutes les futures lactations (Constable et al., 2016).

2.2. Mode de transmission

La transmission entre animaux peut être directe, de manière horizontale et verticale, ou indirecte à partir de l'environnement.

Lorsqu'il n'y a pas d'avortement, la contamination verticale peut se faire in utero ou lors d'ingestion du colostrum et du lait contaminé, par les nouveau-nés induisant une infection latente (**Constable et al., 2016 ; Diaz, 2013 ; Grillo et al., 1997**).

La transmission horizontale se produit par ingestion d'aliments contaminés, pénétration cutanée, via la conjonctive, par inhalation, et contamination de la mamelle pendant la traite ou en léchant les matières fécales d'un animal, d'un veau nouveau-né ou d'une membrane fœtale (**Mekkonen, 2015 ; Radostits et al., 2000**).

La bactérie a la capacité de survivre plusieurs mois à l'extérieur, en particulier par temps froid et humide, où elle reste contagieuse pour les autres animaux, principalement par ingestion (**Diaz, 2013 ; Blasco, 2010**).

L'homme est souvent infecté par contact direct avec des animaux infectés ou par consommation de lait cru infecté ou de produits laitiers non pasteurisés comme les fromages à pâte molle de chèvre (**Megid et al., 2010 ; Corbel, 2006 ; Acha et Szyfres, 2005**).

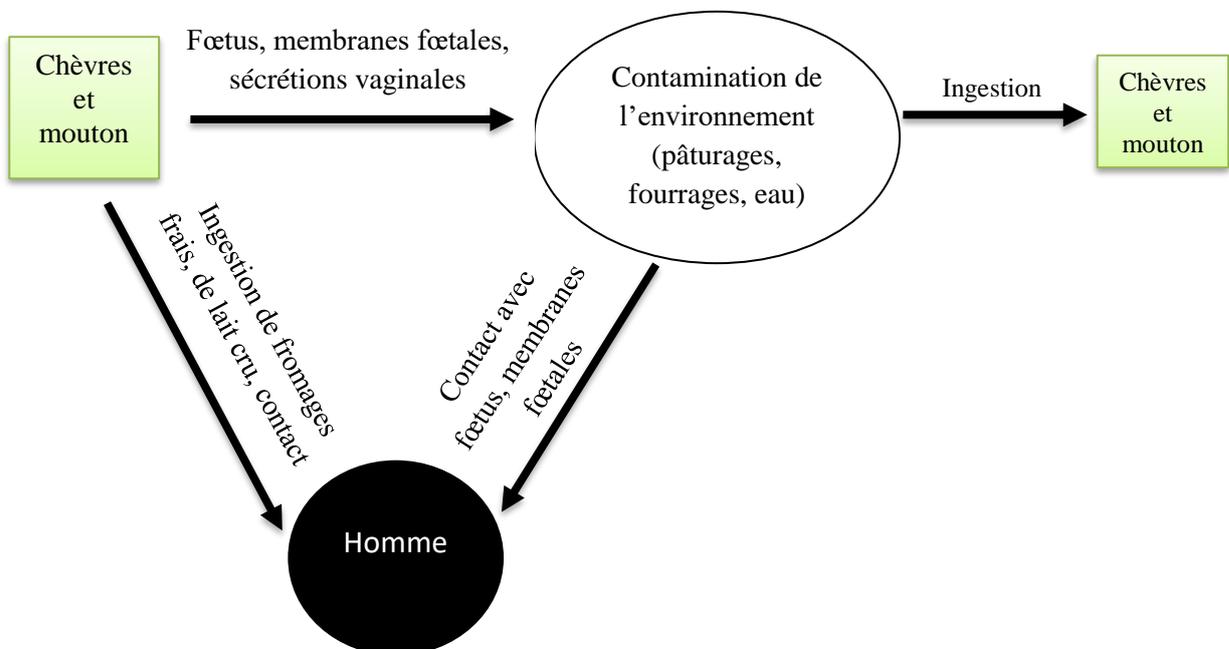


Fig. 5. 3 : brucellose ovine et caprine : mode de transmission (**Acha et Szyfres, 2005**).

2.3. Voies de pénétration :

L'infection des caprins se produit principalement par :

- ❖ Voie aérienne : C'est la voie principale de pénétration, elle se fait via le nasopharynx (**Grillo et al., 1997 ; megid, 2010**), par inhalation d'aérosols contaminés (**Acha et Szyfres, 2005**).
- ❖ Voie orale : par ingestion des microorganismes contenus dans l'herbe, le fourrage, ou l'eau de boisson, ainsi par le léchage d'avorton et ses produits contaminés (**Acha et Szyfres, 2005**).
- ❖ Voie cutanée : via les abrasions de la peau, (**Smith et Sherman, 2009 ; Godfroid et al., 2005**) et même lorsque la peau est intacte, mais l'importance de cette voie de pénétration dans l'infection naturelle est inconnue (**Acha et Szyfres, 2005**).
- ❖ Voie conjonctivale : les germes traversent facilement la muqueuse conjonctivale, lors de projection de gouttelettes virulentes (**Ganière, 1990**)

3. Epidémiologie synthétique :

- Les échanges commerciaux, le prêt des boucs, et surtout la transhumance jouent un rôle important dans la contamination des cheptels indemnes.

- Les séjours des animaux dans des pâtures ou des bergeries contaminées sont également à incriminer.

- Classiquement, en milieu initialement indemne, la maladie se caractérise par des avortements nombreux la première année. Les avortements deviennent rares l'année suivante disparaissent ensuite. En réalité, l'infection persiste, expliquant la réapparition des avortements au bout de quelques années en raison de l'augmentation du nombre des animaux sensibles que constituent les générations de remplacement et donnant ainsi un aspect cyclique à la maladie.

- Dans les régions anciennement infectées (cas des régions méditerranéennes), la brucellose évolutive accompagnée d'avortements est remplacée peu à peu par une brucellose latente, sans symptomatologie perceptible ou révélée par des avortements isolés ou survenant par petites flambées cycliques (**Ganière, 2004**).

Chapitre VI : Diagnostic

1. Diagnostic clinique

Le principal signe de suspicion de la brucellose animale est l'avortement (**Ganière, 2004**).

Dans les infections expérimentales, une réaction systémique se produit avec fièvre, dépression, perte de poids et parfois diarrhée. Ces signes peuvent également se produire lors d'infections naturelles aiguës chez les chèvres et elles s'accompagnent de mammites, de boiteries et d'hygromas ; cependant, ils sont rares dans la maladie naturelle et leur apparition dans la maladie expérimentale reflète une très forte dose.

Dans de nombreux cas, l'infection à *B. melitensis* atteint une incidence élevée chez un groupe d'animaux sans signes évidents de maladie, et sa présence peut être indiquée en premier lieu par l'apparition de la maladie chez l'homme infecté par le troupeau (**constable et al.,2016**).

En réalité, les signes de la brucellose ne sont pas pathognomoniques chez les animaux, seul un recours au laboratoire permet un diagnostic de certitude de brucellose (**Godfroid et al., 2013 ; Ganière, 2004**).

2. Diagnostic différentiel

Les avortements brucelliques sont à différentier des avortements d'origine nutritionnelle (toxémie de gestation...), avortements d'origine infectieuse (chlamyphilose, salmonellose, fièvre Q, listériose, campylobactériose, mycoplasmosse, leptospirose...), avortements d'origine parasitaire (toxoplasmose...) (**Ganiere, 2004**).

3. Diagnostic expérimental

3.1. Diagnostic expérimental direct ou Bactériologique

3.1.1. Isolement

Le diagnostic bactériologique de *B. melitensis* peut être réalisé au moyen de l'examen microscopique de frottis colorés prélevés par écouvillonnage vaginal ou à partir des placentas ou des fœtus avortés (méthode de Stamp). Cependant, l'isolement de *B. melitensis* sur un milieu de culture approprié est recommandé pour un diagnostic précis. L'excrétion vaginale de *B. melitensis* est généralement abondante et persiste plusieurs semaines après l'avortement (**Alton,1990**), tout comme l'infection du pis. Ainsi, le prélèvement par écouvillonnage vaginale et d'échantillons de lait constitue le meilleur moyen afin d'isoler *B. melitensis* chez les ovins et les caprins.

La rate et les ganglions lymphatiques (iliaques, supramammaires et pré-fémoral) sont les meilleurs sites pour obtenir des échantillons lors de l'examen post mortem (**Marin et al.,1996 ; Samadi et al., 2010**).

B. melitensis peut être isolé sur un milieu solide ordinaire dans des conditions d'aérobie à 37°C, mais en raison de la prolifération de contaminants généralement présents dans les échantillons de terrain, des milieux sélectifs sont nécessairement utilisés (**Garin-Bastuji et Blasco, 2004 ; Alton, 1988**).

❖ Le milieu sélectif Farrell

Malgré l'inhibition de la plupart des micro-organismes contaminants, l'acide nalidixique et la bacitracine, contenus dans ce milieu, ont des effets inhibiteurs sur certaines souches de *B. melitensis* (**Miguel et al.,2011 ; Samadi et al., 2010**).

❖ Le milieu modifié de Thayer-Martin

Il est adéquat pour toutes les espèces de *Brucella* mais n'inhibe que partiellement les micro-organismes contaminants (**Godfroid et al.,2013 ; Miguel et al.,2011**).

Le taux d'isolement augmente considérablement avec l'utilisation simultanée des milieux Farrell et le milieu modifié de Thayer-Martin (**Godfroid, 2013 ; Miguel et al., 2011 ; Marin et al., 1996**).

Des colonies visibles peuvent apparaître après trois à quatre jours, mais les cultures ne peuvent être considérées négatives qu'après sept jours d'incubation. L'identification présomptive de *Brucella* spp est réalisée par analyse de la morphologie coloniale, de la coloration de Gram et des tests de catalase, oxydase et uréase.

L'identification de l'espèce de *Brucella* mise en évidence se fait grâce à de nombreux tests comme l'action des phages, la production de H₂S et l'agglutination par les sérums anti-M et anti-A pour déterminer toutes les caractéristiques de la souche en présence (**Godfroid et al.,2013 ; Alton 1988**).

3.1.2. Polymerase chain reaction (PCR)

Depuis que la PCR a été introduite pour la première fois en 1987, les chercheurs ont fait d'excellents progrès dans la mise au point de tests de qualité basés sur la PCR pour *Brucella* (**Samadi et al.,2010**).

L'extraction d'ADN peut se faire à partir de différents échantillons de sang, sérum, sperme, tissus du nouveau née ou avorton, lait et fromage (**Nielsen et Yu, 2010**).

A partir du prélèvement, la sensibilité de la PCR est variable selon les études (50 à 100%) et la spécificité est comprise entre 60 et 98%.

Ces variations sont classiquement dues aux différentes méthodes d'extraction, des méthodes de détection et du type de prélèvement (**Lavigne et O'Callaghan, 2011**).

3.2. Diagnostic expérimental indirect

3.2.1. Diagnostic sérologique

Les tests sérologiques peuvent être divisés en deux groupes : les tests de dépistage et les tests de confirmation. Certains tests de dépistage sont utilisés dans les cliniques de terrain ou dans des laboratoires régionaux, tels que le test du rose Bengale et le test ELISA indirect qui est également utilisé pour le dépistage du lait et du sérum.

Les tests de confirmation comprennent des tests comme : la fixation du complément (FC) et ELISA par compétition (**FAO, 2003**).

Chez les petits ruminants, l'épreuve du Rose Bengale (RB) ou appelée aussi Epreuve à l'Antigène Tamponné (EAT) et le test de fixation du complément sont les méthodes les plus largement utilisées pour le diagnostic sérologique de la brucellose (**Constable et al.,2016 ; Garrin-Bastuji et al.,1998 ; Alton,1990**).

3.2.1.1. L'Epreuve à l'Antigène Tamponné (EAT)

L'EAT a été développée pour le diagnostic de la brucellose bovine (**Garrin-Bastuji et al.,1998 ; Alton 1990**) mais il est internationalement recommandé pour le dépistage de la brucellose chez les petits ruminants (**OIE, 2018 ; Garin-Bastuji et Blasco, 2004**).

C'est une méthode de criblage rapide (5 à 10 min) par agglutination sur lame ou une carte à usage unique (**Lavigne et O'Callaghan, 2011**), en utilisant le sérum non dilué et une suspension en milieu acide et tamponné de *B. abortus* (souches 99 de *Brucella abortus*) inactivées et colorées au rose Bengale. Après avoir bien mélangé le sérum et l'antigène, l'agglutination doit être visible dans les 4-8 minutes qui suivent l'application de l'EAT (**Nielson et Yu,2010**).

L'EAT détecte les anticorps sériques dirigés contre le LPS, produits dès les premières phases de l'infection, les anticorps IgM principalement, mais également les IgG1 (**Ganière et al., 2010**). Une incubation prolongée peut parfois entraîner de fausses réactions, souvent dues à la formation de caillots de fibrine. Le pH acide diminue l'agglutination par les IgM mais augmente l'agglutination par les IgG1, réduisant ainsi les réactions croisées (**Mekonnen,2015 ; Nielson et Yu,2010**)

Les conditions standardisées du rose bengale semblent convenir au diagnostic d'infection à *B. abortus* chez les bovins (**Garrin-Bastuji et al., 2004, 1998 ; MacMillan, 1990**). Par contre la sensibilité de certains antigènes commerciaux est relativement faible pour le diagnostic de la brucellose chez les ovins et les caprins (**Garrin-Bastuji et al.,1998**).

De plus, le fait qu'un grand nombre d'ovins et de caprins appartenant à des zones infectées par *B. melitensis* donnent des résultats négatifs dans l'EAT, mais positifs dans les FC, remet sérieusement en question l'efficacité de l'utilisation de l'EAT comme test individuel chez les petits ruminants (**samadi et al., 2015**).

Il est recommandé d'augmenter la sensibilité de l'EAT en utilisant 75–90 µl de sérum au lieu de 25–30 µl et en même temps maintenir le même volume d'antigène (25–30 µl) à la place d'un volume égal de chaque. Cette simple modification augmente significativement la sensibilité sans affecter la spécificité et réduit la fréquence de discordances de résultats entre EAT et FC (**OIE, 2018 ; Samadi et al., 2015 ; OIE,2005 ; Ferreira et al.,2003**).

3.2.1.2. Fixation du complément (FC)

C'est une technique compliquée à réaliser et qui demande un équipement de laboratoire sophistiqué et une équipe bien formée (**Corbel, 2006**). Par contre, c'est une technique efficace et très utilisée chez les petits ruminants (**Alton, 1990**).

La sensibilité de la FC est la même que celles de RB et l'ELISA indirecte. Cependant, sur le terrain, la sensibilité du test de FC est légèrement inférieure (88,6%) à celle des tests RB (92,1%) et de l'ELISA indirecte (100%) pour le diagnostic de l'infection à *B. melitensis* chez les petits ruminants. Par conséquent, bien que la sensibilité de RB soit suffisante, l'EAT et la FC doivent être utilisés ensemble pour augmenter le taux de détection des animaux infectés et d'améliorer le contrôle de l'infection (**Garrin-Bastuji et al.,1998**).

En outre, la FC présente un inconvénient important : sa faible spécificité chez les petits ruminants car elle ne fait pas la différence entre l'infection et le vaccin (Rev-1) administré par voie sous-cutanée contrairement à la vaccination par voie conjonctive où le problème de ces interférences est considérablement réduit (**Blasco et al., 1997**).

3.2.1.3. Enzyme-linked Immunosorbent Assays (ELISA)

De bons résultats de diagnostic ont été obtenus chez les caprins ainsi que chez les ovins avec l'ELISA indirecte ou, dans une moindre mesure, avec ELISA par compétition en utilisant divers antigènes.

Ces tests ELISA offrent une sensibilité similaire ou meilleure que celle de l'EAT et la FC mais comme les tests classiques, ils ne permettent pas de différencier les animaux infectés des animaux récemment vaccinés avec le vaccin Rev-1 (**Ferreira et al., 2003**)

Cependant, l'association de la vaccination conjonctivale et la présence d'un intervalle après la vaccination minimisent ou éliminent les problèmes de spécificité (**Garrin-Bastuji et al., 2006**).

Test de polarisation de fluorescence (Fluorescence polarisation assay (FPA))

C'est une technique simple, rapide et homogène, qui consiste à mesurer l'interaction antigène / anticorps (OIE, 2018).

Ce test, déjà considéré comme un test officiel par l'OIE pour le diagnostic de la brucellose bovine, est en cours d'évaluation chez les ovins et les caprins (**Samadi et al., 2010 ; Garrin-Bastuji, 2006**).

3.2.2. L'épreuve cutanée allergique (ECA)

Avec sa sensibilité élevée et, en l'absence de vaccination, ce test est considéré comme l'un des tests de diagnostic les plus spécifiques.

Il consiste à utiliser 50 mg de brucelline INRA, riche en protéines, dépourvu de LPS, et préparée à partir d'une souche de *B. melitensis* (B 115). Les sites d'injection chez les chèvres sont le cou ou le sillon caudal et les réactions étant lues au bout de 48 heures (**Constable et al., 2016**).

Malgré sa forte sensibilité, tous les animaux infectés ne montrent pas de réactions positives, de plus, les animaux vaccinés avec Rev-1 peuvent réagir pendant des années.

La méthode considérée comme plus efficace et plus pratique pour les petits ruminants est l'inoculation sous-cutanée dans la paupière inférieure avec lecture 48 h après l'inoculation (**Garrin-Bastuji et al., 2006**).

Chapitre VII : Prophylaxie

Dans de nombreux pays, les méthodes de control de la brucellose sont soutenues par une réglementation / législation gouvernementale. Dans d'autres, aucune autorité n'existe. Par conséquent, les procédures de gestion des troupeaux infectés peuvent varier considérablement (**Corbel et al., 2006**).

1. Prophylaxie sanitaire

Il est presque toujours plus économique et pratique de prévenir les maladies que d'essayer de les contrôler ou de les éliminer.

Pour la brucellose, les mesures de prévention comprennent (**Corbel et al.,2006**) :

- La sélection rigoureuse des animaux de remplacement. Ceux-ci, qu'ils soient achetés ou produits à partir de stocks existants, doivent provenir de troupeaux exempts de *Brucella*. Des tests préalables à l'achat sont nécessaires, sauf si les remplaçants proviennent de populations situées dans des zones géographiques délimitées et réputées indemnes de la maladie.
- L'isolement des remplaçants achetés pendant au moins 30 jours. En outre, un test sérologique préalable au mélange est nécessaire.
- Eviter les contacts et le mélange avec les animaux issus de troupeaux à statut inconnu ou atteints de brucellose.
- Si possible, diagnostiquer la cause d'avortements, de naissances prématurées ou d'autres signes cliniques. Les animaux suspects doivent être isolés jusqu'à ce qu'un diagnostic puisse être posé.
- Les troupeaux devraient être inclus dans les mesures de surveillance, telles que le dépistage par les tests sérologiques comme le Rose Bengale Test.
- Élimination appropriée (enfouissement ou brûlage) du placenta et des fœtus non viables. La désinfection des zones contaminées doit être effectuée à fond.
- Coopération avec les autorités de santé publique pour enquêter sur des cas humains. La brucellose animale, en particulier lorsqu'elle est causée par *B. melitensis*, peut souvent être identifiée par le biais d'enquêtes sur des cas humains.

2. Prophylaxie médicale

La vaccination

Le vaccin *Brucella melitensis* Rev. 1 est le vaccin le plus largement utilisé pour la prévention de la brucellose chez les petits ruminants et demeure le vaccin de référence auquel tout autre vaccin doit être comparé (OIE, 2018 ; 2005).

Utilisé sous forme de suspension lyophilisée de souche Rev.1 vivante de *B. melitensis* biovar 1, ce vaccin doit être administré aux animaux âgés de 3 à 5 mois en une seule injection sous-cutanée ou conjonctivale (OIE,2018).

Dans la plupart des cas, les animaux vaccinés produisent des anticorps fixant le complément qui disparaissent 6 à 8 semaines après la vaccination, Pour cette raison, Rev-1 est utilisé uniquement chez les jeunes animaux avant qu'ils atteignent leurs âges adultes pour minimiser les interférences avec les épreuves sérologiques de dépistage (Samadi et al., 2010 ; Fensterbank, 1985).

La dose standard se situe entre $0,5 \times 10^9$ et $2,0 \times 10^9$ organismes viables. Les doses réduites confèrent une protection nettement inférieure aux doses standard et ne doivent pas être recommandées pour la vaccination des caprins (OIE, 2018)

La vaccination par voie sous-cutanée induit de fortes interférences avec les épreuves sérologiques et ne doit pas être recommandée dans les programmes combinés d'éradication. Cependant, lorsque ce vaccin est administré par voie conjonctivale à dose standard, il induit une protection similaire sans réponse anticorps persistante, ce qui facilite l'application de programmes d'éradication associés avec la vaccination (OIE, 2005).

Quelle que soit la dose ou la voie d'administration, le vaccin Rev.1 peut induire des avortements et une excrétion dans le lait lorsque les animaux sont vaccinés pendant la gestation (Blasco,1997). Ces effets secondaires sont considérablement réduits lorsque les animaux adultes sont vaccinés par voie conjonctivale (à dose normale), avant le rut ou durant le dernier mois de gestation. Ainsi, lorsque la vaccination de masse constitue le seul moyen de contrôler la maladie, la campagne de vaccination doit être organisée avec la dose normale de Rev.1 administrée par voie conjonctivale et au moment où les animaux sont non gestants (OIE, 2018 ; 2005 ; Blasco, 1997).

Durée de l'immunité

Il est admis que la vaccination par une dose standard de vaccin Rev.1, par voie sous-cutanée ou conjonctivale, confère une immunité solide et durable aux ovins et aux caprins. Cependant, l'expérience accumulée sur le terrain montre que cette immunité décline avec le temps et qu'il est raisonnable d'envisager une revaccination dans les zones d'enzootie (OIE,2005).

3. Stratégie de lutte

La stratégie de lutte comprend (Corbel et al., 2006)

❖ Assainissement des troupeaux infectés (dépistage/abattage)

Il n'y a aucun signe pathognomonique de la brucellose chez les animaux au niveau individuel ; la survenue de tempêtes d'avortement dans des troupeaux naïfs est généralement un indicateur fort de l'infection. Par conséquent, les tests sérologiques (et parfois allergiques) constituent la méthode habituelle d'identification des animaux potentiellement infectés.

La décision d'abattage des animaux séropositifs est prise, après avoir pris en compte les facteurs réglementaires, économiques et de prévalence. Dans la plupart des cas, le dépistage/abattage des animaux positifs ne permet pas de réduire l'incidence que lorsque l'infection à *B. melitensis* a été récemment introduite dans une zone préalablement non infectée ou si la prévalence du troupeau est très faible (par exemple 2%).

L'abattage immédiat des animaux dont le test est positif est coûteux et nécessite la coopération du propriétaire de l'animal. Une compensation est généralement nécessaire.

En outre, il est peu probable que l'application de politiques de dépistage/abattage soit efficace dans le cas de la brucellose des ovins et des caprins où les tests de diagnostic sont moins fiables que chez les bovins. Des tests répétés sur les troupeaux sont nécessaires pour réduire encore l'incidence de la brucellose et confirmer l'élimination.

❖ Le control du mouvement des animaux

Les animaux doivent être identifiés individuellement par leur marque, leur tatouage ou leur étiquette d'oreille.

La vente ou le déplacement non autorisés d'animaux d'une zone infectée vers d'autres zones devraient être interdits. De même, les importations dans des zones propres doivent être limitées aux animaux provenant de zones exemptes de brucellose, ayant des antécédents de non-maladie et ayant donné des réactions négatives aux tests de diagnostic récemment effectués.

En pratique, il est beaucoup plus difficile de contrôler le mouvement des petits ruminants élevés dans des élevages extensifs ou semi- extensifs que celui des bovins de boucherie ou laitiers élevés dans des conditions intensives. Les propriétaires de troupeaux peuvent être habitués aux migrations saisonnières (Transhumance) pouvant traverser les frontières nationales ce qui joue un

Rôle important dans la contamination des cheptels indemnes.

❖ L'hygiène

Tout programme de lutte, qu'il comporte ou non des vaccinations, doit viser à maintenir un niveau élevé d'hygiène du milieu et à réduire au minimum l'exposition à l'infection grâce à une série de mesures appropriées. Il comporte notamment : (**comité mixte FAO/OMS d'experts de la brucellose, 1970**)

- De veiller à ce que les locaux abritants les caprins soient aussi salubres que possible ;
- De séparer des autres animaux, les chèvres avortantes, d'éliminer hygiéniquement les produits d'avortement et de désinfecter les secteurs contaminés ;
- De prévoir des locaux isolés pour la parturition ;
- D'abattre et de séparer des autres, les animaux infectés ;
- D'enlever le plus tôt possible les chevreaux à leur mère pour les élever dans un milieu exempt de brucella.

Il est nécessaire d'expliquer à toutes les personnes concernées les raisons et les avantages du programme de lutte, en particulier les intérêts économiques durables et d'élimination d'un risque grave de la santé humaines, y compris pour la santé du fermier, de sa famille et les autres employés de ferme.

C'est ce travail qui constitue le but principal de l'éducation sanitaire dans les cadres de programme de lutte contre la brucellose. Parmi les autres tâches importantes de l'éducation sanitaire, figurent :

- La diffusion d'information sur les différentes phases de programme et sur les opérations en cours
- La motivation des propriétaires d'animaux, les personnes qui s'occupent des animaux, les employés de l'industrie alimentaire et du grand public afin qu'ils participent aux parties appropriées du programmes
- L'information des pouvoirs publics, des hommes politiques et des autres personnalités dirigeantes afin de s'assurer de leur soutien continu au programme.

La sensibilisation de la population au danger de la consommation de lait cru non pasteurisé et ses dérivés, qui constitue le principal mode de transmission de la brucellose humaine (**Corbel, 2006**).

4. Prophylaxie de la brucellose caprine en Algérie

Depuis 1995, une prophylaxie sanitaire basée sur le dépistage/abattage a été adoptée pour les petits ruminants (Voire réglementation en annexe)

Une enquête a été réalisée par la direction des services vétérinaires durant l'année 2000-2001 pour évaluer la séroprévalence de cette maladie chez les petits ruminants dans les zones d'élevages notamment à Batna, Biskra, Khenchela, M'sila, Adrar, Djelfa, Ghardaïa, Laghouat, El-Bayadh, Naâma, Saïda, Tiaret, Tlemcen et El Oued. Une prévalence de 9,58% a été enregistrée chez les caprins **(DSV,2002)**.

Face à cette situation, un nouvel plan de lutte a été mis en place en 2006 par les services vétérinaires basé sur une prophylaxie médicale avec une vaccination de masse des petits ruminants par le vaccin Rev1, dans les wilayas à fortes prévalence notamment Tébessa, Biskra, M'sila, Laghouat, Khenchla, Djelfa et Ghardaïa **(DSV,2007)**.

En 2008, six autres wilayas sont concernées : Saïda, El Bayadh, Tiaret, Batna, Oum El Bouaghi et Médéa **(DSV,2008)**.

En 2010, la campagne de vaccination a été élargie à 19 wilayas en ajoutant Tlemcen, naâma, Sidi Belabes, el oued, Souk-Ahras, Tissemsilt **(DSV,2010)**.

En 2011, trois autres wilayas sont incriminées : Bechar, Relizane et Ain Defla **(DSV, 2011)**.

Partie expérimentale

Partie expérimentale

I. Objectif de l'étude

Notre étude avait pour objectif principal d'évaluer la séroprévalence de la brucellose caprine dans la subdivision d'El Kseur.

II. Matériels et méthodes

1. La région d'étude

Nous avons réalisé notre étude dans la wilaya de Bejaia, qui est située au nord-est du pays sur sa côte méditerranéenne. Elle est divisée administrativement en 19 daïras et 52 communes. Pour notre enquête, nous avons ciblé la daïra d'El Kseur (subdivision d'El-Kseur). Elle regroupe communes : El-Kseur, Toudja et Fénaia Imaten. Notre étude a concerné les deux communes d'El-Kseur et Toudja.

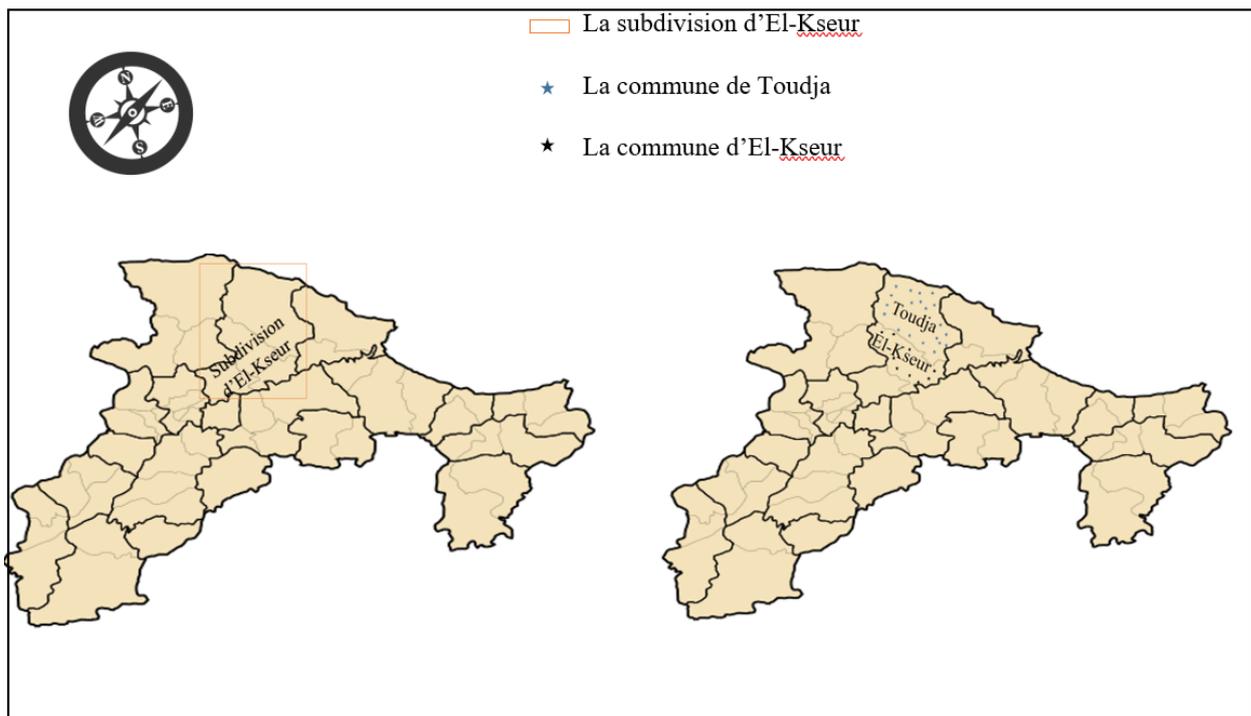


Figure 1 : cartes géographiques représentant les deux communes étudiées de la wilaya de Bejaia.

2. Echantillon et caractéristiques des animaux et des élevages étudiés

Nous avons pu réaliser des prélèvements dans les 2 communes : Toudja et El-kseur, en fonction de l'acceptation et la disponibilité des éleveurs. Nous avons prélevé 67 caprins provenant de 11 élevages, distribués sur les deux communes comme décrit dans le tableau 1.

Tableau 1 : Nombre d'élevages et d'animaux en fonction des communes

| Commune | Nombre d'élevages | Nombre d'animaux |
|--------------|-------------------|------------------|
| El-Kseur | 4 | 43 |
| Toudja | 7 | 24 |
| Total | 11 | 67 |

Nous avons pu étudier 67 caprins, dont 20 males et 47 femelles, âgés de 3 mois à 14 ans, 65 sont de race locale et 2 de race faux alpine. Toutes les femelles sont saillies naturellement par des boucs non empruntés, 14 d'entre elles sont gestantes, 2 ont présenté un avortement au 3^{ème} tiers de gestation.

Quatre de ces exploitations (36%) sont des élevages mixtes (présence d'autres espèces animales : ovins, bovins, lapins, volailles ...etc.) où il y a l'introduction de nouveaux animaux à statut sanitaire inconnu dans les quatre élevages.

Tous les élevages étudiés sont utilisés pour la production laitière familiale par contre ils ne sont soumis à aucun programme prophylactique contre la brucellose (ni dépistage, ni vaccination contre cette maladie).

3. Période d'étude

Notre étude s'est étalée durant la période allant de septembre 2018 jusqu'à mars 2019.

4. Prélèvements

Nous avons réalisé des prélèvements de sang, prélevés au niveau de la veine jugulaire, récoltés dans des tubes à hémolyse secs stériles, dans des conditions d'asepsie rigoureuses (désinfection par l'alcool, utilisation d'aiguilles stériles).

Les tubes ont été identifiés par une lettre et un numéro correspondants à chaque animal prélevé, puis ont été acheminés dans une glacière à 4°C, au laboratoire d'analyse à El-Kseur ou ils ont été centrifugés à 3000 tours/min pendant 10 min, afin de collecter les sérums.

Les sérums ont été conservés dans des eppendorfs, portant le même identifiant, à -20°C jusqu'à leur analyse.

5. Fiche de renseignements

Nous avons élaboré une fiche de renseignements qui accompagne obligatoirement chaque prélèvement. Elle contient des informations concernant l'élevage et les animaux prélevés (voir annexe).

6. Technique sérologique

Nous avons utilisé l'épreuve à l'antigène tamponné (EAT) ou test de rose Bengale (RBT) pour l'analyse sérologique. Nous avons testé les sérums avec le protocole standard décrit dans le kit, dans un premier temps, puis avec le protocole du rose Bengale modifié (décrit par OIE, 2018 ; Samadi, 2015 et Ferreira et *al.*, 2003), afin d'augmenter la sensibilité du test.

a. Intérêt clinique

La réaction à l'antigène rose Bengale permet le diagnostic sérologique des brucelloses due à *Brucella melitensis*, *Brucella abortus*, *Brucella ovis* ou *suis* par la détection des IgG, elle est utile au dépistage, au diagnostic, ainsi qu'à la surveillance de la brucellose (enquête épidémiologique).

b. Principe

La réaction à l'antigène au rose Bengale, ou antigène tamponné, est une réaction d'agglutination rapide utilisant comme suspension bactérienne, *Brucella abortus*, colorée au rose Bengale en milieu acide tamponné. La limite de sensibilité est de 25 UI/ml.

c. Matériel et réactifs

- Flacon d'antigène de rose Bengale (*Brucella* Rose Bengale® REF 93231 BIORAD)
- Support de réaction : plaques en plastique.
- Micropipettes à piston délivrant 30µl.
- Embouts en plastique à usage unique.
- Tiges en plastique pour mélanger.
- Minuteur.
- Gants en latex

d. Protocol opératoire

i) Protocole standard

Après mélange à parts égales d'antigène au rose Bengale ($30\mu\text{l}$) et de sérum ($30\mu\text{l}$), on observe l'apparition d'agglutinats colorés dans le cas de test positif.

➤ **Protocole opératoire (voir photos)**

- A l'aide d'une micropipette, déposer $30\mu\text{l}$ de sérum sur le support
- Ajouter $30\mu\text{l}$ de l'antigène rose Bengale
- Mélanger à l'aide d'une tige
- Agiter le mélange pendant 4 min
- Observer l'apparition d'une éventuelle agglutination

➤ **Résultat**

Test positif : présence d'agglutinats

Test négatif : absence d'agglutinats (voir photos)

ii) Protocol modifié

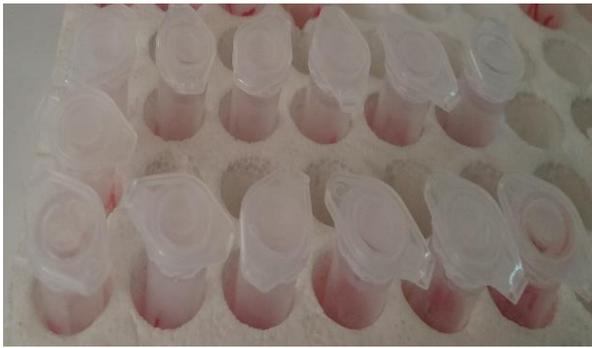
Le protocole modifié est préconisé pour augmenter la sensibilité du test, il prévoit le mélange de $25\mu\text{l}$ de l'antigène au rose Bengale et $75\mu\text{l}$ de sérum. Les étapes du mode opératoire sont les mêmes que celles du protocole standard.



Prélèvements



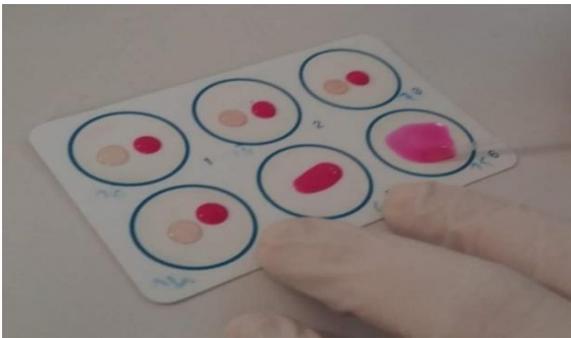
Centrifugation



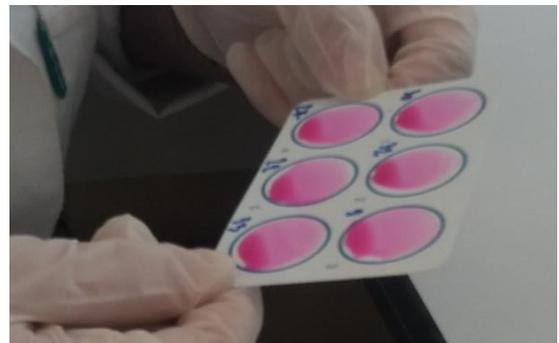
Sérums transvasés



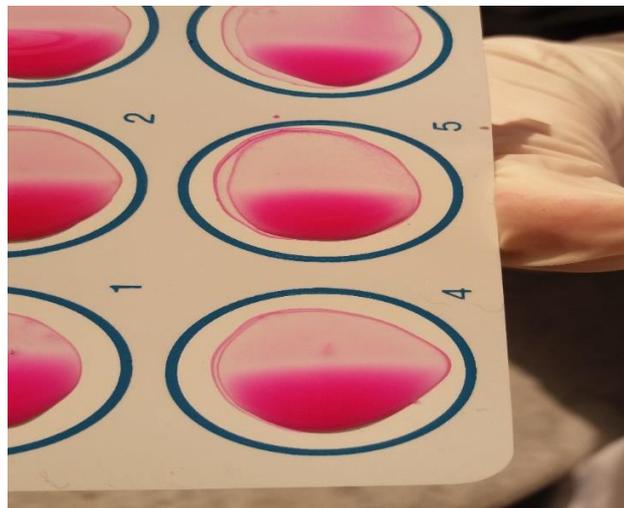
Dépôts de l'antigène et du sérum



Mélange des deux gouttes



agitation manuelle



Lecture à la lumière du jour

Figure 2 : les étapes de l'épreuve à l'antigène tamponné (Photos personnelles)



Résultat positif



Résultat négatif

Figure 3 : résultats du test (photos personnelles)

e. Laboratoire d'accueil

Nous avons réalisé notre analyse au sein du laboratoire de microbiologie préclinique à l'école nationale supérieure vétérinaire (ENSV).

7. Analyse statistique

a. Base de données

Toutes les données collectées grâce aux fiches de renseignement ont été saisies dans un classeur Excel pour constituer notre base de données, dans une base informatique classique (Excel, 2013).

b. Calcul de la prévalence

L'analyse descriptive a porté sur la détermination de la prévalence de la brucellose individuelle et la prévalence cheptel. Ainsi que le calcul de l'intervalle de confiance à 95% de confiance.

Nous avons calculé la prévalence individuelle et la prévalence cheptel, selon les formules suivantes :

$$\text{Prévalence individuelle} = \frac{\text{Nombre d'animaux positifs} \times 100}{\text{Nombre d'animaux testés}}$$

$$\text{Prévalence cheptel} = \frac{\text{Nombre d'élevages positifs} \times 100}{\text{Nombre d'élevages testés}}$$

Nombre d'élevages testés

c. Analyse des facteurs de risque :

La vérification et le traitement statistique des données sont effectués sur le logiciel XLSTAT version 7.1. Nous avons utilisé les tests non-paramétriques khi-deux d'homogénéité et d'indépendance. Un test est dit significatif au seuil de signification $p < 0.05$.

III. RESULTATS

1. Séroprévalence individuelle de la brucellose caprine

a. Résultats avec le protocole standard

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 2

Tableau 2 : Séroprévalence individuelle avec le protocole standard

| Communes | Nombre d'animaux testés | Nombre de positifs | Séroprévalence individuelle | Intervalle de confiance à 95% |
|--------------|-------------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| El-Kseur | 45 | 3 | 6,6% | [0,62-13,95]% |
| Toudja | 22 | 1 | 4,5% | [4,16-13,25]% |
| Total | 67 | 4 | 6% | [0,30-11,64]% |

Dans les deux communes étudiées de la subdivision d'El-Kseur, nous avons détecté 4 caprins séropositifs sur 67 testés, ce qui représente une séroprévalence individuelle de 6% IC 95% [0,30-11,64] %.

b. Résultats avec le protocole modifié

Les résultats retrouvés pour le protocole modifié sont représentés dans le tableau 3

Tableau 3 : séroprévalence individuelle avec le protocole modifié

| Communes | Nombre d'animaux testés | Nombre de positifs | Séroprévalence individuelle | Intervalle de confiance à 95% |
|--------------|-------------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| El-Kseur | 42* | 11 | 26,19% | [12,89-39,49]% |
| Toudja | 22 | 5 | 22,72% | [5,22-40,24]% |
| Total | 64 | 16 | 25% | [14,39-35,61]% |

* Quantité du sérum insuffisante pour 3 caprins lors de la réalisation du deuxième protocole.

Avec le protocole modifié du Rose Bengale, nous avons détecté 16 caprins positifs sur 64 testés, ce qui représente une séroprévalence individuelle de 25% IC 95% (intervalle de confiance).

2. Séroprévalence cheptel de la brucellose caprine

a. Résultats avec le protocole standard

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 4

Tableau 4 : séroprévalence cheptel avec le protocole standard

| Communes | Nombre d'élevages testés | Nombre de positifs | Séroprévalence cheptel | Intervalle de confiance |
|--------------|--------------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| El-Kseur | 5 | 1 | 20% | [15,06-55,06]% |
| Toudja | 6 | 1 | 16,66% | [13,15-46,49]% |
| Total | 11 | 2 | 18% | [4,61-40,97]% |

Sur les 11 élevages étudiés, nous avons détecté 2 foyers brucelliques avec le protocole standard, ce qui représente une séroprévalence cheptel de 18% IC 95% [4,61-40,97] %.

b. Résultats avec le protocole modifié

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 5

Tableau 5 : la séroprévalence cheptel avec le protocole modifié

| Communes | Nombre d'élevages testés | Nombre de positifs | Séroprévalence cheptel | Intervalle de confiance 95% |
|--------------|--------------------------|--------------------|------------------------|-----------------------------|
| El-Kseur | 5 | 3 | 60% | [17,06-1.029]% |
| Toudja | 6 | 2 | 33,33% | [4,39-0.71,05]% |
| Total | 11 | 5 | 45,45% | [16,03-74,88]% |

Sur les 11 élevages étudiés nous avons détecté 5 foyers brucelliques, avec le protocole modifié, ce qui représente une séroprévalence cheptel de 45,45% IC 95% [16,03-74,88] %.

c. Comparaison des deux protocoles étudiés

Nous avons comparé les résultats des deux protocoles utilisés dans notre étude dans le tableau 6

Tableau 6 : Comparaison des deux protocoles étudiés par le test X^2 d'indépendance.

| Rose Bengale | Nombre d'animaux testés | Nombre de positifs | Pourcentage | <i>P</i> |
|--------------|-------------------------|--------------------|-------------|----------|
| Standard | 67 | 4 | 6% | <i>S</i> |
| Modifié | 64 | 16 | 25% | |

$p=0,0025$; *S* : significatif

Le test de khi deux d'indépendance montre une différence très significative avec $p=0,0025$. Ce qui suggère que le protocole modifié détecte plus de positifs par rapport au protocole standard. Ce test modifié est donc 4 fois plus sensible dans notre étude. Le protocole modifié donne une sensibilité de 81%.

3. Distribution des cas de brucellose caprine par commune étudiée

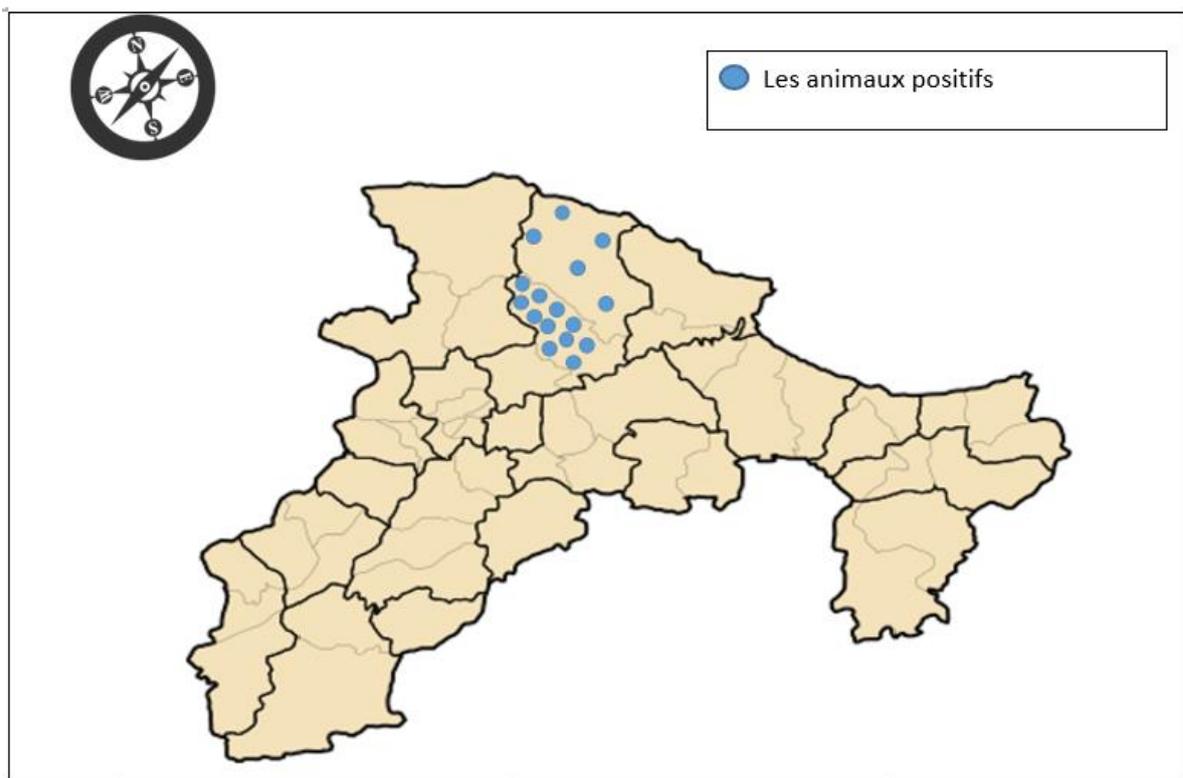


Figure 4 : Nombre d'animaux positifs par commune

Nous constatons que la commune d'El-Kseur présente plus d'animaux infectés (11) par rapport à la commune de Toudja qui présente que 5 animaux infectés.

4. Facteurs de variation de la séroprévalence individuelle :

Puisque le protocole modifié semble plus sensible, nous avons préféré présenter les résultats relatifs uniquement à ce test.

Nous avons étudié la variation du taux d'infection en fonction de quelques facteurs lié à l'animal.

a. Le sexe :

Tableau 7 : variation du taux d'infection en fonction du sexe

| Sexe | Nombre d'animaux testés | Nombre de positifs | Taux d'infection | P |
|-----------------|-------------------------|--------------------|------------------|----|
| Femelles | 45 | 11 | 24,44% | NS |
| Males | 19 | 5 | 26,31% | |
| Total | 64 | 16 | 25% | |

NS : Non significatif

Le seuil de signification calculé est $> 0,05$, la différence est donc non significative. Ce qui implique que le taux d'infection la brucellose ne varie pas en fonction du sexe dans notre étude.

b. L'âge :

Tableau 8: variation du taux d'infection en fonction d'âge.

| Age | Nombre d'animaux testés | Nombre de positifs | Taux d'infection | P |
|-------------------|-------------------------|--------------------|------------------|----|
| 3mois-2ans | 38 | 10 | 26,31% | NS |
| 3ans-14ans | 26 | 6 | 23,07% | |
| Total | 64 | 16 | 25% | |

NS : Non significatif

Le seuil de signification calculé est $> 0,05$, la différence est non significative entre les deux classes d'âge donc le taux d'infection ne varie pas en fonction de l'âge dans notre étude.

c. La gestation

Tableau 9 : variation du taux d'infection en fonction de la gestation

| Gestation | Nombre de femelles testées | Nombre de positives | Taux d'infection | P |
|--------------|----------------------------|---------------------|------------------|----|
| Oui | 13 | 4 | 30,76% | NS |
| Non | 32 | 7 | 21,87% | |
| Total | 45 | 11 | 24,44% | |

NS : Non significatif

Le seuil de signification calculé est $>0,05$, la différence est non significative entre les deux groupes de femelle gestante ou non, le taux d'infection ne varie pas en fonction de la gestation. Ce qui suggère que dans notre étude la gestation ne présente pas un facteur de sensibilité à la brucellose.

d. Avortement

Tableau 10 : variation du taux d'infection en fonction de la présence d'antécédents d'avortement

| Avortement | Nombre de femelles testées | Nombre de positives | Taux d'infection | Signification P |
|--------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Oui | 4 | 1 | 25% | NS |
| Non | 41 | 9 | 21,95% | |
| Total | 45 | 10 | 22,22% | |

NS : Non significatif

Le seuil de signification calculé est $>0,05$, la différence est non significative entre les deux groupes de femelle qui ont avorté ou non, donc le fait que les femelles ont avorté n'a pas influé leur statut d'animal infecté.

5. Facteurs de variation de la séroprévalence cheptel

Nous avons étudié la variation du taux d'infection en fonction également de quelques facteurs liés à la conduite de l'élevage. Pour ces paramètres le test statistique n'a pas pu être appliqué.

a. Mode d'élevage

Tableau 11 : variation du taux d'infection en fonction de mode d'élevage

| Mode d'élevage | Nombre d'élevages testés | Nombre de positifs | Taux d'infection |
|---------------------------|--------------------------|--------------------|------------------|
| Elevages intensifs | 3 | 1 | 33,33% |
| Elevages extensifs | 8 | 4 | 50% |
| Total | 11 | 5 | 45,45% |

Dans notre étude, on constate que la moitié des élevages en mode extensif sont positifs.

b. Type d'élevage

Tableau 12 : variation du taux d'infection en fonction de type d'élevage :

| Types d'élevage | Nombre d'élevages testés | Nombre de positifs | Taux d'infection |
|-------------------------|--------------------------|--------------------|------------------|
| Elevages mixtes | 4 | 3 | 75% |
| Elevages caprins | 7 | 2 | 28,6% |
| Total | 11 | 5 | 45,45% |

Le tableau 13 montre que $\frac{3}{4}$ des élevages mixtes sont positifs, et un peu plus d'un quart quand il s'agit d'élevage de caprins seuls.

c. Antécédent d'avortement

Tableau 13 : variation du taux d'infection en fonction d'avortement

| Avortement | Nombre d'élevages | Nombre de foyers | Taux d'infection |
|--------------|-------------------|------------------|------------------|
| Oui | 3 | 1 | 33,33% |
| Non | 8 | 4 | 50% |
| Total | 11 | 5 | 45,45% |

Nous constatons que 33,33% des élevages présentant des antécédents d'avortements sont séropositifs à la brucellose.

d. Introduction de nouveaux animaux

Tableau 14 : variation du taux d'infection en fonction d'introduction de nouveau animaux.

| Introduction de nouveau animaux | Nombre d'élevages | Nombre de foyers | Taux d'infection |
|--|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Oui | 1 | 1 | 100% |
| Non | 10 | 4 | 40% |
| Total | 11 | 5 | 45,45% |

Nous remarquons que le seul élevage qui a introduit de nouveaux animaux à statut sanitaire inconnu est positif, par contre 40% des élevages qui n'ont pas introduit de nouveaux animaux sont positifs.

IV. Discussion

La brucellose est une maladie infectieuse hautement contagieuse, dont l'impact économique sur le développement des industries animales est considérable. Elle représente une menace sérieuse pour la santé humaine puisqu'elle est considérée comme une zoonose majeure.

En Algérie, un programme national de lutte contre la brucellose a été lancé par les services vétérinaires en 1995, il est basé sur une prophylaxie sanitaire par des opérations de dépistage/ abattage (Lounes, 2009 ; DSV, 2005). Suite à ce programme, une prévalence nationale de la brucellose caprine, de 5,68% a été déclarée par la DSV (2002), et une prévalence supérieure à 10% a été estimée dans la région des steppes (DSV, 2014). Par conséquent, les autorités concernées ont adopté en 2006, une nouvelle approche prophylactique consistant à vacciner en masse les petits ruminants par le vaccin Rev1.

Durant la décennie de 2007 à 2017, le taux d'infection des caprins est resté important et instable avec une prévalence variant de 17% pour 674 exploitations visitées en 2016 et de 31% pour 216 exploitations visitées en 2017 (DSV, 2018).

En 2013, 5234 cas de brucellose humaine ont été enregistrés, avec une incidence annuelle de 15.2 par 100 000 habitants) (MSPRH, 2014).

Dans la présente étude, nous avons évalué la séroprévalence de la brucellose caprine dans la subdivision d'El Kseur, en particulier dans les deux communes : Toudja et El-Kseur, de la wilaya de Bejaia, durant la période allant de septembre 2018 jusqu'à mars 2019. Pour se faire, nous avons prélevé 67 caprins dans 11 élevages différents, dont 43 prélèvements provenant de 4 élevages de la commune d'El Kseur et 24 prélèvements dans 7 élevages de la commune de Toudja.

Notre population d'étude est composée de 20 males et 47 femelles, âgés de 3 mois à 14 ans, 65 sont de race locale et 2 de race fausse alpine. Quatre de ces exploitations (36%) sont des élevages mixtes (présence d'autres espèces animales : ovins, bovins, lapins, volailles ...etc.) où il y a l'introduction de nouveaux animaux à statut sanitaire inconnu. Tous ces animaux s'abreuvent au robinet, oued ou source.

Huit de ces élevages exercent un mode d'élevage extensif, alors que 3 sont de mode intensif, 3 ont présentés des antécédents d'avortement.

Les éleveurs de la région étudiés ont affirmé l'absence de symptômes de brucellose dans leurs élevages et ceux des voisinages, en revanche aucun programme de dépistage n'a été réalisé dans cette région pour confirmer cela, d'autant plus que ces élevages n'ont jamais bénéficié d'une couverture vaccinale.

Les résultats sérologiques obtenus par l'utilisation de test de rose Bengale révèlent une séroprévalence individuelle de 6% IC 95% [0,30-11,64] % avec le protocole standard vs 25% IC 95% [14,39-53,61] % avec le protocole modifié, et une séroprévalence cheptel de 18% IC 95% [4,61-40,97] % avec le protocole standard vs 45,45% IC 95% [16,03-74,88] % avec le protocole modifié.

Ces résultats montrent une séroprévalence élevée et qui se rapproche de la prévalence déclarée à l'échelle nationale, qui était de 31% en 2017 et de 17% en 2016.

Pour expliquer le taux élevé, que nous avons retrouvé, nous incriminons le fait que la région d'étude n'a jamais été concernée par les programmes de dépistage, ni par la vaccination. A notre connaissance, aucune étude sur la brucellose caprine n'a été effectuée dans cette région qui permet la comparaison de nos résultats ou l'étude de l'évolution de la maladie.

Nous avons comparé les deux protocoles utilisés dans cette étude et nous avons constaté que le protocole modifié a une sensibilité 4 fois plus élevée et détecte plus de positifs que le protocole standard avec une sensibilité de 81%, ceci rejoint les travaux précédents et ce qui est décrit dans la littérature (**OIE, 2018 ; Samadi, 2015 et Ferreira et al., 2003**).

Pour cette raison, nous avons préféré étudier quelques facteurs de variation de la séroprévalence individuelle et cheptel obtenus par le protocole modifié.

L'étude des facteurs de risque qui influencent la variabilité de la prévalence individuelle, nous a permis de constater que le sexe ne semble pas influencer le taux d'infection, cela concorde avec la littérature qui rapporte que le sexe n'est pas un facteur favorisant l'infection. Toutefois, chez quelques espèces, la femelle, en raison du tropisme important pour l'utérus gravide, exprime par l'avortement plus fréquemment l'infection que le male (**Ganière, 1990**).

La gestation est un facteur de sensibilité de la brucellose animale (**Ganière, 2004**), mais dans nos résultats, nous constatons que les femelles gestantes ne sont pas plus sensible à l'infection.

Concernant l'âge, la différence était non significative, bien que la littérature rapporte que la brucellose est une maladie des adultes puisqu'il y'a une sensibilité en période post pubère.

Dans notre étude, sur les 45 femelles testées, 4 ont présenté des avortements, dont une était positive au test brucellose (1/4). Ceci s'explique par le fait, que l'avortement n'est pas un symptôme pathognomonique de la brucellose, et qu'il peut être le symptôme de nombreuses autres pathologies chez la chèvre. Preuve que sur les 41 femelles restantes qui n'ont pas présenté d'avortement, 9 étaient séropositives (22%), ceci peut être expliqué par le caractère latent de la maladie sans symptomatologie perceptible.

Quant aux facteurs de variation de la séroprévalence cheptel, nous avons constaté que la moitié des élevages en mode extensif sont positifs à la brucellose avec un taux de 50%, face à un tiers des élevages en mode intensif qui se sont révélés positifs avec un taux de 33,33 %. En effet, le mode d'élevage extensif favorise la rencontre avec des animaux des autres élevages. D'autant plus qu'une partie des animaux étudiés s'abreuvent au oued et /ou à la source, créant ainsi un autre point de rencontre pour ces animaux.

Le type d'élevage mixte semble aussi influencer le taux d'infection. En effet, notre étude montre que $\frac{3}{4}$ des élevages mixtes sont positifs à la brucellose, soit un taux d'infection de 75% face à 28,26% de taux d'infection pour les élevages de caprins seuls. En effet, le contact avec d'autres espèces animales augmente les chances de contamination par la maladie.

Concernant les antécédents d'avortement, nous constatons que 33,33% des élevages présentant des antécédents d'avortements sont séropositifs à la brucellose, ce qui confirme le tropisme des *Brucella* aux utérus gravides, s'exprimant par l'avortement (**Ganière, 1990**). Au même temps 50% des élevages qui n'ont pas présentés d'avortements sont positifs, ceci confirme le nombre important d'animaux asymptomatiques qui sont brucelliques comme rapporté par la littérature.

Nous avons remarqué que le seul élevage qui a introduit de nouveaux animaux à statut sanitaire inconnu est positif, par contre 40% des élevages qui n'ont pas introduit de nouveaux animaux sont positifs. En effet, l'introduction d'animaux nouveaux à statut sanitaire inconnu constitue la source principale d'infection (**Constable et al., 2016**). Il est permis d'émettre l'hypothèse que dans cet élevage, les animaux introduits étaient peut-être des animaux infectés et excréteurs de *Brucella*.

Au final, il faut noter que notre étude constitue la première enquête descriptive menée dans la région et nos résultats constituent des données préliminaires sur la brucellose caprine dans la région d'El Kseur qui donnent des perspectives pour une étude plus étendue dans l'espace avec

plus d'animaux testés pour avoir une idée plus exacte de la prévalence de la brucellose caprine dans cette région de la Kabylie.

Conclusion et recommandations

En Algérie, la brucellose caprine constitue toujours un problème majeur de santé publique et animale. Elle continue à se propager malgré la mise en place, depuis 1995, d'un programme de lutte contre la brucellose des petits ruminants. La prévalence de la brucellose caprine reste encore mal estimée, c'est pour cette raison que nous avons mené notre étude afin d'évaluer la séroprévalence de la brucellose caprine dans la région d'El Kseur qui est une région d'élevage caprin.

A l'issue de la présente étude, nous observons que la prévalence de la brucellose caprine dans les communes d'El Kseur et Toudja de la wilaya de Bejaïa, est très élevée avec une séroprévalence cheptel de 45,45% IC 95% [16,03-74,88] % et individuelle de 25% IC 95% [14,39-53,61] % avec le protocole modifié du Rose Bengale Test. Ce dernier s'est révélé 4 fois plus sensible que le protocole standard avec une sensibilité de 81%. Le taux d'infection retrouvé témoigne d'une mauvaise stratégie de lutte qui se résume en l'absence totale de dépistage dans les élevages étudiés, et d'aucune couverture vaccinale contre cette pathologie, qui sévit pourtant à l'état enzootique en Algérie. Ce manque totale de prophylaxie dans cette région peut être expliquer par le type d'élevage extensif, qui rend difficile l'accès à certaines zones d'élevages (surtout à Toudja qui est une région montagneuse), la pénurie de ressources logistiques et humaines et enfin, l'absence de volonté politique claire pour mener un effort de contrôle durable. Aussi, les facteurs liés à la conduite d'élevage (mixité des élevages, l'introduction de nouveau animaux, manque de désinfection et de prévention) semblent influencer la séroprévalence cheptel.

Cette situation inquiétante nécessite une application stricte de mesures prophylactiques et la mise en place urgente d'un programme de contrôle de la maladie animale. Afin d'améliorer cette situation nous proposons les recommandations suivantes :

- Un dépistage très large doit être réalisé dans toutes les wilayas, touchant les trois espèces concernées (caprines, ovines et bovines), afin d'évaluer la prévalence de la brucellose animale en Algérie, mais aussi en l'identification des espèces de *Brucella* responsables.
- L'identification de cheptel doit se faire au même temps que le dépistage, car aucune prophylaxie ne peut être efficace sans celle-ci.

- Eviter la mixité des élevages et surtout l'introduction des animaux issus de troupeaux à statut sanitaire inconnu.

- Instaurer des campagnes de vaccination des animaux dans tout le territoire algérien.

- Instaurer un programme de vulgarisation pour faire connaître cette maladie dangereuse pour l'homme et l'animal avec l'éducation sanitaire des éleveurs et des travailleurs de fermes, sur les techniques d'hygiène de base, ainsi que sur l'utilisation de méthodes de désinfection et de protection individuelle.

- Instaurer des campagnes de sensibilisation de la population (éleveurs et consommateurs), en insistant sur la source d'infection et les modes de transmission de la maladie, ainsi que d'expliquer à toutes les personnes concernées les avantages du dépistage et de la vaccination.

- La coopération avec les autorités de santé publique pour enquêter sur des cas humains.

References

- **Acha, P. N., and Szyfres, B., (2005).** Zoonoses et maladies transmissibles communes à l'homme et aux animaux (Troisième éditions) (OIE, ed), vol. I. Bactérioses et Mycoses, pp. 26-52
- **Adams L. Garry, Paul de Figueiredo, yz Thomas A. Ficht, Allison Rice-Ficht,x Carlos A. Rossetti., (2015).** Pathogenesis and Immunobiology of Brucellosis Review of Brucellae Host Interactions. The American Journal of Pathology Vol. 185, No.6.
- **Alavi S.M., L. Alavi.,(2013)** treatment of brucellosis: a systematic review of studies in recent twenty years. Caspian J.intern.Med 4(2) : 636-641.
- **Alton, G.G., Fensterbank, R., Plommet, M. and Verger, J.M., 1984.** La brucellose de la chèvre. Les Maladies de la Chèvre, Niort, France, 9–11 pp. 69–91.
- **Alton GG, Jones LM, Angus RD, Verger JM., (1988).** Techniques for the Brucellosis Laboratory. Institut National de la Recherche Agronomique, Nouzilly, France.
- **Alton GG., (1990).** Brucella melitensis. In: Nielsen K, Duncan JR, editors. Animal Brucellosis. CRC Press, Boca Raton, FL. p. 383–409.
- **Alton G.G., Forsyth J.R.L., (1996)** chapitre 28: Brucella. In: Baron S, editor. Medical Microbiology. 4th edition
- **Benkirane A., (2001).** Surveillance épidémiologique et prophylaxie de la brucellose des ruminants : l'exemple de la région Afrique du Nord et Proche-Orient. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz, 20 (3), 757-767
- **Benkirane A.,(2006).** Ovine and caprine brucellosis: World distribution and control / eradication strategies in West Asia / North Africa region. Small Rum Res. 62: 19–25
- **Boschioli ML, Foulongne V, O'Callaghan D., (2001).** Current Opinion in Microbiology. Brucellosis: a worldwide zoonosis. 4(1):58-64.
- **Blasco JM, Garin-Bastuji B, Marin CM, Gerbier G, Fanlo J, Jime´ nez de Bagu´ e´ es MP., (1994).** Efficacy of different rose bengal and complement fixation antigens for the diagnosis of Brucella melitensis in sheep and goats. Veterinary Records 134:415–20
- **Blasco J.M., (2010),** Control and eradication strategies for Brucella melitensis infection in sheep and goats. Prilozi, 31 (1), 145–165.
- **Blasco J.M. & Molina-Flores B., (2011),** Control and eradication of Brucella melitensis infection in sheep and goats. Vet. Clin. N. Am. (Food Anim. Pract.), 27 (1), 95–104

- **Cherif, A., Benelmouffok, A. & Doudou, A., (1986),** "Consommation de fromage de chèvre et brucellose humaine à Ghardaïa (Algérie)", Arch. Inst. Pasteur. Algérie. T 55, 9-14.
- **Cherif .,** « les brucellose animales a Ghardaïa », séminaire sur les brucelloses, Ghardaïa 14 et 15 novembre 1990.
- **Comité mixte FAO /OMS d'expert de la brucellose., (1970),** p58
- **Comité mixte FAO /OMS d'expert de la brucellose., (1986),** pp27
- **Constable Peter, Kenneth W. Hinchcliff, Stanley H. Done, Walter GRÜNBERG., (2016).** veterinary medicine 11th edition vol 2 chapter 18: Diseases Primarily Affecting the Reproductive System pp 1781-1784
- **Corbel, M. J., (2006).** Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization & World Organisation for Animal Health. Brucellosis in humans and animals.
- **Corbel Michael., Menachan Banai.,(2010).** in The Open Veterinary Science Journal, Taxonomy of brucella vol 4, pp 85-101
- **Diaz Aparcio., (2013).** Epidemiology of brucellosis in domestic animals caused by Brucella melitensis, Brucella suis and Brucella abortus Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 32 (1), 53-60.
- **FAO., (2003).** Guidelines for coordinated human and animal brucellosis surveillance. FAO Animal Production and Health Paper 156p
- **Fensterbank R., (1985).** Allergic diagnosis of brucellosis. In: Plommet M, Verger JM, editors. B. melitensis. Martinus Nijhoff Publisher, Dordrecht; pp. 167–72.
- **Ferreira AC, Cardoso R, Travassos Dias I, Mariano I, Belo A, Rolao Preto I, et al., (2013).** Evaluation of a modified Rose Bengal test and an indirect enzyme-linked immunosorbent assay for the diagnosis of Brucella melitensis infection in sheep. Veterinary Research,34:297–305
- **Ganiere, J.P., (1990).** La brucellose animale, Polycopié des Unités de maladies contagieuses des Ecoles vétérinaires françaises ; MÈRIAL (Lyon).
- **GANIÈRE J.P., (2004).** La brucellose animale. Polycopié des Unités de maladies contagieuses des Écoles Nationales Vétérinaires françaises, Mèrial, Lyon.
- **Ganière J.-P., (2010).** La brucellose animale, Polycopié des Unités de maladies contagieuses des Ecoles vétérinaires françaises ; MÈRIAL (Lyon).
- **Garin-Bastuji B, Lasco JM, Grayon M, Verger JM. B., (1998).** melitensis infection in sheep: present and future. Veterinary Research; 29:255–74.

- **Garin-Bastuji B, Blasco JM.,(1998).**Caprine and ovine brucellosis (excluding *B. ovis*). In: Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals, 5th edn. OIE, Paris France; pp 598–606.
- **Grillo M.J., Barberán M. & Blasco J.M., (1997).** Transmission of *Brucella melitensis* from sheep to lambs. *Vet. Rec.*, 140 (23),602–605
- **Godfroid Jacques, Klaus Nielsen, and Claude Saegerman., (2010).**Diagnosis of Brucellosis in Livestock and Wildlife. *Croat Med J.* 51(4): 296-305.
- **Godfroid J, Garin-Bastuji B, Saegerman C, Blasco JM., (2013).** Brucellosis in terrestrial wildlife. *Revue scientifique et technique de l'OIE.*32, pp. 27-42.
- **Gwida M, Al Dahouk S, Melzer F, Rosler U, Neubauer H, et al., (2013).** Brucellosis regionally emerging zoonotic disease. *Croat Med J.*51: 289–295.
- **Janbon F., (2000).** Brucellose. *Encycl Méd Chir Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, Maladies infectieuses, 8-038-A-10, pp 7_8*
- **Javitt J. M, Paez Z, Duran J, Melendez I., (2009).** Seroprevalencia de la brucelosis en pequeños rumiantes. *REDVET Rev Electr Vet Spain. Veterinaria Organizacion*
- **Lapaque N, Moriyon I, Moreno E, Gorvel JP., (2005).** Current Opinion in Microbiology: *Brucella lipopolysaccharide acts as a virulence factor ;8(1):60-66.*
- **Lavigne, J.P. and O'Callaghan, D., (2011).** *Brucella.* In "Bactériologie Médicale" (François Denis, Marie-Cécile Poly, Christian Martin, Edouard Bingen and R. Quentin, eds.), pp. 372-380. Elsevier Masson.
- **Lounes Nedjma., (2009).** Historique du dépistage et prophylaxie de la brucellose bovine en Algérie, recueil des Ateliers d'épidémiologie animale, 2009, Vol 1, p 07.
- **Lounes Nedjma.,(2016).**Étude des propriétés biologiques des brucella responsables de la maladie et leur distribution en Algérie, chapitre 3 :épidémiologie de la brucellose pp35-38.
- **MacMillan A., (1990).** Conventional serological tests. In: Nnielsen K, Dnuncan JR. editors, *Animal Brucellosis.* CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 153–98.
- **Maurin, M., (2007).** *Brucella.* In « Précis de Bactériologie Clinique » (J. Freney, F. Renaud, R. Leclercq and P. Riegel, eds.), pp. 1377-1385. Edition ESKA.
- **Megid, J., Mathias, L.A. and Robles, C.A.,(2010).** Clinical manifestations of brucellosis in domestic animals and humans. *Open Veterinary Science Journal.* 4: 119-126.
- **Mekkonen Addis., (2015).** Public Health and Economic Importance of Brucellosis: A Review , Public Policy and Administration Research ISSN 2224-5731(Paper) ISSN 2225-0972(Online) Vol.5, No.7.

- **Miguel M.J., Marín C.M., Muñoz M.P., Dieste L., Grillo M.J.& Blasco J.M., (2011).** Development of a selective culture medium for primary isolation of the main *Brucella* species. *J. clin. Microbiol.*, 49 (4), 1458–1463.
- **Nielsen K, Yu WL.,(2010).** Serological diagnosis of brucellosis. *Contributions, Sec. Biol. Med. Sci., MASA, XXXI, 1*, pp. 65–89 .
- **OIE., (2009).** World Animal Health Information Database Version: 1.4. World Animal Health Information Database. Paris, France.
- **OIE., (2012).** World Animal Health Information Database. Version 2. World Animal Health Information Database. Paris, France.
- **OIE terrestrial manual .,(2018),** chapitre 3.1.4 brucellosis (*brucella abortus* , *b.melitensis* et *b. suis*) pp355-398.
- **Osterman I., Moriyon., (2006).**international Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 56, 1173–117
- **Pappas G, Akritidis N, Bosilkovski M, Tsianos E., (2005).** *N Engl J Med.* Jun 2;352(22):2325-36. Brucellosis.
- **Pappas G, Papadimitriou P, Akritidis N, Christou L, Tsianos EV., (2006).** The new global map of human brucellosis. *Lancet Infect Dis.*6: 91–99.
- **Pereira F, Amorim A., (2010).**Origin and spread of goat pastoralism. *Encyclopedia of Life Science.* Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- **Perry MB, Bundle DR., (1990).**Lipopolysaccharide antigens and carbohydrates of *Brucella*. In: Adams LG, editor. *Advances in Brucellosis Research* Austin (TX): Texas A & M University ;76-88.
- **Porte F., Naroeni A., Ouahrani S. & Liautard J.,(2003).** Role of the *Brucella suis* lipopolysaccharide O antigen in phagosomal genesis and in inhibition of phagosome-lysosome fusion in murine macrophages. *Infect Immun* 71: 1481–1490
- **Poulsen KP, Hutchins FT, McNulty CM, Tremblay M, Zabala C, et al.,(2014).** Brucellosis in dairy cattle and goats in northern Ecuador. *Am J Trop Med Hyg.*90: 712–715
- **Pugh David G & A.N. Baird. Sheep and Goat Medicine., (2012),** 2nd Edition, Chapter 8: Theriogenology of Sheep and Goats, Brucellosis P 215
- **Purcell Bret K., Robert Rivard., (2012).** Chapter 11 : Brucellosis :biodefense research methodology and animal models p201

- **Radostits E. D., Gay C. C. & Inchcliff W. K. (2000.)** Veterinary Medicine, Textbook of the Diseases of Cattle, Sheep, Pigs, Goats and Horses. 9th ed., New York, W.B. Saunders Company Ltd, pp: 867-882.
- **Radostits OM, CC Gay, KW Hinchcliff, PD Constable., (2007).** Veterinary Medicine: A Textbook of the Diseases of Cattle, Horses, Sheep, Pigs and Goats. Saunders Elsevier, Edinburgh, pp. 963-984
- **Rossetti Carlos A., Angela M. Arenas-Gamboa, Estefania Maurizio., (2017).** Caprine brucellosis: A historically neglected disease with significant impact on public health. PLOS Neglected Tropical Diseases.
- **Samadi Assadullah, M.M.K. Ababneh, N.D. Giadinis²and S.Q. Lafi., (2010).**in *Ovine and caprine brucellosis (Brucella melitensis)* ,CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources 5, No. 042
- **Seleem MN, Boyle SM, Sriranganathan N., (2010).** Brucellosis: a re-emerging zoonosis. *Vet Microbiol*;140(3-4):392-8
- **Sergent E, Gillot V, Lemaire G., (1908).** Études sur la fièvre méditerranéenne chez les chèvres algéroises en. *Annales de l'Institut Pasteur In "Recherches expérimentales sur la pathologie algérienne (microbiologie-parasitologie),1902-1909"*, (éd Sergent, E.) ; 235-265.
- **Smith MC., (1986).** Causes and diagnosis of abortion in goats. In Morrow DA, editor: *Current therapy in theriogenology*, ed 2, Philadelphia, WB Saunders.
- **Smith MC. Mary and David M. Sherman., (2009).**Goat Medicine, Second Edition, chapter 13: reproductive system : brucellosis pp 588-589
- **Vassallo D.J.,(1996).** The saga of brucellosis: controversy over the credit for linking Malta fever with goat's milk. *Lancet*. 348, 804-808.
- **Wyatt H.V., (1999).** Royal Navy surgeons and the transmission of brucellosis by goats' milk. *J. R. Nav. Med. Serv.*,85, 112–117.
- **Wyatt H.V., (2000).** Sir Themistocles Zammit: his honours and an annotated bibliography of his medical work. *Maltese Med. J.*, 12, 27–30
- **Wyatt H.V., (2005).** How Themistocles Zammit found Malta Fever (brucellosis) to be transmitted by the milk of goats. *roy. Soc. Med.*, 98, 451–454.
- **Wyatt HV., (2013).** Lessons from the history of brucellosis. *Rev Sci Tech*; 32:17-25.

Annexe 1

RECUEIL DE TEXTES REGLEMENTAIRES

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE

Arrêté interministériel du 26 Décembre 1995 fixant les mesures de prévention et de lutte spécifiques à la brucellose ovine et caprine.

- Le ministre de l'Intérieur, des collectivités locales, de l'environnement et de la Réforme administrative

- Le ministre des finances,

- Le ministre de la Santé et de la Population et

- Le ministre de l'Agriculture,

- Vu la loi n°88-08 du 26 janvier 1988 relative à la médecine vétérinaire et à la protection de la santé animale

- Vu la loi n°90-08 du 07 avril 1990 relative à la commune ;

- Vu la loi n°90-09 du 07 avril 1990 relative à la wilaya ;

- Vu le décret présidentiel n°94-93 du 15 avril 1994, modifié et complété, portant nomination des membres du gouvernement ;

- Vu le décret exécutif n°88-252 du 31 décembre 1988, modifié et complété, fixant les conditions d'exercice à titre privé des activités de médecine vétérinaire et de chirurgie des animaux ;

- Vu le décret exécutif n°95-66 du 22 février 1995 fixant la liste des maladies animales à déclaration obligatoire et les mesures générales qui leur sont applicables ;

- Vu l'arrêté interministériel du 1^{er} septembre 1984 portant institution d'un comité national et de comités de wilaya de lutte contre les zoonoses ;

ARRETTENT

Article 1^{er}. - En application des dispositions de l'article 3 du décret exécutif n°95-66 du 22 février 1995 susvisé, le présent décret a pour objet de fixer les mesures de prévention et de lutte spécifiques à la brucellose ovine et caprine.

Art.2. - Tout animal de l'espèce ovine ou caprine qui avorte ou présente des symptômes prémonitoires d'un avortement ou consécutifs à un avortement est considéré comme suspect de brucellose .

Est considéré comme avortement :

- l'expulsion du fœtus ,
- l'expulsion d'un mort né ou succombant dans les quarante huit (48) heures .

Toutefois, des épreuves sérologiques sur les multipares à l'occasion des mises-bas sont obligatoires .

Art.3. - Devant tout cas de suspicion de brucellose, le vétérinaire dûment mandaté est tenu d'effectuer les prélèvements nécessaires au diagnostic .

Il est entendu par prélèvements nécessaires :

* les fragments de placenta portant sur 2 ou 3 cotylédons et/ou un écouvillonnage vaginal

* l'avorton ou les prélèvements requis sur un jeune mort-né .

* le colostrum ou le lait de la mère .

* du sang provenant des animaux suspects .

Le vétérinaire est tenu de rédiger un rapport sanitaire concernant les animaux suspects et l'exploitation, d'expédier les prélèvements dans les meilleurs délais accompagnés du rapport sanitaire et d'une fiche d'identification au laboratoire de diagnostic agréé par le ministère de l'agriculture .

Art. 4. - Dès la confirmation de la brucellose par le laboratoire agréé, une déclaration doit être faite à la Direction chargée de la santé publique de la wilaya qui est chargée de prendre les mesures sanitaires nécessaires chez l'homme au niveau de la zone infectée .

Art.5. - Sur proposition de l'inspecteur vétérinaire de wilaya, le wali déclare l'infection de l'exploitation .

Art.6. - Au niveau de l'exploitation infectée, le vétérinaire dûment mandaté doit prendre immédiatement les mesures suivantes :

- l'isolement, le recensement et l'identification de tous les animaux sensibles au niveau de l'exploitation.

- l'examen sérologique de tous les ovins et caprins âgés de plus de six (6) mois .

- la séquestration et le marquage des animaux réagissant positivement à la maladie par une perforation de l'oreille gauche à l'aide d'une pince emporte pièce (10 mm de diamètre) dans un délai de huit (8) jours suivant la notification officielle de la maladie .

- la mise en interdit des locaux, herbages et pâturages affectés à ces animaux .

Art.7. - La sortie des animaux de l'espèce caprine, ovine et bovine est interdite sauf pour l'abattage.

Dans ce cas, les animaux doivent être préalablement marqués et accompagnés d'un certificat d'abattage délivré par le vétérinaire dûment mandaté et dirigés directement sur un abattoir muni d'infrastructures permettant les abattages sanitaires .

Art.8. - Le lait produit dans l'exploitation ne peut être utilisé ou vendu, pour consommation en nature, qu'après ébullition .

Il ne peut être cédé que pour la fabrication de fromages subissant une maturation de plus de trois (3) mois et pour la fabrication, après pasteurisation, d'autres fromages ou tout autre produit dérivé .

Art.9. - L'ordre d'abattage des animaux atteints de brucellose peut être donné par le ministre chargé de l'agriculture ou par le wali dans le cadre d'un programme officiel et ce, sur proposition de l'autorité vétérinaire nationale .

Art.10. - Au cours de l'abattage, les personnes chargées de la saignée et de la préparation des viandes des animaux provenant de l'exploitation infectée, doivent porter pendant toute la durée des

opérations d'abattage un bonnet, une blouse, un tablier et des gants en matière imperméable et lavable .

Art.11. - Une désinfection terminale de l'exploitation, après élimination des animaux marqués, et celle des véhicules servant au transport des animaux de l'exploitation est obligatoire et à la charge du propriétaire . Des certificats de désinfection sont délivrés par les services vétérinaires officiels .

Art.12. - Le wali, sur proposition de l'inspecteur vétérinaire de wilaya, lève la déclaration d'infection décrétée et ce, sous réserve que :

- tous les animaux marqués aient été éliminés .
- le contrôle sérologique effectué sur le reste du cheptel à intervalle de deux (2) mois au moins et six (06) mois au plus, après élimination des animaux atteints de brucellose, s'est avéré négatif à l'épreuve de l'antigène tamponné .
- une désinfection terminale ait été réalisée .

Art.13. - Le présent arrêté sera publié au *Journal Officiel* de la République algérienne démocratique et populaire .

**Le ministre de l'Agriculture
Noureddine BAHBOUH**

**Le ministre de la santé et de la population
Yahia GUIDOUM**

**Le ministre de l'intérieur et des collectivités
locales
Mostéfa BENMANSOUR**

**Le ministre de l'Economie
Le ministre Délégué au Trésor
Ahmed BENBITOUR**

ANNEXE 2

FICHE DE RENSEIGNEMENTS

Wilaya :

Commune :

Renseignements concernant l'animal prélevé :

Identification :

Race :

Sexe: mâle femelle.

Age :

Saillie: naturelle artificielle.

Empreint de boucs pour la saillie : oui non

Gestation: oui non

Stade de gestation :

Nombre de gestations :

Avortement : oui non

Avortement au cours du: premier tiers deuxième tiers troisième tiers.

Orchite : oui non

Renseignements concernant l'élevage prélevé :

Élevage N°:

Taille de l'élevage (nombre d'animaux) :

Mode d'élevage: intensif extensif

Antécédents d'avortement: oui non

Antécédents de brucellose: oui non

Antécédents de brucellose dans les élevages voisins: oui non

Présence d'autres espèces animales: bovine ovine canine autre aucune.

Introduction de nouveaux animaux: oui non

Pâturage commun avec d'autres animaux: oui non

Mode d'abreuvement: robinet sonde/bâche puits oued source.

Désinfection: oui non

Soins vétérinaires: oui non.

Vaccination contre la brucellose: oui non.

Date de vaccination :

Production de produits laitier : lait petit lait lait caillé beurre fromage. Production
laitière : familiale commerciale

| Renseignements sur l'élevage | Elevages | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|------------------------|------------------------|---------------|------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Elevage 01 | Elevage 02 | Elevage 03 | Elevage 04 | Elevage 05 | Elevage 06 | Elevage 07 | Elevage 08 | Elevage 09 | Elevage 10 | Elevage 11 |
| Taille de l'élevage | 11 | 20 | 8 | 7 | 2 | 1 | 10 | 1 | 6 | 17 | 20 |
| Mode d'élevage | intensif | extensif | extensif | extensif | intensif | intensif | | extensif | extensif | extensif | extensif |
| Antécédents d'avortement | non | non | oui | oui | non | oui | non | non | non | non | non |
| Antécédents de brucellose | non | non | non | non | non | non | non | non | non | non | non |
| Antécédents de brucellose dans les élevages voisins | non | non | non | non | non | non | non | non | non | non | non |
| Présence d'autres espèces animales | bovine | ovine, Canine | Canine, poulet, lapin | lapin, poulet | aucune | aucune | aucune | aucune | aucune | aucune | aucune |
| Introduction de nouveaux animaux | oui | non | non | non | non | non | non | non | non | non | non |
| Paturage commun avec d'autres animaux | non | oui | non | non | non | non | non | non | non | non | non |
| Mode d'abreuvement | Sonde/bache, Puits, Oued | robinet | oued | source, puits | source | robinet, source | robinet | robinet | oued, puit | oued | oued |
| Désinfection | non | non | non | non | oui | non | non | non | non | non | non |
| Soins vétérinaires | non | non | non | non | non | non | non | non | non | non | non |
| Vaccination contre la brucellose | non | non | non | non | non | non | non | non | non | non | non |
| Date de vaccination | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| Production de produits laitier | lait | lait | lait | lait | lait | lait | lait | / | lait | lait | lait |
| Production laitière | Familiale | Familiale, Commerciale | Familiale, Commerciale | Familiale | Familiale | Familiale | Familiale | / | Familiale | Familiale | familiale |
| commune | El-kseur | El-kseur | Toudja | Toudja | Toudja | Toudja | Toudja | Toudja | El-kseur | El-kseur | El-kseur |

| Identification | race | sexe | l'age | saillie | empreint de boucs pour la saillie | gestation | stade de gestation | nombre de gestation | avortement | avortement au cours du | orchite | 30µl | 25µl |
|----------------|----------------|---------|-------|-----------|---|-----------|-----------------------|------------------------|------------|---------------------------|---------|----------------|-------------------------------|
| c1 | locale | femelle | 3ans | naturelle | non | oui | 2mois | 3 | non | / | / | négatif | négatif |
| c2 | locale | femelle | 3ans | naturelle | non | oui | 2mois | 2 | non | / | / | négatif | quitt insuffisante |
| c3 | locale | male | 3ans | naturelle | / | / | / | / | / | / | non | négatif | quitt insuffisante |
| c4 | locale | femelle | 4ans | naturelle | non | oui | 2tiere | 4 | non | / | / | négatif | négatif |
| c5 | locale | male | 3ans | naturelle | / | / | / | / | / | / | non | négatif | négatif |
| c6 | locale | male | 1ans | naturelle | / | / | / | / | / | / | non | négatif | positif |
| c7 | locale | male | 4mois | naturelle | / | / | / | / | / | / | non | négatif | négatif |
| c8 | locale | femelle | 4mois | naturelle | non | non | / | / | non | / | / | négatif | positif |
| c9 | locale | femelle | 5mois | naturelle | non | non | / | / | non | / | / | négatif | négatif |
| c10 | locale | male | 1ans | naturelle | / | / | / | / | / | / | non | négatif | négatif |
| A1 | locale | femelle | 2ans | naturelle | non | non | / | 1 | non | / | / | positif | positif |
| A2 | locale | femelle | 5ans | naturelle | non | non | / | 3 | non | / | / | negatif | négatif |
| A3 | locale | femelle | 4ans | naturelle | non | non | / | 3 | non | / | / | negatif | négatif |
| A4 | locale | femelle | 3ans | naturelle | non | non | / | 1 | non | / | / | negatif | négatif |
| A5 | locale | femelle | 3ans | naturelle | non | non | / | 1 | non | / | / | negatif | positif |
| A6 | locale | femelle | 2ans | naturelle | non | non | / | 1 | non | / | / | negatif | négatif |
| A7 | locale | femelle | 4ans | naturelle | non | non | / | 1 | non | / | / | positif | positif |
| A8 | locale | femelle | 3ans | naturelle | non | non | / | 4 | non | / | / | negatif | positif |
| A9 | locale | femelle | 7mois | naturelle | non | non | / | 3 | non | / | / | negatif | négatif |
| A10 | locale | femelle | 5ans | naturelle | non | oui | 3eme tiere | 3 | non | / | / | negatif | positif |
| A11 | faux alpine | male | 1ans | naturelle | / | / | / | / | / | / | non | negatif | positif |
| A12 | faux alpine | male | 6mois | naturelle | / | / | / | / | / | / | non | negatif | négatif |
| A13 | locale | male | 4mois | naturelle | / | / | / | / | / | / | non | negatif | positif |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|---------|---------|-----------|-----|-----|--------|--------|-----|------------|-----|----------------|----------------|
| A14 | locale | male | 3 mois | naturelle | / | / | / | / | / | / | non | negatif | négatif |
| A15 | locale | femelle | 4mois | naturelle | non | non | / | / | non | / | / | negatif | négatif |
| A16 | locale | male | 8mois | naturelle | / | | / | / | / | / | non | negatif | négatif |
| A17 | locale | femelle | 8mois | naturelle | non | non | / | / | non | / | / | positif | positif |
| B1 | locale | femelle | 3ans | naturelle | non | non | / | 3 | oui | 2ème tiere | / | négatif | négatif |
| B2 | locale | femelle | 9ans | naturelle | non | oui | 1mois | 6 | non | / | / | négatif | négatif |
| B3 | locale | male | 2ans | naturelle | / | / | / | / | / | / | non | négatif | négatif |
| B4 | locale | femelle | 2ans | naturelle | non | oui | 5mois | 1 | non | / | / | négatif | négatif |
| B5 | locale | femelle | 2ans | naturelle | non | non | / | / | non | / | / | négatif | négatif |
| B6 | locale | male | 6mois | naturelle | / | / | / | / | / | / | non | négatif | négatif |
| D1 | locale | femelle | 2ans | naturelle | non | oui | 1 mois | 1 | non | / | / | négatif | négatif |
| D2 | locale | femelle | 14ans | naturelle | non | oui | 1mois | 10 | oui | 3ème tiere | / | positif | positif |
| D3 | locale | femelle | 3ans | naturelle | non | oui | 1mois | 3 | non | / | / | négatif | négatif |
| E1 | locale | femelle | 5ans | naturelle | non | non | / | 4 | non | / | / | négatif | négatif |
| F1 | locale | femelle | 9ans | naturelle | non | non | / | 9 | oui | 2ème tiere | / | négatif | négatif |
| G1 | locale | femelle | 6ans | naturelle | non | oui | 1mois | 4 | non | / | / | négatif | positif |
| G2 | locale | femelle | 4ans | naturelle | non | oui | 1mois | 3 | non | / | / | négatif | négatif |
| G3 | locale | femelle | 3ans | naturelle | non | oui | 1mois | 2 | non | / | / | négatif | négatif |
| G4 | locale | femelle | 2ans | naturelle | non | oui | 1mois | 1 | non | / | / | négatif | positif |
| G5 | locale | femelle | 2ans | naturelle | non | oui | 1mois | 1 | non | / | / | négatif | négatif |
| G6 | locale | femelle | 8mois | naturelle | non | non | / | / | / | / | / | négatif | négatif |
| G7 | locale | male | 8mois | naturelle | / | / | / | / | / | / | non | négatif | négatif |
| G8 | locale | femelle | 8mois | naturelle | non | non | / | / | / | / | / | négatif | positif |
| G9 | locale | male | 8mois | naturelle | / | / | / | / | / | / | non | négatif | positif |
| G10 | locale | femelle | 8mois | naturelle | non | non | / | / | / | / | / | négatif | négatif |
| H1 | locale | femelle | 8mois | naturelle | non | non | / | / | non | / | / | négatif | négatif |
| J1 | locale | male | 15 mois | naturelle | / | / | / | / | / | / | non | négatif | positif |
| J2 | locale | femelle | 2ans | naturelle | non | non | / | 2 fois | non | non | / | négatif | négatif |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|---------|------|-----------|-----|-----|---|--------|--------|------------|-----|----------------|---------------------|
| k1 | locale | femelle | 3ans | naturelle | non | non | / | 3 fois | non | / | / | négatif | négatif |
| k2 | locale | male | 1ans | naturelle | / | / | / | / | / | / | non | négatif | négatif |
| k3 | locale | femelle | 2ans | naturelle | non | non | / | 2fois | non | / | / | négatif | négatif |
| k4 | locale | femelle | 1ans | naturelle | non | non | / | 1fois | non | / | / | négatif | négatif |
| k5 | locale | male | 2ans | naturelle | / | / | / | / | / | / | non | négatif | négatif |
| k6 | locale | femelle | 2ans | naturelle | non | non | / | 2 fois | non | / | / | négatif | négatif |
| L1 | locale | femelle | 3ans | naturelle | non | non | / | 3 fois | non | / | non | négatif | négatif |
| L2 | locale | male | 1ans | naturelle | / | / | / | / | non | / | non | négatif | négatif |
| L3 | locale | femelle | 4ans | naturelle | non | non | / | 4 fois | non | / | non | négatif | négatif |
| L4 | locale | femelle | 4ans | naturelle | non | non | / | 2 fois | non | / | non | négatif | négatif |
| L5 | locale | femelle | 3ans | naturelle | non | non | / | 3fois | non | / | non | négatif | négatif |
| L6 | locale | femelle | 4ans | naturelle | non | non | / | 3fois | non | / | non | négatif | négatif |
| L7 | locale | femelle | 5ans | naturelle | non | non | / | 4fois | 2 fois | 2ème tiere | non | négatif | négatif |
| L8 | locale | femelle | 5ans | naturelle | non | non | / | 2 fois | 4 fois | 3ème tiere | non | négatif | qtt insuffisante |
| L9 | locale | male | 1ans | naturelle | / | / | / | / | non | / | non | négatif | négatif |
| L10 | locale | male | 1ans | naturelle | / | / | / | / | non | / | non | négatif | négatif |