



Institut des Sciences
Vétérinaires - Blida

Université Saad
Dahlab-Blida 1



Projet de fin d'études en vue de l'obtention du
Diplôme de Docteur Vétérinaire

**Étude épidémiologique rétrospective de la tuberculose bovine
dans la wilaya de Tizi-Ouzou**

Présenté par

M^{elle} MAGHNI Fatma

Soutenu le : 09/07/2019

Devant le jury :

Président	: MERDJA S.	Maître de conférences classe "B"	Université de Blida 1
Examinatrice	: GUERROUCHE K.	Inspecteur vétérinaire	DSA – BLIDA
Promoteur	: AKLOUL K.	Maître-assistant classe "A"	Université de Blida 1

Année : 2018/2019



Institut des Sciences
Vétérinaires - Blida

Université Saad
Dahlab-Blida 1



Projet de fin d'études en vue de l'obtention du
Diplôme de Docteur Vétérinaire

**Étude épidémiologique rétrospective de la tuberculose bovine
dans la wilaya de Tizi-Ouzou**

Présenté par

M^{elle} MAGHNI Fatma

Soutenu le : 09/07/2019

Devant le jury :

Président	: MERDJA S.	Maître de conférences classe "B"	Université de Blida 1
Examinatrice	: GUERROUCHE K.	Inspecteur vétérinaire	DSA – BLIDA
Promoteur	: AKLOUL K.	Maître-assistant classe "A"	Université de Blida 1

Année : 2018/2019

Remerciements

Je remercie vivement mon promoteur, le Docteur AKLOUL Kamel, de m'avoir aidée à mener à bien ce travail. Les conseils qu'il m'a prodigués m'ont été d'un grand secours.

Je remercie également les membres du jury, le Docteur MERDJA Saleh ainsi que le Docteur GUERROUCHE Karima, qui m'ont fait l'honneur de leur présence.

Je tiens aussi à remercier Dr. YAHIA Achour qui s'est montré très obligeant à mon égard et je lui en suis très reconnaissante.

J'exprime enfin ma gratitude à tous ceux qui se sont montrés coopératifs dans le cadre de mon enquête de terrain, notamment les cadres de la Direction des Services Agricoles de la wilaya de Tizi-Ouzou, en particulier Dr. SOFTA Hayat, Dr. KEBBAB Nassima et Dr. MAIDI Noureddine ; ceux de la Direction des Services Vétérinaires, notamment Dr. DAOUDI Assia, Dr. KASSAB Assia et Dr. AOUABED Safia ; ainsi que les cadres de la Direction de la Santé et de la Population de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents

Mes frères Redouane & Billal

Ma belle-sœur Sonia

Ainsi qu'à

Mes amies Meriem, Chafia, Lydia, Hanifa, Hisia, Nawel et Meriem.

Résumé

Cette étude épidémiologique avait pour objectif l'évaluation de l'état sanitaire du cheptel bovin de la wilaya de Tizi-Ouzou vis-à-vis de la tuberculose bovine. A cet effet, on a eu recours à une méthodologie axée sur l'analyse statistique de données collectées auprès des institutions étatiques. L'état sanitaire a été examiné suivant les dimensions spatiale et temporelle, mais aussi en fonction des critères d'âge et de sexe des bovins. L'aspect zoonotique de la tuberculose bovine a également été examiné. L'évolution temporelle de la tuberculose bovine a mis en évidence la persistance de la maladie dans la région durant la période d'étude avec un pic de cas enregistré durant l'année 2016 (88 cas) et une légère amélioration de l'état sanitaire. Par ailleurs, la répartition spatiale a indiqué que la maladie serait enzootique. S'agissant des caractéristiques des bovins infectés, la plupart se sont avérés adultes (76% des bovins sont âgés entre 3 et 8 ans) et de sexe féminin (96%). Enfin, les résultats relatifs à la tuberculose bovine en tant que zoonose ont montrés l'existence d'une certaine corrélation entre les deux maladies à l'exception des années 2015 et 2016.

Mots clés : Étude épidémiologique ; Tuberculose bovine ; Zoonose.

هدفت هذه الدراسة الوبائية إلى تقييم الحالة الصحية للماشية في ولاية تيزي وزو في مواجهة مرض السل البقري. لهذا الغرض، تم استخدام منهجية تستند إلى التحليل الإحصائي للمعطيات التي تم جمعها من مؤسسات رسمية. تم فحص الوضع الصحي وفقًا للأبعاد المكانية والزمنية، وأيضًا وفقًا لمعايير العمر والجنس للماشية. كما تم فحص الجانب الحيواني المنشأ لمرض السل عند الإنسان. أظهر التطور الزمني لمرض السل البقري استمرار المرض في المنطقة خلال فترة الدراسة حيث بلغ عدد الحالات المسجلة ذروته في عام 2016 (88 حالة). ومع ذلك، فإن النتائج أشارت إلى تحسن طفيف في الحالة الصحية. إضافة إلى ذلك، بين التوزيع المكاني للمرض أنه مستوطن في المنطقة. فيما يتعلق بخصائص الأبقار المصابة، كان معظمهم من البالغين (76٪ من الأبقار تتراوح أعمارهم بين 3 و 8 سنوات) والإناث (96٪). وفي الأخير، فيما يخص نتائج مقارنة تطور مرض السل البقري عند البقر و الإنسان، فقد تبين وجود ترابط بين المرضين باستثناء عامي 2015 و 2016.

كلمات اساسية : دراسة وبائية، السل البقري، مرض حيواني المنشأ.

Abstract

The aim of this epidemiological study was to evaluate the health status of the cattle population in Tizi-Ouzou province towards bovine tuberculosis. For this purpose, a methodology based on the statistical analysis of data collected from state institutions was used. The health status was examined according to the spatial and temporal dimensions, but also according to the age and sex criteria of the cattle. The zoonotic aspect of bovine tuberculosis was also examined. The temporal evolution of bovine tuberculosis showed a persistence of the disease in the region during the study period with a peak of cases recorded in 2016 (88 cases) and a slight improvement in health status. In addition, the spatial distribution indicated that the disease would be enzootic. With regard to the characteristics of infected cattle, most were adults (76% of cattle aged between 3 and 8 years) and females (96%). Finally, the results for bovine tuberculosis as a zoonosis have shown the existence of some correlation between the two diseases with the exception of 2015 and 2016.

Key words: epidemiological study; bovine tuberculosis; zoonosis.

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
ملخص	
Abstract	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	12
Partie bibliographique	
Chapitre 01 : La tuberculose bovine	13
1.1. Définition.....	13
1.2. Historique des connaissances sur la tuberculose.....	13
1.3. Importance.....	14
1.4. Étiologie.....	14
1.4.1. <i>Mycobacterium bovis</i>	14
1.4.2. Pouvoir pathogène.....	16
1.4.3. Facteurs influençant le pouvoir pathogène	16
1.4.3.1. Facteurs liés à <i>M. bovis</i>	16
1.4.3.2. Facteurs liés à l'hôte.....	17
1.5. Pathogénie.....	17
1.5.1. La primo-infection.....	17
1.5.2. La tuberculose secondaire.....	18
1.6. Réponse immunitaire associée.....	18
1.7. L'état d'hypersensibilité.....	20
1.8. Symptômes et lésions.....	21
1.8.1. Symptômes	21
1.8.2. Lésions.....	22
1.8.2.1. Lésions macroscopiques.....	22
1.8.2.2. Lésions microscopiques.....	22
1.9. Aspect zoonotique.....	24
1.10. Éléments épidémiologiques.....	24
1.10.1. Source de contamination.....	24
1.10.2. Modes de transmission.....	25
1.10.3. Modalités de contamination d'un élevage.....	25
1.10.4. Facteurs de risques.....	26
Chapitre 02 : Diagnostic et stratégies de lutte	28
2.1. Diagnostic.....	28
2.1.1. Méthodes directes de diagnostic.....	28
2.1.2. Méthodes indirectes de diagnostic.....	29
2.1.3. Méthodes de diagnostic utilisées en Algérie.....	31
2.2. Stratégies de lutte et prophylaxie.....	31
2.2.1. Acteurs impliqués dans le plan de lutte	31
2.2.2. Méthodes et actions de lutte au niveau mondial.....	32
2.2.2.1. Mesures défensives.....	32

Sommaire

2.2.2.2. Mesures offensives.....	33
2.2.3. Plan national de lutte contre la tuberculose bovine.....	33
2.2.3.1. Identification des bovins.....	33
2.2.3.2. Stratégie de lutte.....	33
2.2.4. Entraves à la mise en œuvre du plan de lutte dans la wilaya de Tizi-Ouzou.....	35
2.2.5. Résultats de lutte contre la tuberculose bovine.....	36
Partie expérimentale	
Objectifs	39
Matériel et méthodes	40
1. Description de la zone d'étude.....	40
2. Matériel	42
3. Méthode.....	42
Résultats	44
1. Description de l'état sanitaire.....	44
1.1. Évolution temporelle.....	44
1.2. Répartition spatiale.....	47
2. Caractéristiques des bovins infectés.....	51
2.1. Répartition en fonction de l'âge.....	51
2.2. Répartition en fonction du sexe.....	52
3. Aspect zoonotique.....	52
Discussion	54
Conclusion et perspectives	58
Références bibliographiques	61
Annexes	66

Liste des tableaux

Tableau 01.	Taux annuel de prévalence dans les cheptels bovins atteints de tuberculose bovine en Algérie sur la période 2011-2018 (D.S.V., 2018).....	38
Tableau 02.	Taux de prévalence individuelle de la tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2014-2018 (D.S.A. de Tizi-Ouzou, 2018).....	45
Tableau 03.	Taux annuel de prévalence cheptel de la tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2014 - 2018 (D.S.A. de Tizi-Ouzou, 2018).....	46
Tableau 04.	Taux annuel de découvertes d'abattoir de cas de tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2014-2018 (D.S.A. de Tizi-Ouzou, 2018)...	46
Tableau 05.	Répartition des cas de tuberculose bovine en fonction de l'âge dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période allant du second semestre de 2014 à 2018 (D.S.A. de Tizi-Ouzou, 2018).....	52
Tableau 06.	Répartition des cas positifs de tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou en fonction du sexe sur la période allant du second semestre de 2014 à 2018 (D.S.A. de Tizi-Ouzou, 2018).....	52
Tableau 07.	Évolution des cas de tuberculose bovine et humaine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2010-2018 (D.S.A. et D.S.P. de Tizi-Ouzou, 2018).....	53

Liste des figures

Figure 01.	Structure de la paroi des mycobactéries (Anonyme 01, 2019).....	15
Figure 02.	Représentation schématique de la pathogénie et l'évolution de la tuberculose bovine (Thorel, 2003 <i>in</i> Faye, 2010).....	18
Figure 03.	Représentation graphique des réponses immunitaires au cours de l'infection par <i>M. bovis</i> chez les bovins (Matrat, 2014).....	19
Figure 04.	Mécanisme de l'hypersensibilité de type IV sur lequel se base le test de dépistage de la tuberculose par intradermo-tuberculation (Matrat, 2014).....	21
Figure 05.	Aspects macroscopiques des lésions de tuberculose sur des poumons de bovin (Animal Société Aliment).....	23
Figure 06.	Observation microscopique d'un follicule tuberculeux après coloration à l'hémalun éosine, vue d'ensemble (Matrat, 2014).....	23
Figure 07.	Observation microscopique de deux cellules de Langhans avec leurs noyaux disposés en fer à cheval (Matrat, 2014).....	23
Figure 08.	Modalités de contamination d'un élevage par la tuberculose bovine (Praud, 2018).....	25
Figure 09.	Lieux d'injection de tuberculine lors d'IDS (Matrat, 2014).....	29
Figure 10.	Lieux d'injection de tuberculines lors d'IDC (Matrat, 2014).....	30
Figure 11.	Présence de la tuberculose bovine chez les animaux domestiques et sauvages en Algérie sur la période 2005-2017 (Anonyme 02, 2019).....	37
Figure 12.	Évolution du taux annuel de prévalence de la tuberculose bovine dans les cheptels bovins en Algérie sur la période 2011-2018.....	38
Figure 13.	Situation géographique de la wilaya de Tizi-Ouzou (ANDI, 2013).....	40
Figure 14.	Reliefs de la wilaya de Tizi-Ouzou.....	40
Figure 15.	Évolution des cas positifs au test de tuberculation dans les cheptels bovins de la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2011 – 2018	44
Figure 16.	Évolution du taux de prévalence individuelle de la tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2014 – 2018.....	45
Figure 17.	Évolution du taux annuel de prévalence cheptel de la tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2014 – 2018.....	46

Liste des figures

Figure 18.	Évolution du taux annuel d'incidence des découvertes d'abattoir de bovins atteints de tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2014-2018.....	47
Figure 19.	Répartition spatiale des cas de tuberculose bovine enregistrés durant la période 2011 - 2018 sur les communes de la wilaya de Tizi-Ouzou (Réalisée à partir du tableau en annexe 02).....	48
Figure 20.	Répartition spatiale des taux d'infection dans les cheptels bovins dépistés par commune dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2013-2018 (Tableau en annexe 03).....	49
Figure 21.	Répartition par commune des cas positifs au test de tuberculination dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2011-2018 (Réalisé à partir du tableau en annexe 02).....	50
Figure 22.	Taux d'infection dans les cheptels bovins dépistés par commune dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2013-2018 (Réalisé à partir du tableau en annexe 03).....	51
Figure 23.	Répartition des cas de tuberculose bovine en fonction de l'âge dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période allant du second semestre de 2014 à l'année 2018.....	52
Figure 24.	Évolution des cas de tuberculose bovine et humaine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2010-2018.....	53

Liste des abréviations

ADN	Acide désoxyribonucléique
ANDI	Agence Nationale de Développement de l'Investissement
BAAR	Bacille Acido-Alcool Résistant
BCG	Bacille de Calmette et Guérin
B.K.	Bacille de Koch
CFU	Unité Formant Colonie
CMTB	Complexe <i>Mycobacterium Tuberculosis</i>
DBK	Draâ Ben Khedda
D.S.A.	Direction des Services Agricoles
D.S.P.	Direction de la Santé et de la Population
D.S.V.	Direction des Services Vétérinaires
ELISA	Enzyme-Linked Immunosorbent Assay
HSR	Hypersensibilité retardée
Ibid.	<i>Ibidem</i> est une locution latine signifiant « même endroit »
IDC	Intradermo-tuberculation comparée
IDS	Intradermo-tuberculation simple
IFNγ	Interféron gamma
LTC	Lymphocyte T Cytotoxique
LT$\gamma\delta$	Lymphocytes T gamma delta
n/a	Not applicable
OIE	Organisation mondiale de la santé animale
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
op. cit.	<i>Opus citatum</i> est une locution latine qui signifie « œuvre citée »
PCR	Polymerase Chain Reaction
SAU	Surface Agricole Utile
TB	Tuberculose bovine

Introduction

La tuberculose bovine est une maladie infectieuse et contagieuse qui affecte essentiellement les bovins. Elle constitue une zoonose classée parmi les dangers sanitaires de première catégorie mais également un vice rédhibitoire chez les bovins. Elle est répertoriée par l'OIE dans la liste des maladies à déclaration obligatoire.

La tuberculose bovine est enzootique dans de nombreux pays et constitue un fléau majeur de l'élevage bovin, en particulier dans les pays en développement, en l'occurrence en Algérie.

Elle entrave les transactions commerciales et constitue un fardeau économique important. On estime que les pertes économiques dans le monde représentent plus de 3 milliards de dollars par an (pertes en viande et en lait) (**Schiller, 2010**).

L'objectif principal de ce travail est de s'enquérir de l'état sanitaire du cheptel bovin de la wilaya de Tizi-Ouzou vis-à-vis de la tuberculose bovine. Le choix de cette région a été motivé essentiellement par sa vocation laitière et l'importance de son cheptel bovin et ce, en dépit de la surface fourragère limitée.

Dans une première partie (bibliographique), nous allons consacrer un premier chapitre à la description de la tuberculose bovine à travers une revue de la littérature. Dans un second chapitre, nous allons présenter les méthodes de diagnostic de la tuberculose bovine et les stratégies de lutte d'une manière générale (à l'échelle mondiale) et en particulier en Algérie, essentiellement à travers des textes législatifs.

Dans la seconde partie (épidémiologique), nous allons exploiter un ensemble de données statistiques, de documents administratifs (ordres d'abattage) relatifs à la tuberculose bovine en Algérie, en particulier dans la wilaya de Tizi-Ouzou, et dans une moindre mesure, des données relatives à la tuberculose humaine. Ces dernières seront utilisées afin d'apprécier l'aspect zoonotique de la tuberculose bovine.

Partie bibliographique

Chapitre 1

La tuberculose bovine

1.1. Définition

La tuberculose bovine (TB) est une maladie infectieuse et contagieuse qui affecte essentiellement les bovins mais aussi d'autres animaux domestiques et certains animaux sauvages en captivité ou en liberté (OIE, 2018). Elle est provoquée par *Mycobacterium bovis* (*M. bovis*), ou plus rarement par *Mycobacterium tuberculosis* (agent de la tuberculose humaine). La TB constitue une zoonose classée parmi les dangers sanitaires de première catégorie mais également un vice rédhibitoire chez les bovins. Elle est répertoriée par l'OIE¹ dans la liste des maladies à déclaration obligatoire chez les bovins (Matrat, 2014).

1.2. Historique des connaissances sur la tuberculose

La chronologie des percées de la recherche durant le XIX^e siècle ont été retracées par Bénéat (2011) :

En 1810, Laënnec —auteur principal de la méthode anatomo-clinique— effectua une étude clinique et nécropsique complète de la maladie qui lui permit d'affirmer l'unicité de la tuberculose.

En 1882, Robert Koch mit en évidence à partir de lésions humaines, le bacille tuberculeux (bacille de Koch ou B. K.) puis le cultiva sur sérum de cheval coagulé.

A partir de 1889, une différenciation sera réalisée pour distinguer entre trois bacilles : le bacille tuberculeux humain (*Mycobacterium tuberculosis*), le bacille tuberculeux aviaire (*Mycobacterium avium*) et le bacille tuberculeux bovin (*Mycobacterium bovis*).

En 1890, Koch mit au point la « lymphé tuberculeuse » ou vieille tuberculine. Son application au traitement des tuberculeux entraînait la mort de plus de 80% des malades. En revanche, son application au diagnostic allergique de la maladie, proposée par Gutmann en 1891, s'est avérée très intéressante.

Dès 1920, la pasteurisation du lait a permis de réduire la mortalité infantile due à *M. bovis*.

En 1921, Léon Calmette et Jean-Marie Guérin proposent leur vaccin vivant atténué, le BCG, obtenu par passages répétés sur pomme de terre biliée depuis 1908 (Lignereux et Peters, 1999).

¹ Anciennement appelée « Office International des Épizooties » rebaptisé « Organisation mondiale de la santé animale ». L'organisme conserve toutefois son sigle OIE.

En 1952, la tuberculose a été définie par les experts de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) au congrès de Vienne comme «une maladie ou une infection qui se transmet naturellement des animaux vertébrés à l'Homme et inversement» (Faye, 2010).

Le bacille bovin fut nommé *Mycobacterium bovis* par Karlson et Lessel en 1970 (Ibid.²).

1.3. Importance

La tuberculose bovine constitue un fléau majeur de l'élevage bovin. Il s'agit en effet de l'une des maladies les plus répandues et les plus dévastatrices chez les bovins, en particulier dans les pays en développement, notamment en Afrique (Sahraoui et al., 2008).

Elle est enzootique dans de nombreux pays et constitue un fardeau économique important.

On estime que les pertes économiques dans le monde représentent plus de 3 milliards de dollars par an (Schiller, 2010). En effet, elle engendre des pertes importantes en viande à cause des saisies effectuées au niveau des abattoirs ainsi qu'une diminution de la production laitière. Elle entrave également les transactions commerciales et constitue une menace pour la santé publique : selon l'OMS (2012), en 2011, environ 150 personnes pour 100 000 étaient atteintes de tuberculose. Ceci a conduit à la mise en place de programmes de contrôle et d'éradication dans de nombreux pays (Sahraoui et al., 2008). Toutefois, la TB continue de sévir dans certains pays où les réservoirs d'espèces sauvages constituent une source continue de réinfection du bétail (Schiller, 2011).

1.4. Étiologie

1.4.1. *Mycobacterium bovis*

Mycobacterium bovis est la bactérie responsable de la tuberculose bovine. Elle appartient au complexe *Mycobacterium tuberculosis* (CMTB) (Dumont et al., 2018). C'est une bactérie pathogène pour l'Homme et pour de nombreuses espèces animales, aussi bien sauvages que domestiques (Blanchard, 2014). Elle infecte généralement les ganglions lymphatiques avant de se propager aux autres organes comme les poumons (Sahraoui et al., 2008). C'est à partir d'une forme atténuée de ce bacille qu'est produit le vaccin BCG.

Le bacille est de petite taille (1 à 4 µm de long) (Blanchard, 2014), immobile, aérobique, asporulé et acapsulé. Les colonies de *M. bovis* ont une croissance lente (3 à 6 semaines sur milieu

² *Ibidem* est une locution latine signifiant « même endroit », fréquemment abrégée en *ibid.* ou parfois *ib.* C'est le terme utilisé dans les références d'un document stable, pour éviter la répétition lorsque la même source a été citée dans la référence précédente. La source correspondante est alors celle qui apparaît dans la référence précédente.

Löwenstein Jensen avec un temps de génération de 20 heures). Elles apparaissent plates, dysgoniques (1 à 2 mm), lisses, blanchâtres et brillantes (**Martin et Denis, 2011**).

Le squelette de la paroi de *M. bovis* —comme celui de toutes les mycobactéries— est composé de peptidoglycane relié de façon covalente à un hétéroside, l'arabinogalactane, lui même estérifié par des acides mycoliques (acides gras particuliers à très longue chaîne) (**Figure 01**) (**Anonyme 01, 2019**).

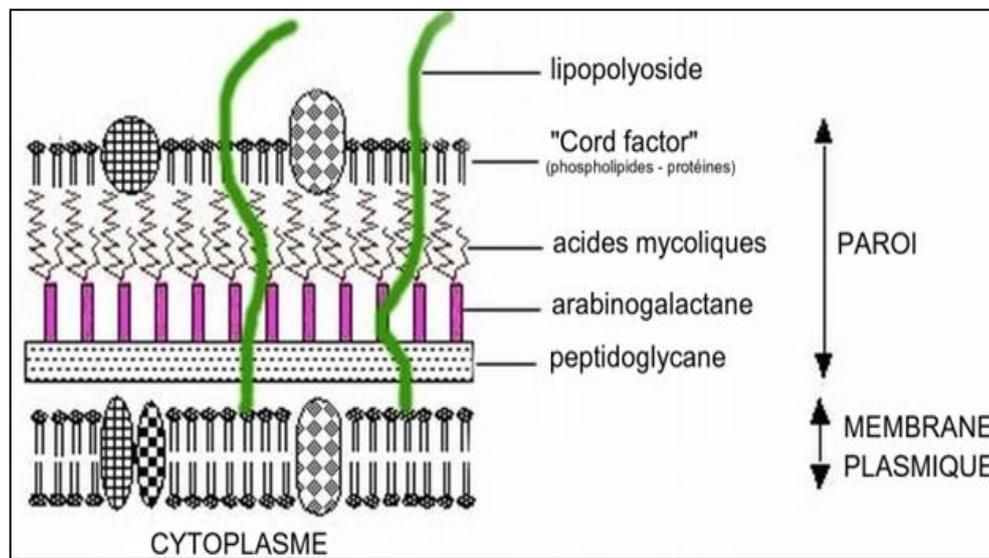


Figure 01. Structure de la paroi des mycobactéries (**Anonyme 01, 2019**)

En effet, les acides mycoliques constituent une barrière hydrophobe autour de la cellule. Ils gênent ainsi la libération par traitements acide et alcool puissants des colorants une fois absorbés. Les mycobactéries sont donc qualifiées de Bacilles Acido-Alcool-Résistants (BAAR) (**Vincent, 1995**). Elles sont de ce fait difficilement colorables par les colorations classiques type Gram. Une coloration spécifique permet leur mise en évidence, c'est la coloration de Ziehl-Neelsen (**Matrat, 2014**).

M. bovis est un pathogène intracellulaire obligatoire qui possède un spectre d'hôtes large.

Par ailleurs, une étude récente a montré qu'il peut également survivre dans l'environnement extérieur, notamment tellurique, pendant une longue période tout en conservant son potentiel infectieux. Néanmoins, les conditions de survie ne sont pas précisément connues (**Duffield et Young, 1985 ; Dumont et al., 2018**). Dans les tissus, *M. bovis* est conservé par le froid (**Corner, 1994**) et il est naturellement résistant au pyrazinamide (**Martin et Denis, 2011**).

1.4.2. Pouvoir pathogène

M. bovis a pour hôte préférentiel les bovins mais il est également transmissible à l'Homme et à d'autres espèces de mammifères domestiques et sauvages. Les ovins et les équidés sont naturellement plus résistants (**Matrat, 2014**).

1.4.3. Facteurs influençant le pouvoir pathogène

On distingue les facteurs liés à *M. bovis* d'une part, et ceux liés à l'hôte d'autre part.

1.4.3.1. Facteurs liés à *M. bovis*

Plusieurs facteurs interviennent pour influencer le pouvoir pathogène de *M. bovis*, notamment la quantité de l'inoculum, la taille des particules contaminées et la virulence de la bactérie.

a. Quantité de l'inoculum

Un seul CFU (Unité Formant Colonie) de *M. bovis* suffirait à provoquer la tuberculose bovine. La dose infectante par voie respiratoire est très faible, puisque l'inoculation intra-trachéale de 6 à 10 bacilles viables chez le veau suffit à provoquer des lésions pulmonaires et/ou ganglionnaires (**Dean et al., 2005 ; Johnson et al., 2007**). Pour une contamination par ingestion, la dose infectante est beaucoup plus élevée. Elle est de l'ordre de 10^7 bacilles (**O'Reilly et Daborn 1995 ; Phillips et al., 2003 ; Matrat, 2014**).

b. Taille des particules contaminées

Dans les conditions expérimentales, l'infection, l'apparition de lésions puis l'excrétion dépendent de la localisation des inoculations dans l'arbre respiratoire (cavités nasales, trachée, tonsilles palatines) (**Matrat, 2014**).

La taille et la viscosité des particules présentes dans les aérosols vecteurs de bacilles constituent également des paramètres importants (**Neill et al., 2001**) dans la mesure où ils conditionnent le lieu de dépôt des bactéries dans l'arbre respiratoire. Il est admis que seules les particules dont le diamètre est inférieur à cinq microns atteignent les alvéoles pulmonaires (**Phillips et al., 2003**).

c. Virulence de la bactérie

M. bovis possède sur sa membrane cellulaire des constituants qui lui permettent d'accéder à l'intérieur des macrophages ainsi que diverses enzymes et protéines essentielles qui inhibent la phagocytose en empêchant la fusion phagosome-lysosome, créant ainsi un compartiment privilégié et séquestré à l'écart des organites endocytaires. La multiplication et la persistance au

sein des macrophages est possible grâce à un relargage de lipides appartenant à la périphérie de la paroi bactérienne dans les cellules de l'hôte. Cela conduit à la réponse granulomateuse et assure la persistance de l'infection (Biet et al., 2005).

1.4.3.2. Facteurs liés à l'hôte

La sensibilité des bovins est multifactorielle. Faye (2010) et Matrat (2014) en ont cité les principaux :

- a. **L'âge** : les animaux âgés sont plus susceptibles d'être atteints que les jeunes du fait qu'ils aient été exposés à la bactérie plus longtemps. En outre, dans le cas de la TB, les veaux peuvent être contaminés mais l'évolution clinique ne se fera le plus souvent qu'à l'âge adulte après une longue phase de latence.
- b. **Le sexe** : l'analyse de la littérature ne montre pas de prédilection quelconque de *M. bovis* pour un sexe donné. Néanmoins, le mode d'élevage appliqué aux vaches laitières (stabulation et confinement prolongés) ainsi que le stress de la lactation et de la gestation les rendent plus vulnérables à l'infection par *M. bovis* que les mâles. De plus, elles sont conservées en général jusqu'à un âge plus avancé que les mâles dans l'élevage.
- c. **Une note d'état corporel basse** : traduisant des carences ou des déséquilibres nutritionnels, provoque une diminution de l'effectif et de l'efficacité des lymphocytes ce qui accroît le risque de l'infection tuberculeuse.
- d. **L'immunodépression** : augmente le risque d'infection bactérienne.
- e. **La génétique** : dont l'importance en tant que facteur de variation de la vulnérabilité des bovins n'est toujours pas établie.

1.5. Pathogénie

Lorsque les conditions sont réunies et après pénétration du bacille dans l'organisme, *M. bovis* est à l'origine d'une infection qui se déroule en deux étapes (Faye, 2010 ; Marivan, 2011 ; Matrat, 2014 ; Praud, 2018):

1.5.1. La primo-infection

La primo-infection correspond au premier contact entre le germe et l'animal. Elle s'étale sur quelques semaines durant lesquelles les bacilles seront phagocytés par les macrophages. Une

fois à l'intérieur, une partie des bacilles sera détruite et l'autre, plus résistante à la lyse macrophagique, se multiplie.

Par la suite, une réponse immunitaire à médiation cellulaire se met en place (*cf. infra*) entraînant la formation, au bout de 8 à 15 jours, d'une lésion initiale appelée « chancre d'inoculation ». Cette lésion est accompagnée d'une lésion tuberculeuse du nœud lymphatique locorégional (loi de l'adénopathie satellite de Parrot) du fait du drainage lymphatique des bacilles.

L'association « chancre d'inoculation + adénopathie satellite » constitue le complexe primaire dont la localisation révèle le site d'entrée de l'agent infectieux. Chez les bovins, il s'agit de la voie respiratoire dans 95% des cas. L'infection débute généralement à la jonction bronchiole-alvéole puis s'étend au poumon par voie aérienne ou hématogène.

1.5.2. La tuberculose secondaire

Le complexe primaire peut évoluer selon trois modes différents: la stabilisation, la guérison avec cicatrisation ou la généralisation précoce. L'évolution dépend essentiellement de la quantité de bacilles inoculée, de l'état général de l'animal et de son âge. Les différentes évolutions du complexe primaire son représentées sur la **figure 02** :

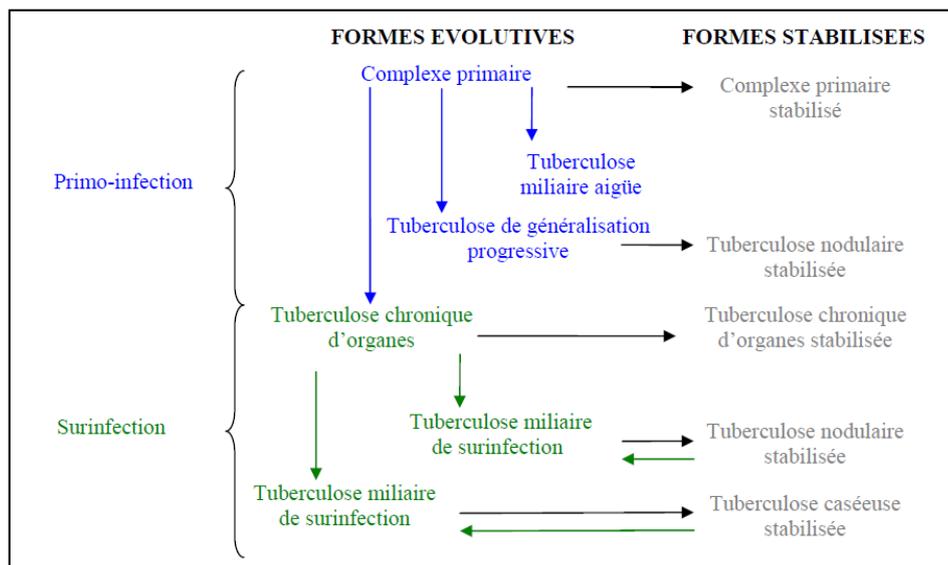


Figure 02. Représentation schématique de la pathogénie et l'évolution de la tuberculose bovine (Thorel, 2003 in Faye, 2010)

1.6. Réponse immunitaire associée

La réponse immunitaire mise en place par l'organisme infecté par *M. bovis* est exclusivement cellulaire dans les phases asymptomatiques de la maladie (**Figure 03**).

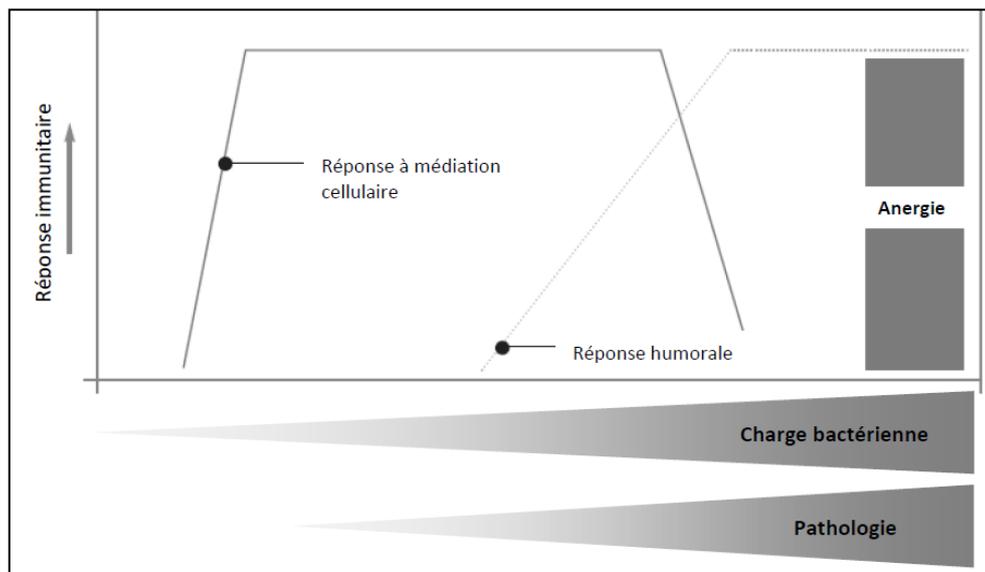


Figure 03. Représentation graphique des réponses immunitaires au cours de l'infection par *M. bovis* chez les bovins (Matrat, 2014)

De par leur localisation intracellulaire dans les macrophages, les mycobactéries entraînent la libération de facteurs chimiotactiques et l'activation de nombreux leucocytes dont les lymphocytes T. Ces derniers se divisent en plusieurs sous-populations dont la taille et l'activité varient au cours du temps.

Au début de l'infection, on retrouve les lymphocytes T gamma delta (LT $\gamma\delta$) dont le nombre décroît au cours des premiers jours suivant l'infection, suggérant un rôle et une localisation au niveau du site initial ; puis leur nombre augmente suite à la multiplication clonale (Pollock et al., 1996).

Les populations T CD4+ et T CD8+ sont produites plus tardivement et après production et relargage de lymphokines (Pollock et al., 2001). Elles permettent l'activation de nouveaux monocytes qui deviendront par la suite des macrophages. Les lymphocytes T CD4+ produisent la partie la plus importante d'interféron gamma (IFN γ) et contribuent à l'activation des macrophages en vue de l'inhibition de la croissance intracellulaire de la bactérie (Pollock et al., 2005).

Les cellules T CD8+ ont la capacité d'agir en tant que Lymphocytes T Cytotoxiques (LTC). Ces dernières peuvent non seulement être impliquées dans la lyse de cellules cibles spécifiques, mais peuvent également libérer des molécules, telles que la granulysine, dont il a été démontré qu'elle pouvait tuer directement les mycobactéries (Kennedy et al., 2002).

La combinaison de l'action des différentes sous-populations de lymphocytes T aboutit à l'accumulation d'un grand nombre de macrophages qui se transforment progressivement en macrophages épithélioïdes (**Calvalheiro et al., 2007**).

En plus de cette réaction immunitaire, le site inflammatoire est marqué par une prolifération fibroblastique et une synthèse de collagène importantes, desquelles résultera la capsule fibreuse de la lésion tuberculeuse.

Une réponse humorale se développe après recrutement des lymphocytes B, lesquels produisent des anticorps dans un délai de quelques semaines à quelques mois selon la quantité de bactéries présentes au moment de l'infection (**Matrat, 2014**). Ces anticorps manquent de spécificité mais sont surtout les témoins d'une tuberculose active. Ils présentent des fluctuations plus ou moins importantes rendant le diagnostic sérologique très relatif (**Bénet, 2011**).

1.7. L'état d'hypersensibilité

L'hypersensibilité est un dérèglement immunitaire aboutissant à une réaction exacerbée vis-à-vis d'un antigène. L'hypersensibilité de type IV ou hypersensibilité retardée repose sur une réponse immunitaire exclusivement à médiation cellulaire contrairement aux types I, II et III qui reposent sur une réponse humorale. Elle est le fondement du test de dépistage par intradermo-tuberculation (**Moulin-Traffort, 2012**). L'antigène injecté chez l'animal infecté est pris en charge par les cellules dendritiques de la peau (cellules de Langerhans) et va être présenté aux lymphocytes T sensibilisés au niveau des nœuds lymphatiques (**Matrat, 2014**). Ces dernières vont induire la libération de diverses cytokines (chimiokines, IFN γ) qui provoquent une accumulation et une activation des macrophages au point de pénétration de l'antigène. L'effet global de cette activation est caractérisé par la libération d'enzymes lytiques à l'origine de lésions tissulaires localisées (**Figure 04**) qui peuvent dégénérer en réactions granulomateuses chroniques lorsque l'antigène persiste (**Moulin-Traffort, op. cit.³**).

³ *Opus citatum* est une locution latine qui signifie « œuvre citée ». Elle est utilisée pour faire une référence à un ouvrage du même auteur déjà cité auparavant mais dans un endroit assez éloigné (pas immédiatement avant).

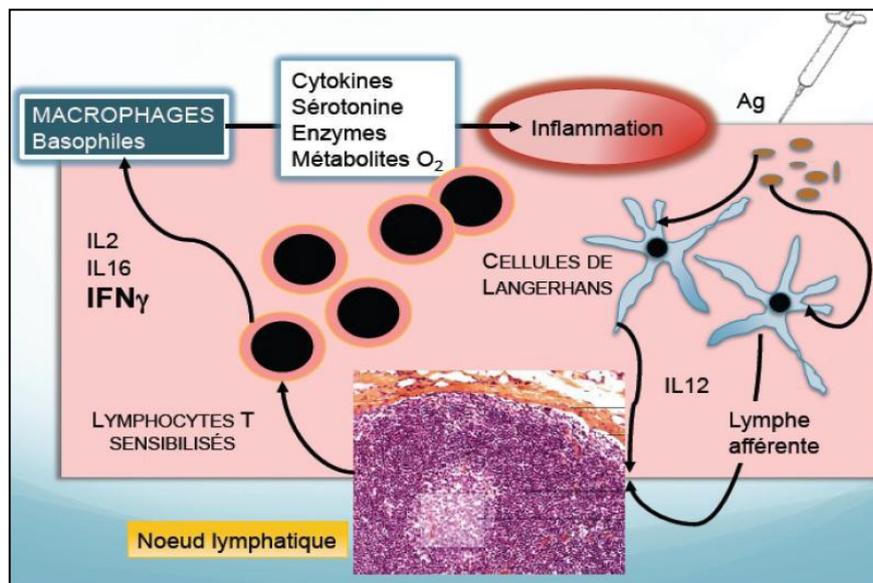


Figure 04. Mécanisme de l'hypersensibilité de type IV sur lequel se base le test de dépistage de la tuberculose par intradermo-tuberculation (Matrat, 2014)

Le délai entre la pénétration de *M. bovis* dans l'organisme et le moment où l'on peut déceler cette réaction —appelé période ante-allergique— est de quinze jours à six mois (trois à huit semaines en moyenne). Par conséquent, un animal nouvellement infecté peut échapper au dépistage allergique et nécessite un nouveau contrôle. Cette réaction disparaît chez les animaux atteignant un stade avancé de l'infection, ce qui entraîne des problèmes de détection : c'est la période d'anergie post tuberculeuse (Figure 03) (Matrat, 2014).

1.8. Symptômes et lésions

1.8.1. Symptômes

D'après le manuel terrestre de l'OIE (2018), avant les campagnes nationales d'éradication de la tuberculose, des signes cliniques associés à la tuberculose étaient couramment observés.

Les signes cliniques de la tuberculose bovine sont variables. L'atteinte pulmonaire peut se manifester par une dyspnée ainsi qu'une toux qui peut être provoquée par des changements de température ou une pression manuelle sur la trachée.

Dans les cas avancés, les ganglions lymphatiques sont souvent très dilatés et peuvent obstruer les voies respiratoires, le tube digestif ou les vaisseaux sanguins. Les ganglions lymphatiques de la tête et du cou peuvent être visiblement affectés et parfois se rompre et se drainer.

L'atteinte du tube digestif se manifeste parfois par une diarrhée intermittente et une constipation. Une émaciation extrême et une détresse respiratoire aiguë peuvent survenir au

stade terminal de la tuberculose. Des lésions touchant les organes génitaux féminins peuvent survenir. Les organes génitaux masculins sont rarement impliqués.

Dans de nombreux cas, l'évolution de l'infection est chronique et les signes peuvent faire défaut, même dans les cas avancés où plusieurs organes peuvent être impliqués.

1.8.2. Lésions

1.8.2.1. Lésions macroscopiques

En fonction de l'aspect, on distingue des lésions localisées et bien délimitées (les tubercules), et des lésions étendues et mal délimitées (les infiltrations et les épanchements tuberculeux) (**Figure 05**) (**Blanchard, 2014**):

- Les tubercules apparaissent au départ sous forme de granulations de la taille d'une tête d'épingle, puis deviennent plus volumineux avec un centre caséux de couleur blanc-jaunâtre, pour devenir par la suite caséo-calcaire puis enkystés et fibreux ;
- Les infiltrations sont des lésions mal délimitées, de nature exsudative, étendues à tout un territoire ou à un organe (notamment dans les poumons) ;
- Les épanchements sont observés dans les cavités séreuses (pleurésie, péricardite, péritonite), et dans certains cas dans les articulations ou les méninges. Il s'agit d'un exsudat inflammatoire, séro-fibrineux ou séro-hémorragique, riche en cellules lymphocytaires.

1.8.2.2. Lésions microscopiques

La lésion de base la plus représentative, considérée comme spécifique, est le follicule tuberculeux (**Blanchard, 2014**). Celui-ci est formé par (**Figure 06**):

- un centre nécrotique homogène, appelé caséum ;
- une première couronne de cellules épithélioïdes associées ou non à des cellules géantes multi nucléées, les cellules de Langhans, dont les noyaux sont répartis en fer à cheval (**Figure 07**) ;
- une seconde couronne purement lymphocytaire.

L'évolution de cette lésion peut se réaliser dans le sens d'une calcification du caséum avec fibrose périphérique.

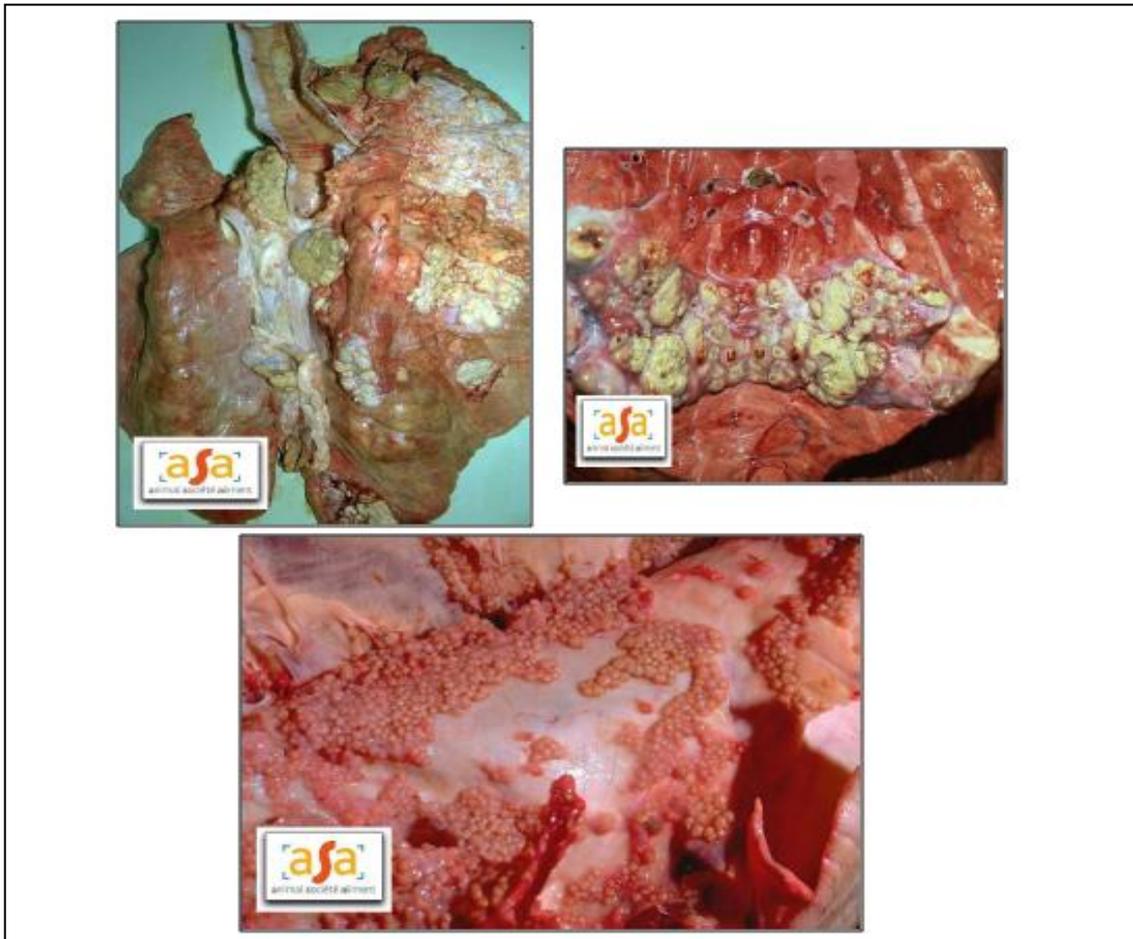


Figure 05. Aspects macroscopiques des lésions de tuberculose sur des poumons de bovin (Animal Société Aliment)

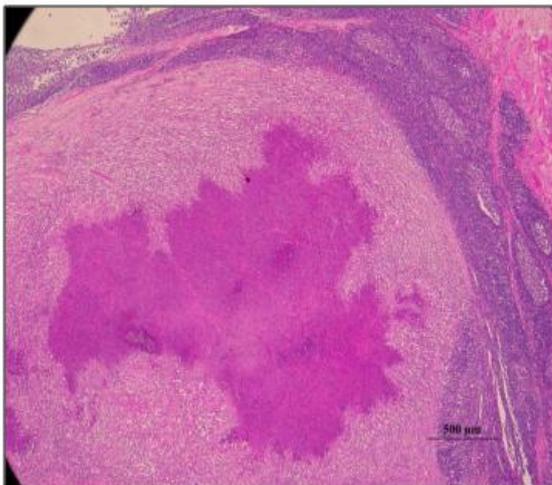


Figure 06. Observation microscopique d'un follicule tuberculeux après coloration à l'Hémalun-Éosine, vue d'ensemble (Matrat, 2014)

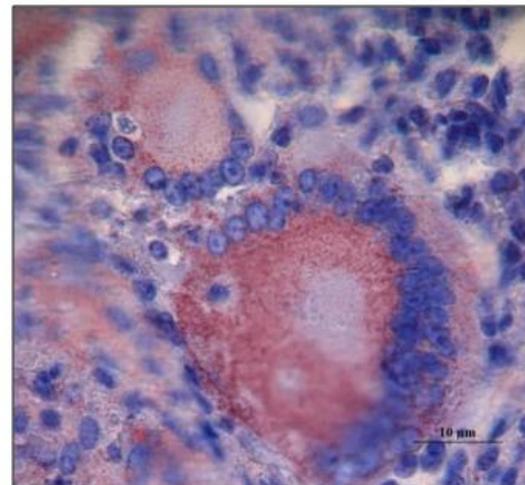


Figure 07. Observation microscopique de deux cellules de Langhans avec leurs noyaux disposés en fer à cheval (Matrat, 2014)

1.9. Aspect zoonotique

Chez l'Homme, la tuberculose à *M. bovis* est un problème de santé publique lié à une forte promiscuité entre les populations humaines et les animaux contaminés. Elle constitue la première cause de mortalité mondiale liée à un agent bactérien unique (**Cosivi et al., 1998**).

On estime qu'un tiers de la population totale est infectée de manière latente, constituant le réservoir naturel du pathogène. En 2015, près de neuf millions d'individus auraient développé une tuberculose à travers le monde, dont 15% de co-infectés par le VIH et deux millions de décès (**Dumont et al., 2018**). L'OMS estime que *M. bovis* serait impliqué dans plus de 3 % des cas mondiaux de tuberculose chez l'Homme, essentiellement localisés dans les pays en voie de développement, plus particulièrement en Afrique Subsaharienne. Cependant, ces chiffres semblent être sous-estimés, puisque dans ces régions à forte prévalence de la tuberculose humaine, le diagnostic microbiologique d'espèce des cas de tuberculose est peu réalisé et documenté.

La transmission de *M. bovis* à l'Homme s'effectue par inhalation d'aérosols contaminés (voie respiratoire) ou par ingestion de lait cru ou de produits laitiers contaminés (voie orale) conduisant à des tuberculoses extra-pulmonaires (**O'Reilly et Dabornb, 1995**).

Par ailleurs, la transmission de *M. bovis* de l'animal à l'Homme avec un retour à l'animal est connue depuis les années 1950 (**Fritsche et al., 2004**). Quant à la transmission interhumaine, elle est rare mais néanmoins possible dans le cas d'hôte immunodéficient (**Van Soolingen et al., 1994 ; Biet et al., 2005**).

1.10. Éléments épidémiologiques

1.10.1. Source de contamination

Les animaux infectés sont la principale source de contamination. L'excrétion de *M. bovis* est précoce, durable (pendant toute l'évolution de l'infection) et irrégulière (dans le temps et en intensité) (**Neill et al., 1991**).

Les matières virulentes sont nombreuses : ce sont principalement le jetage, la salive et les expectorations. Les aérosols sont la plus grande source de contamination, puisque la localisation de la tuberculose est pulmonaire dans la majorité des cas (**Neill et al., 2001**). Le lait, les urines, et les fèces sont également sources de contamination mais d'importance bien moindre.

Enfin, il est important de noter que la résistance de *M. bovis* dans le milieu extérieur est élevée (plusieurs mois). Par conséquent, tout élément souillé par les excréments d'un animal infecté pourra être source de contamination des animaux sains.

1.10.2. Modes de transmission

a. Transmission horizontale

- **Transmission directe** : à la faveur de contacts entre un individu infecté et un individu sain (cohabitation, ingestion par le veau du lait virulent, contamination vénérienne, contact au pâturage).
- **Transmission indirecte** : via les locaux, les pâturages, les véhicules de transport, l'aliment, l'eau, etc. contaminés.

b. Transmission verticale

Il n'existe pas de transmission *in utero* : le jeune issu d'une mère tuberculeuse naît sain. S'il est isolé de la mère dès la naissance, il peut être utilisé pour la reproduction. En revanche, la transmission à partir d'une mère infectée peut résulter de la buvée colostrale, mais il s'agit d'une transmission directe par contact, non véritablement verticale (Bénet, 2011).

1.10.3. Modalités de contamination d'un élevage

Au sein d'un troupeau, trois mécanismes peuvent expliquer l'origine d'une infection par la tuberculose ; ils sont résumés sur la **figure 08**.

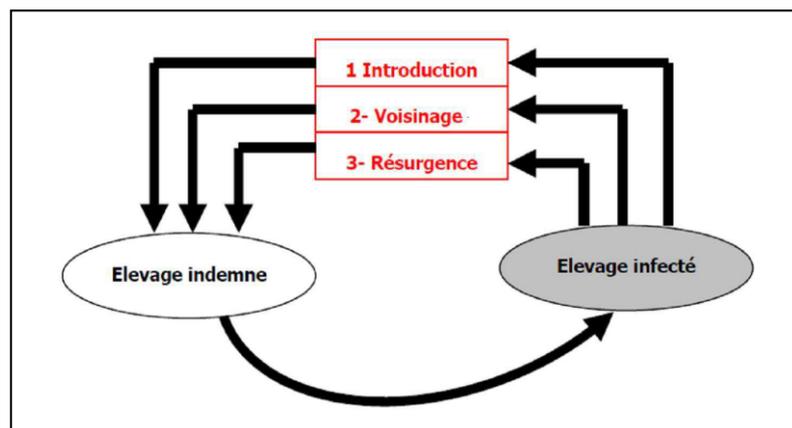


Figure 08. Modalités de contamination d'un élevage par la tuberculose bovine (Praud, 2018)

a. Introduction d'un animal infecté

Flux intrant d'animaux dans l'exploitation (achat, emprunt, retour d'un animal, prise en pension) (Praud, 2018).

b. Voisinage

Contacts directs ou indirects (prêt, échange de services, de matériel, d'animaux, visites) (**Praud, 2018**) ; les animaux domestiques présents au sein des exploitations (**Cousins, 2001**) ; et la faune sauvage (**Matrat, 2014**).

c. Résurgence d'une ancienne souche

Récidive de la maladie liée à la persistance de l'infection dans un foyer après un précédent épisode de tuberculose ou bien, après introduction d'un animal infecté non dépisté (**Praud, 2018**).

1.10.4. Facteurs de risques**a. A l'échelle de l'animal**

Il existe plusieurs facteurs de risque à l'échelle de l'animal : l'âge, le sexe, la race (à rapporter au type de production), l'état corporel et nutritionnel, le statut immunitaire, la génétique (**Matrat, 2014**).

b. A l'échelle du troupeau

La taille des troupeaux est reconnue comme un facteur de risque majeur vis-à-vis de l'infection par *M. bovis* (**Humblet et al., 2009**). Plus le nombre de bovins présents dans l'exploitation est grand, plus la probabilité de contamination est élevée.

La longévité des vaches laitières ou allaitantes augmente le risque de contact avec *M. bovis* ou, si elles sont contaminées, de retour à la phase active après une latence, avec excrétion et diffusion de l'infection. De plus, la vitesse de renouvellement du troupeau varie selon le type d'élevage et influe sur le risque de contamination par la tuberculose bovine (**Matrat, 2014**).

c. Faune sauvage

Les deux voies de contamination du bovin sont la voie respiratoire par les aérosols et la voie digestive par ingestion de nourriture souillée par des urines ou fèces contaminés (**Corner, 2006**).

Les contacts directs sont possibles lorsque les animaux sauvages atteignant un stade tardif de la tuberculose présentent des modifications de comportement (perte de la peur, recherche de nourriture ou abri, activité diurne et non nocturne) et viennent au contact des bovins (**Ward et al., 2006**).

Les contacts indirects sont principalement liés à la nourriture (pierre à sel, céréales....), au bâtiment et au matériel ayant été contaminé par l'urine, les fèces ou autre matière virulente d'un animal sauvage infecté et excréteur (**Ward et al., 2010**).

Chapitre 2

Diagnostic et stratégies de lutte

2.1. Diagnostic

Nous présenterons dans cette partie une liste non exhaustive de méthodes de diagnostic biologique et de dépistage de la tuberculose bovine, en les classant selon qu'elles se basent sur une recherche directe ou indirecte de la présence du pathogène.

2.1.1. Méthodes directes de diagnostic

On distingue 6 méthodes :

a. Diagnostic clinique

Le diagnostic clinique de la TB est souvent difficile à établir du fait de la fréquence des infections inapparentes et de la non-spécificité des symptômes.

b. Examen nécropsique

Le dépistage nécropsique de la TB est réalisé de manière systématique à l'abattoir mais il ne permet de détecter que les bovins présentant des lésions macroscopiques (**Praud, 2018**).

c. Analyse histologique

L'examen histologique n'est pas spécifique à *M. bovis*. Toutefois, la sensibilité de ce test demeure très satisfaisante. Cette méthode consiste à préparer les échantillons et à colorer les coupes classiquement à l'Hémalun-Éosine. L'observation des coupes révèle des granulomes contenant des cellules de Langhans, des macrophages épithélioïdes, des lymphocytes et monocytes. Les échantillons sont par la suite colorés pour mettre en évidence les BAAR (**Bénet, 2011**).

d. Bactérioscopie

L'observation directe du bacille sur des calques ou des broyats d'organes repose sur la propriété d'acido-alcool résistance de la paroi des mycobactéries. On utilise la coloration de Ziehl-Neelsen à la fuchsine qui colore les bacilles en rouge sur fond bleu ou le test de fluorescence à l'auramine où les bacilles prennent une coloration vert-jaune brillant sur fond rouge. Ces méthodes sont rapides, simples et sensibles mais non spécifiques à l'espèce *M. bovis* et nécessitent un prélèvement de bonne qualité et/ou riche en bactéries (**Matrat, 2014**).

e. Culture bactérienne

La culture ne peut être réalisée que dans un laboratoire de sécurité biologique de niveau 3. L'isolement de *M. bovis* suffit à établir le diagnostic, quoique le résultat soit long à obtenir. De plus, un résultat négatif (3 mois de délai pour l'obtention du résultat) ne peut être concluant.

Par ailleurs, l'isolement d'une mycobactérie atypique ne permet pas d'exclure une infection par *M. bovis* (Praud, 2018).

f. Réaction de polymérisation en chaîne (PCR)

La technique PCR est une méthode de biologie moléculaire basée sur la mise en évidence du matériel génétique par dénaturation, amplification puis hybridation de l'ADN. Cette technique permet d'identifier une région génomique des bactéries à partir d'un échantillon biologique.

M. bovis est recherché à partir de tissus (nœuds lymphatiques par exemple) en l'absence de lésions visibles à l'œil nu. La PCR détecte la présence de la séquence d'insertion *IS6110* commune à l'ensemble du CMTB (Matrat, 2014).

2.1.2. Méthodes indirectes de diagnostic

On distingue deux méthodes :

a. Intradermo-tuberculation

L'intradermo-tuberculation est un principe de dépistage allergique qui repose sur la détection d'une réaction d'hypersensibilité retardée (HSR): l'injection de tuberculine bovine dans l'épaisseur du derme au niveau de l'encolure (Figure 09) provoque chez le bovin une réaction locale d'apparition tardive mais durable (Pollock et al., 2001).

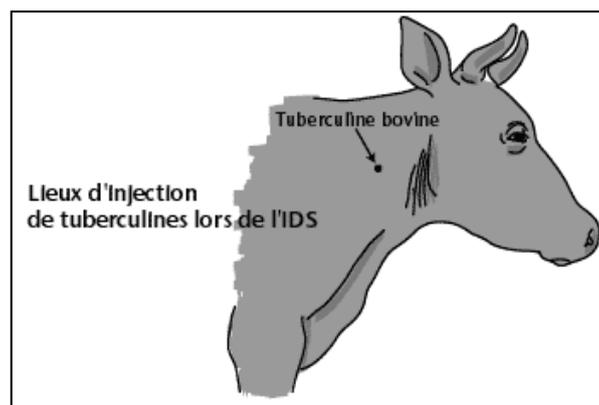


Figure 09. Lieux d'injection de tuberculine lors d'IDS (Matrat, 2014)

La tuberculine est un allergeo-haptène reconnu par les lymphocytes T sensibilisés chez le bovin tuberculeux. L'injection de la tuberculine entraîne la libération de lymphokines à l'origine d'une réaction inflammatoire. Celle-ci est caractérisée cliniquement par une tuméfaction circulaire ou ovale, chaude, plus ou moins douloureuse parfois accompagnée d'une adénite des ganglions pré scapulaires. Chez l'individu sain, la tuberculine n'a aucun pouvoir immunogène et aucune toxicité (Matrat, 2014).

La réaction est locale, tardive (début après 24 à 48 heures), progressive et durable (persiste plusieurs jours et s'estompe progressivement en une semaine). C'est la raison pour laquelle la lecture du test se fait 72 heures après l'injection. On estime alors la réaction de manière qualitative (examen visuel et palpation) et quantitative par la mesure de l'épaisseur du pli de peau (**Praud, 2018**).

L'intradermo-tuberculation comprend deux méthodes : l'intradermo-tuberculation simple (IDS) et l'intradermo-tuberculation comparée (IDC).

L'IDS est la méthode utilisée dans les opérations de prophylaxie des cheptels en zone indemne ou lors des contrôles à l'introduction (**Figure 09**).

L'IDC consiste en l'injection simultanée de tuberculine bovine et de tuberculine aviaire (issue de *Mycobacterium avium*) en deux points distants d'environ 10 cm l'un de l'autre (**Figure 10**), puis en la comparaison de la réaction de l'animal 72 heures plus tard. La mesure au cutimètre est obligatoire aux deux points d'injection à J_0 et ne se fait à J_3 que si une tuméfaction est sentie au toucher.

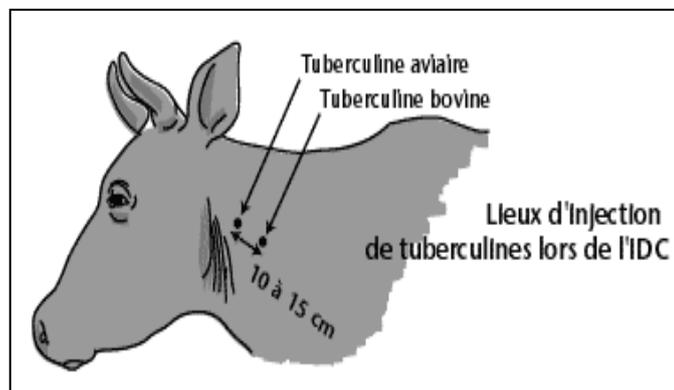


Figure 10. Lieux d'injection de tuberculines lors d'IDC (**Matrat, 2014**)

L'IDC permet de s'affranchir des faux positifs obtenus lors de l'IDS par réaction croisée avec d'autres mycobactéries (**OIE, 2018**). En effet, son interprétation repose sur le fait que chez les bovins infectés par *M. bovis*, on observe une réponse plus importante à la tuberculine bovine qu'à la tuberculine aviaire, alors que chez les animaux infectés par d'autres mycobactéries, c'est la réponse à la tuberculine aviaire qui sera la plus importante.

b. Dosage de l'interféron gamma

La méthode de dosage de l'IFN γ consiste à révéler l'état d'hypersensibilité retardée par une épreuve allergique réalisée *in vitro*.

L'IFN γ est libéré par les lymphocytes T déjà sensibilisés à la tuberculose lorsqu'ils sont à nouveau en présence d'un antigène tuberculeux. Cette interleukine intervient dans le recrutement et la mobilisation des macrophages. Son dosage nécessite une prise de sang effectuée sur anticoagulant (héparine) (Praud, 2018). 1 à 5 semaines post-infection sont nécessaires pour que l'IFN γ relargué par les lymphocytes T soit en quantité suffisante pour permettre son dosage (De La Rua Domenech, 2006).

Le sang est mis en présence de différents antigènes mycobactériens bovin et aviaire, ainsi que des antigènes spécifiques. Les quantités d'IFN γ produites par les lymphocytes en présence des différents antigènes sont ensuite quantifiées par la méthode ELISA. Les densités optiques mesurées par spectrophotométrie sont rapportées à celles des témoins.

2.1.3. Méthodes de diagnostic utilisées en Algérie

En Algérie, la méthode de dépistage utilisée pour la détection de bovins atteints de TB est l'intradermo-tuberculation simple (IDS) (Figure 09). Avant toute administration, il y a lieu de veiller à ce que le bovin soit correctement identifié. L'injection intra dermique de la tuberculine est effectuée dans la région du tiers moyen de l'une des faces latérales de l'encolure à égale distance des bords supérieurs et inférieurs. Le point d'injection doit être préalablement rasé et la lecture est faite 72 heures après l'injection.⁴

2.2. Stratégies de lutte et prophylaxie

Les modalités de lutte contre la tuberculose bovine sont définies par la réglementation nationale et les mesures prises par les autorités locales de la wilaya. De cette lutte dépendent non seulement l'économie de l'élevage mais aussi la santé humaine.

2.2.1. Acteurs impliqués dans le plan de lutte

La lutte contre la TB a lieu à plusieurs niveaux et fait intervenir différents acteurs :

a. Éleveur

Il s'agit de l'acteur principal dans la lutte contre la TB. Il doit veiller à protéger son cheptel vis-à-vis d'une contamination en respectant les mesures d'introduction d'un bovin et en limitant son exposition aux autres facteurs de risque d'apparition de la TB. Il doit également éviter la persistance de l'infection dans le cas où son cheptel serait déclaré infecté et cela en permettant la réalisation, dans les meilleurs délais et conditions, des mesures d'assainissement.

⁴ Instruction ministérielle N° 409/SPM du 10/06/1995

D'une manière générale, il lui appartient de prendre les dispositions nécessaires à la bonne réalisation des opérations dictées par le plan de lutte.

b. Vétérinaire privé

Il intervient généralement au niveau des exploitations et effectue le test de tuberculination en cas de suspicion d'un animal tuberculeux. Il est tenu de signaler tout cas de TB aux autorités compétentes (maladie à déclaration obligatoire).

c. Vétérinaire sanitaire (vétérinaire étatique)

Il intervient au niveau des exploitations et des abattoirs dans le cadre du plan de lutte et agit pour le compte de l'Etat dans l'intérêt public.

d. Abattoir

Il s'agit d'un lieu de découverte et d'élimination de bovins atteints de tuberculose bovine. En effet, les animaux dont l'infection a été constatée au niveau de l'exploitation y sont systématiquement conduits pour abattage sanitaire. Par ailleurs, les cas de TB détectés suite à l'examen post-mortem y sont également éliminés.

e. Direction des Services Agricoles (D.S.A.)

La D.S.A. (plus précisément l'inspection vétérinaire) de la wilaya est responsable de la gestion de la lutte au niveau de la wilaya. Elle fait appliquer et veille au respect de la réglementation s'appliquant aux maladies animales réglementées (dont la tuberculose bovine).

f. Direction des Services Vétérinaires (D.S.V.)

La D.S.V., sise au niveau du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et de la Pêche, est responsable de la gestion de la lutte à l'échelle nationale. Elle centralise les informations sanitaires concernant les élevages et veille à l'adaptation et à l'actualisation du plan de lutte contre la TB.

2.2.2. Méthodes et actions de lutte au niveau mondial

Une des classifications possibles consiste à distinguer les mesures défensives et les mesures offensives :

2.2.2.1. Mesures défensives

Elles visent la protection des effectifs sains et le contrôle sanitaire aux frontières : la protection des étables indemnes par la maîtrise des flux « intrants », la maîtrise des risques de résurgence de voisinage, ainsi que le contrôle par IDS à l'importation.

2.2.2.2. Mesures offensives

Il s'agit du dépistage et de l'assainissement des élevages bovins tuberculeux à travers les tests de tuberculination, l'inspection des carcasses à l'abattoir ainsi que l'assainissement des élevages infectés en abattants l'intégralité du cheptel accompagné d'une désinfection systématique des étables.

2.2.3. Plan national de lutte contre la tuberculose bovine

La lutte contre la tuberculose bovine en Algérie repose sur l'application du décret exécutif N° 95-66 du 22 ramadhan 1415 correspondant au 25 février 1995, fixant la liste des maladies animales à déclaration obligatoire et les mesures générales qui leur sont applicables.²

2.2.3.1. Identification des bovins

L'identification des animaux est un préalable à toute lutte contre une maladie animale. En effet, l'attribution d'un numéro à chaque bovin permet d'associer de façon sûre un état sanitaire constaté chez un animal donné. La reconnaissance et le suivi des individus infectés deviennent alors possibles.

2.2.3.2. Stratégie de lutte⁵

- Sont considérés comme atteints de TB : les animaux présentant des signes cliniques de la maladie, les animaux ayant réagi positivement à l'épreuve de la tuberculine et ceux dont l'état d'infection est révélé par une épreuve diagnostique.
- Toute personne physique ou morale ayant la charge ou la garde de bovins atteints ou suspects de tuberculose, est tenue d'informer le vétérinaire le plus proche du lieu où se trouve l'animal ou le président de l'instance communale territorialement compétente.
- Le vétérinaire, informé de l'existence d'un cas de suspicion de TB, est tenu de se rendre immédiatement sur les lieux afin d'examiner l'animal et de procéder, le cas échéant, à l'intradermo-tuberculination simple.
- Dès la confirmation de la maladie, le vétérinaire est tenu d'en faire la déclaration (Annexe 04) à l'autorité vétérinaire et à la D.S.P. de la wilaya censées prendre les mesures nécessaires à la protection de l'Homme.
- Sur la proposition de l'inspecteur vétérinaire de la wilaya, le Wali déclare l'infection et édicte les mesures sanitaires obligatoires.

⁵ Arrêté interministériel du 26 décembre 1995

- Au niveau de l'exploitation, les mesures suivantes sont prises impérativement : l'identification, l'isolement des bovins infectés et leur marquage immédiat au niveau de l'oreille gauche à l'aide d'une pince emporte-pièce comportant un (T) dont la longueur et la largeur des branches sont respectivement de 25 mm et 7 mm.
- Le déplacement d'un animal reconnu tuberculeux, même s'il n'a pas encore été marqué, est interdit, sauf autorisation écrite du vétérinaire sanitaire.
- Le déplacement du cadavre d'un bovin tuberculeux ne peut être effectué que lorsqu'il est sous couvert d'un document officiel et transporté directement vers le clos d'équarrissage.
- Lorsque le propriétaire conteste le diagnostic effectué par le vétérinaire, il peut demander une contre visite auprès de l'inspecteur vétérinaire de wilaya. La contre visite comprend un examen clinique et une nouvelle tuberculination six semaines plus tard. Le résultat est considéré comme définitif et dans le cas où l'infection serait confirmée, le marquage est immédiatement pratiqué.
- L'introduction d'un bovin nouveau, quelque soit son âge, au niveau de l'exploitation, est interdite jusqu'à la levée de la déclaration d'infection.
- L'exploitation concernée par la déclaration d'infection est soumise à la séquestration. La sortie des bovins ne peut être autorisée que pour raison d'abattage et ce, sous couvert d'un laissez-passer délivré par le vétérinaire sanitaire.
- L'accès aux locaux d'isolement des animaux reconnus tuberculeux est interdit à toute personne autre que le propriétaire, les employés chargés des soins et les agents des services vétérinaires dûment mandatés.
- Le lait provenant des bovins tuberculeux doit faire l'objet d'une destruction.
- Les veaux, nés de vaches reconnues tuberculeuses, doivent à la naissance être séparés de leurs génitrices et alimentés avec du lait de vaches reconnues indemnes ou avec du lait pasteurisé.
- L'ordre d'abattage des animaux atteints de tuberculose peut être donné par le ministre chargé de l'agriculture, dans le cadre d'un programme national ou par le wali dans le cadre d'un programme local.

- La désinfection des locaux et du matériel de l'exploitation après élimination des animaux tuberculeux est obligatoire. Elle est à la charge du propriétaire et est effectuée au formol (à 30 %) ou à l'hypochlorite.
- Sur proposition de l'inspecteur vétérinaire de wilaya, le wali lève la déclaration d'infection six semaines après constatation du dernier cas de tuberculose et ce, sous réserve de : l'élimination de tous les bovins tuberculeux ; une tuberculation négative du reste des bovins effectuée six semaines après le dernier cas ; et une désinfection intégrale ait été réalisée.
- Après la levée de la déclaration d'infection, un contrôle à l'intradermo-tuberculation doit être effectué sur le reste du cheptel au minimum deux fois à six mois d'intervalle.

2.2.4. Entraves à la mise en œuvre du plan de lutte dans la wilaya de Tizi-Ouzou

A l'issue de notre entretien avec le personnel de la D.S.A. de Tizi-Ouzou, il en ressort que la mise en œuvre du plan de lutte contre la TB dans la wilaya de Tizi-Ouzou est confrontée à plusieurs problèmes, à savoir :

a. Négligence

- La non application de la réglementation en vigueur relative à la TB ;
- La complaisance dans les opérations de dépistage ;
- Le non respect de la périodicité des dépistages ;
- Le non respect des règles de désinfection après les opérations d'assainissement ;
- Le non respect des délais d'abattage sanitaire.

b. Mentalités

Le dépistage n'étant obligatoire que pour les producteurs laitiers agréés, les autres éleveurs ne sont pas suffisamment motivés pour faire dépister leur cheptel.

c. Identification insuffisante des bovins

A l'heure actuelle, il n'existe pas de plan national d'identification du cheptel bovin.

d. Absence de contrôle lors des transactions

L'achat ou la vente de bovins sans contrôle préalable accroît le risque de diffusion de la TB.

2.2.5. Résultats de lutte contre la tuberculose bovine

A partir de la **figure 11**, il apparaît que la tuberculose bovine est présente chez les animaux domestiques durant toute la période 2005-2017. En revanche, chez la faune sauvage, la maladie n'a été formellement diagnostiquée que sur la période 2005-2008. A partir de 2008, l'OIE ne dispose pas de données. Ceci est également le cas pour les années 2018 et 2019 chez les animaux domestiques (**Anonyme 02, 2019**).

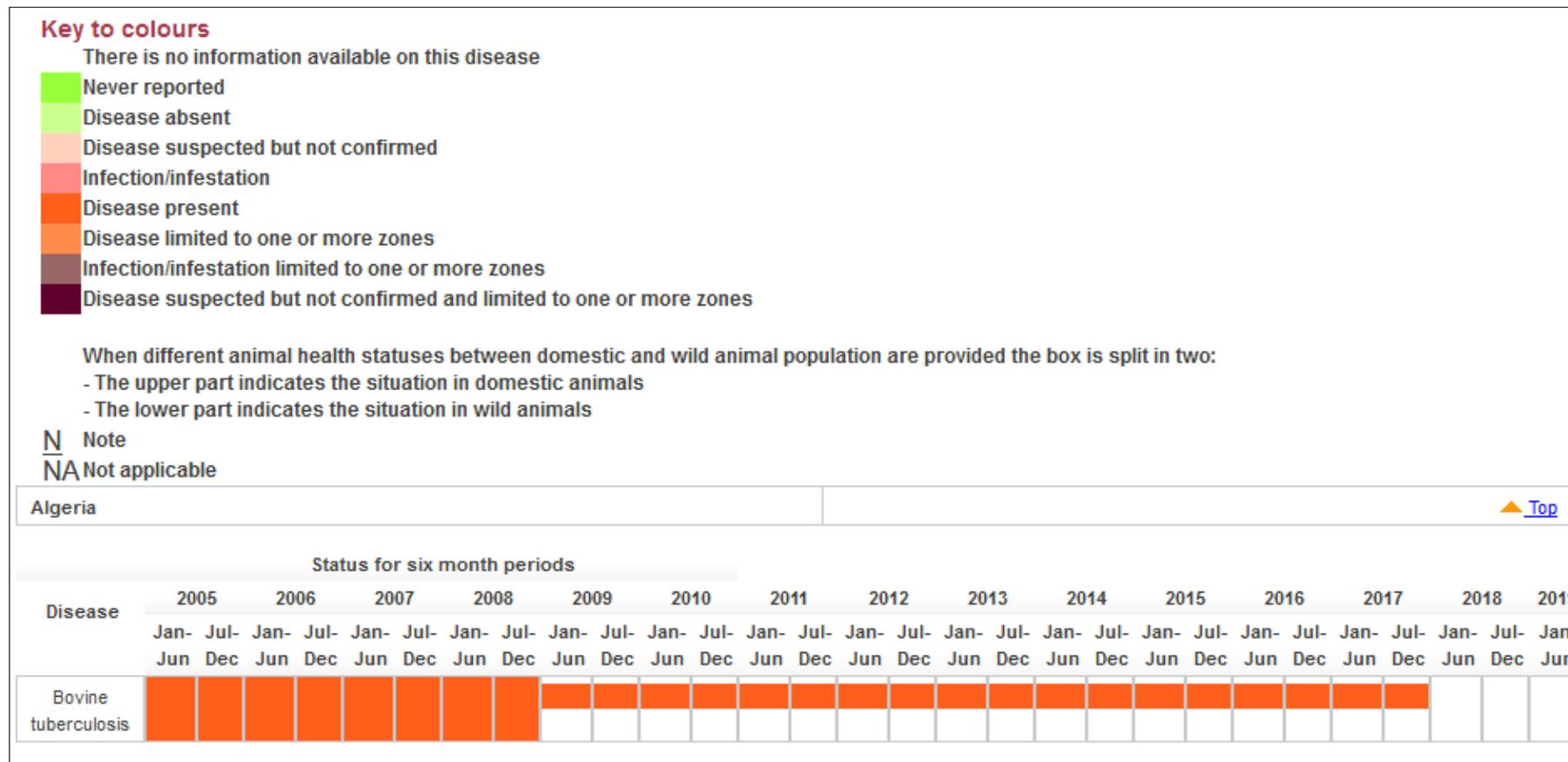


Figure 11. Présence de la tuberculose bovine chez les animaux domestiques et sauvages en Algérie sur la période 2005-2017 (Anonyme 02, 2019)

Le résultat de la lutte contre la tuberculose bovine au niveau national est davantage explicité par le calcul et la représentation graphique du taux annuel de prévalence de la maladie (**Tableau 01** et **Figure 12**).

Tableau 01. Taux annuel de prévalence dans les cheptels bovins atteints de tuberculose bovine en Algérie sur la période 2011-2018 (D.S.V., 2018)

Année	Effectif de bovins dépistés	Nombre de cas positifs	Taux annuel de prévalence
2011	77946	177	0,23%
2012	35842	228	0,64%
2013	41765	287	0,69%
2014	49496	363	0,73%
2015	23092	249	1,08%
2016	34978	609	1,74%
2017	23092	249	1,08%
2018	18704	155	0,83%

Le taux annuel de prévalence de la tuberculose bovine en Algérie a connu une hausse soutenue de 2011 à 2016 avec un net ralentissement entre 2012 et 2014 (**Figure 12**).

A partir de 2016, le taux de prévalence entame une baisse continue jusqu'à l'année 2018.

Ce retournement de tendances à partir du pic enregistré durant l'année 2016 laisse supposer une meilleure prise de conscience et la mise en œuvre de mesures de lutte relativement efficaces.

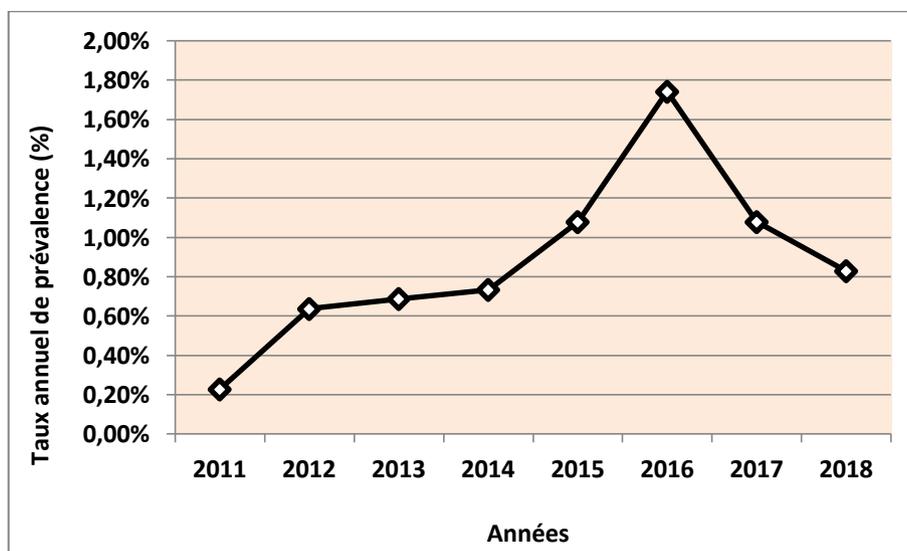


Figure 12. Évolution du taux annuel de prévalence de la tuberculose bovine dans les cheptels bovins en Algérie sur la période 2011-2018

Partie expérimentale

Objectifs

L'objectif principal de ce travail est de s'enquérir de l'état sanitaire du cheptel bovin de la wilaya de Tizi-Ouzou vis-à-vis de la tuberculose bovine durant la période 2011-2018. Le choix de cette région a été motivé essentiellement par sa vocation laitière et l'importance de son cheptel bovin et ce, en dépit de la surface fourragère limitée.

Pour ce faire, on aura recours dans un premier temps à des paramètres temporels pour mettre en évidence l'évolution de la maladie dans la région durant la période d'étude. On recherchera également l'origine de la maladie à travers la répartition spatiale des cas de tuberculose bovine sur les communes de la wilaya.

Dans un second temps, on examinera les caractéristiques des bovins atteints à travers leur répartition en fonction de l'âge et du sexe.

Enfin, on procédera à une comparaison entre l'évolution de la tuberculose bovine et celle de la tuberculose humaine durant la période d'étude afin de vérifier l'existence d'une éventuelle corrélation entre les deux maladies.

Matériel et méthodes

1. Description de la zone d'étude

La wilaya de Tizi-Ouzou est située au nord de l'Algérie dans la région Centre. Elle est limitée par la mer méditerranée au Nord et par les wilayas de Bouira au Sud, Boumerdes à l'Ouest et Béjaïa à l'Est. Elle comprend 67 communes et s'étend sur une superficie de 2994 km².

La région est dominée par un relief montagneux fortement accidenté, composée d'une chaîne côtière, d'un massif central et de la chaîne du Djurdjura, ainsi que d'une zone de piedmonts, des vallées et des plaines. De par l'aspect du relief, on distingue 04 principales zones (ANDI, 2013):

La zone 1 : composée de vallées et de plaines dont la pente est inférieure à 3%. Le sol est de nature limono-sableuse et la pluviométrie y est supérieure à 600 mm/an (**1^{er} plan sur la figure 14**).

La zone 2 : est la zone des bas piémonts. Les caractéristiques de cette zone s'apparentent à la précédente avec cependant une pente des terrains comprise entre 3 % et 12,5% (**2^{ème} plan sur la figure 14**).

La zone 3 : est la zone des hauts piémonts. La pente des terres est comprise entre 12,5% et 25%, avec une superficie de 92 940 hectares soit 31,42 % du territoire de la wilaya (**3^{ème} plan sur la figure 14**).

La zone 4 : est la zone des massifs montagneux de l'intérieur où la pente des terrains est supérieure à 25% (**4^{ème} plan sur la figure 14**).



Figure 13. Situation géographique de la wilaya de Tizi-Ouzou (ANDI, 2013)

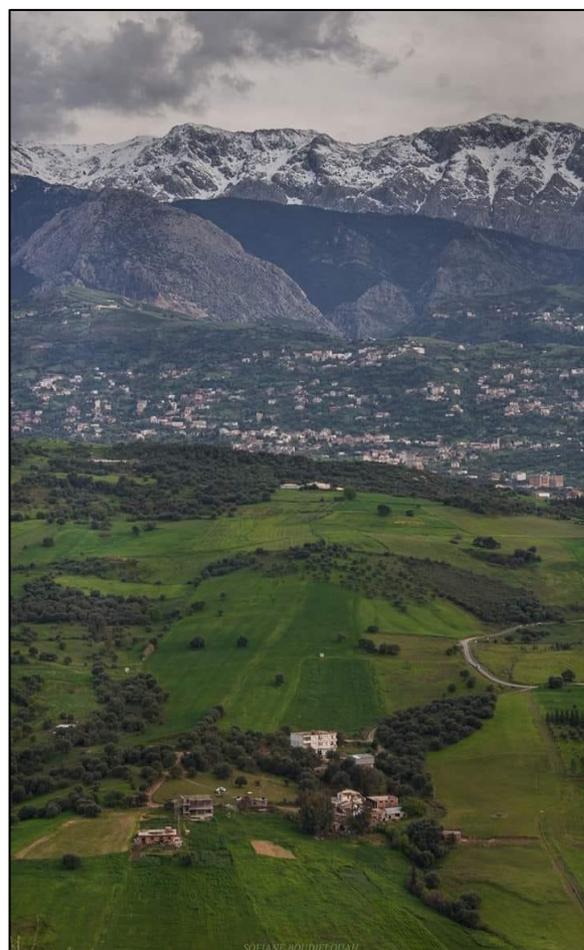


Figure 14. Reliefs de la wilaya de Tizi-Ouzou

Matériel et méthodes

La SAU (Surface Agricole Utile) de la wilaya est de 94 537 hectares, soit 31 % de la superficie totale (**Kadi et al., 2007**).

La région de Tizi-Ouzou est dominée par un climat de type méditerranéen, qui se caractérise par deux saisons bien contrastées : un hiver humide et froid et un été sec et chaud. Les précipitations varient en général entre 600 et 1000 mm/an avec de la neige en montagne; le gel y est fréquent en février. Les températures obéissent à un gradient altitudinal, basse en montagne et relativement forte en plaine (**ibid.**).

En matière de production animale et selon les statistiques de l'année 2018, la wilaya de Tizi-Ouzou dispose d'un cheptel bovin de 93661 dont 40423 vaches laitières et 6208 taureaux reproducteurs (**Annexe 01**)⁶.

La taille moyenne des cheptels bovins dans la wilaya de Tizi-Ouzou serait de 18 têtes. Chez certains éleveurs potentiels, le nombre de bovins dépasserait la quarantaine voire la centaine dans de rares cas⁷.

A l'issue de notre entretien avec le personnel de la D.S.A. de Tizi-Ouzou, il en ressort que certaines étables seraient conçues conformément aux normes d'hygiène, notamment ceux abritant des cheptels importants. En revanche, dans les étables ou locaux à faible capacité, les paramètres zootechniques n'y sont généralement pas respectés.

On y trouve la race Holstein pie rouge et pie noire, la pie rouge Montbéliarde, la Fleckvieh, la Brune des Alpes et la race locale. Cette dernière est menée en stabulation libre au niveau des piedmonts et des zones montagneuses.

A l'heure actuelle, il n'existe pas de plan national d'identification du cheptel bovin. Néanmoins, le cheptel faisant objet de dépistage est systématiquement identifié.

Le transport et le déplacement des animaux se font librement sauf en cas d'épidémie auquel cas leur circulation est réglementée.

⁶ Données de la D.S.A. de Tizi-Ouzou

⁷ Moyenne des tailles des cheptels bovins dépistés dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2014-2018 (données de la D.S.A. de Tizi-Ouzou)

2. Matériel

Afin de mener à bien ce travail, on a eu recours à une collecte de données statistiques, de documents administratifs (ordres d'abattage, voir **annexe 05**) et de textes législatifs relatifs à la TB en Algérie, en particulier dans la wilaya de Tizi-Ouzou et dans une moindre mesure, à des données relatives à la tuberculose humaine.

Les données statistiques relatives à la tuberculose bovine ont été collectées auprès de :

- L'inspection vétérinaire et le service des statistiques de la Direction des Services Agricoles (D.S.A.) de la wilaya de Tizi-Ouzou ;
- La Direction des Services Vétérinaires (D.S.V.) au niveau du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et de la Pêche.

En ce qui concerne la tuberculose humaine, les données statistiques ont été collectées auprès de la Direction de la Santé et de la Population (D.S.P.) de la wilaya de Tizi-Ouzou.

S'agissant des textes législatifs, ils ont été mis à notre disposition par le personnel de la D.S.V.

3. Méthode

Les données brutes collectées ont par la suite fait l'objet d'un traitement statistique à travers :

- La construction de tableaux ;
- Des représentations graphiques ;
- Des cartes géographiques ;
- Le calcul de différents taux.

Plusieurs taux ont en effet été calculés, à savoir :

- *Taux de prévalence individuelle* : qui est le rapport du nombre de bovins infectés sur l'effectif des bovins dépistés (**Toma et al., 2001**).
- *Taux annuel d'incidence des découvertes d'abattoir* : rapport entre le nombre de bovins tuberculeux constatés après abattage et le nombre total de bovins abattus.
- *Taux de prévalence cheptel*: rapport du nombre de cheptels infectés par la TB sur le nombre de cheptels de bovins dépistés dans la région (**Toma et al., 2001**).

Matériel et méthodes

- *Taux annuel d'infection interne* : rapport du nombre d'animaux infectés sur le nombre d'animaux présents dans les foyers (**Toma et al., 2001**). Ce taux a été calculé pour chaque commune.

La démarche descriptive a été structurée comme suit :

- La description de l'état sanitaire de la wilaya de Tizi-Ouzou concernant la TB sur la période 2011-2018. Celle-ci est évaluée suivant les dimensions temporelle et spatiale ;
- La description des bovins tuberculeux suivant les critères de l'âge et du sexe ;
- La description de l'aspect zoonotique de la tuberculose bovine à travers la comparaison du nombre de cas de tuberculose bovine et de la tuberculose humaine.

Enfin, la démarche analytique a porté sur la discussion des résultats obtenus.

Résultats

1. Description de l'état sanitaire

L'état sanitaire de la wilaya de Tizi-Ouzou concernant la tuberculose bovine sur la période 2011-2018 est évalué suivant les dimensions temporelle et spatiale. Cette dernière est appréhendée à travers la répartition des cas de tuberculose bovine sur les communes de la wilaya ainsi que le taux d'infection dans les cheptels bovins dépistés par commune. Concernant l'évolution temporelle de la TB, elle est retracée à travers le nombre de cas positifs au test d'intradermo-tuberculation, les taux de prévalence individuelle et cheptel, ainsi que le taux annuel d'incidence des découvertes d'abattoir de bovins atteints.

1.1. Évolution temporelle

La **figure 15** réalisé à partir du tableau en **annexe 02** retrace l'évolution des cas de tuberculose bovine révélés par tuberculation dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2011-2018.

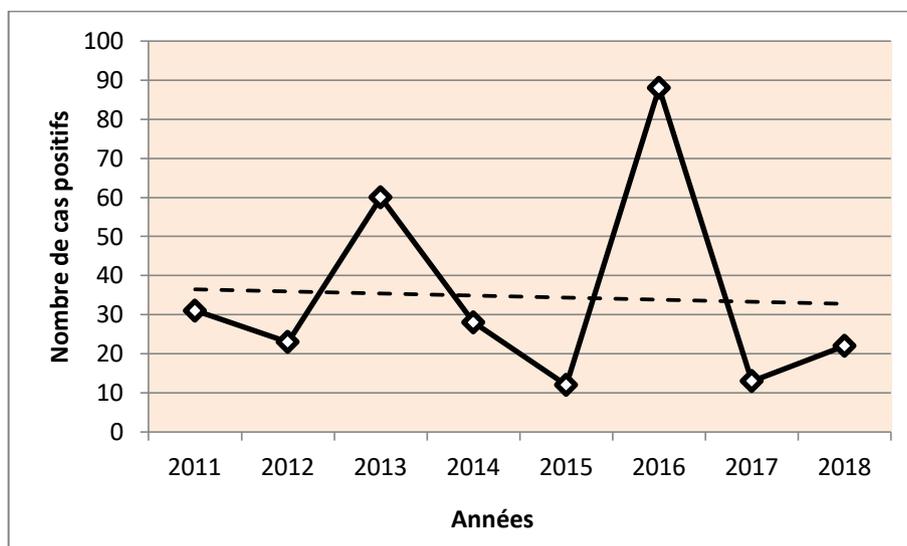


Figure 15. Évolution des cas positifs au test de tuberculation dans les cheptels bovins de la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2011-2018

On constate une fluctuation quasi régulière du nombre de cas positifs ainsi qu'un pic enregistré durant l'année 2016 (88 cas). Par ailleurs, la tendance générale de l'évolution des cas de tuberculose bovine est plutôt baissière.

- **Prévalence individuelle**

Le taux annuel de prévalence individuelle de la tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2014 – 2018 a été calculé sur le **tableau 02**.

Résultats

Tableau 02. Taux de prévalence individuelle de la tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2014-2018 (D.S.A. de Tizi-Ouzou, 2018)

Année	Nombre d'animaux dépistés	Nombre de cas positifs	Taux de prévalence (%)
2014	8991	28	0,31%
2015	4803	12	0,25%
2016	4145	88	2,12%
2017	4221	13	0,31%
2018	2773	22	0,79%

Il y a lieu de souligner que le nombre de bovins dépistés a connu une baisse progressive et significative.

L'évolution du taux de prévalence est illustrée sur la **Figure 16**.

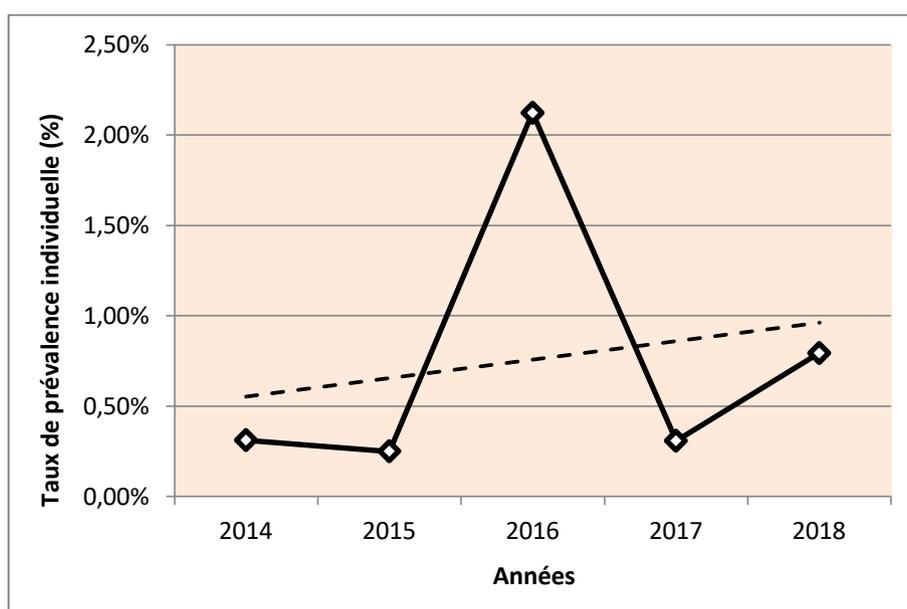


Figure 16. Évolution du taux de prévalence individuelle de la tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2014-2018

On constate notamment que l'année 2016 se distingue par un taux particulièrement élevé et que la tendance globale est à la hausse.

- **Prévalence cheptel**

Le taux annuel de prévalence cheptel de la tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2014 - 2018 a été calculé sur le **tableau 03**.

Résultats

Tableau 03. Taux annuel de prévalence cheptel de la tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2014 - 2018 (D.S.A. de Tizi-Ouzou, 2018)

Année	Nombre de cheptels dépistés	Nombre de cheptels infectés	Taux de prévalence cheptel (%)
2014	655	10	1,53%
2015	338	4	1,18%
2016	367	18	4,90%
2017	364	6	1,65%
2018	219	6	2,74%

De même que le nombre de bovins dépistés (**Tableau 02**), le nombre de cheptels dépistés a également connu une diminution significative (diminution de près de 2/3 sur 5 ans).

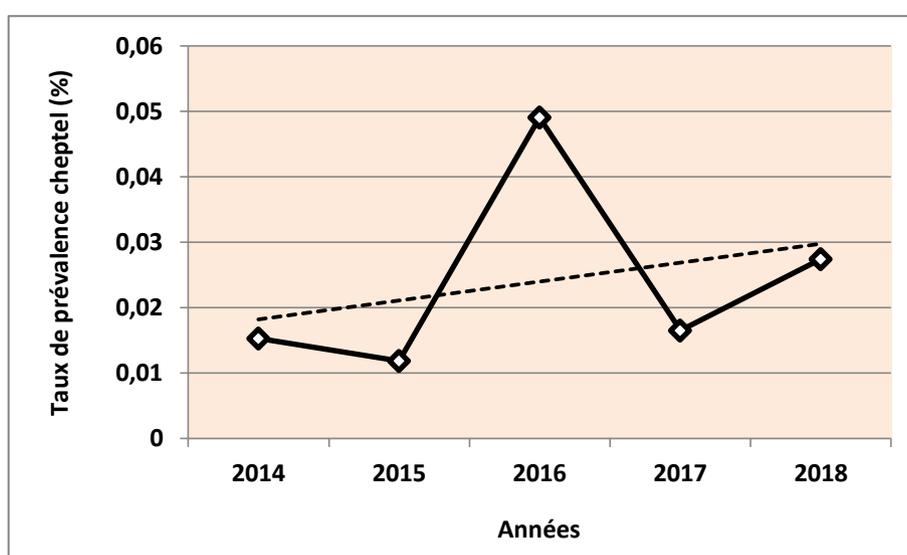


Figure 17. Évolution du taux annuel de prévalence cheptel de la tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2014 - 2018

L'évolution annuelle du taux de prévalence cheptel fait ressortir une tendance globale à la hausse (**Figure 17**) et un taux exceptionnellement élevé durant l'année 2016.

- **Taux annuel d'incidence des découvertes d'abattoir**

Le taux annuel d'incidence des découvertes d'abattoir a été calculé sur le **tableau 04**.

Tableau 04. Taux annuel de découvertes d'abattoir de cas de tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2014-2018 (D.S.A. de Tizi-Ouzou, 2018)

Année	Nombre de bovins abattus	découvertes d'abattoir	Taux de découvertes d'abattoir (%)
2014	36434	380	1,04%
2015	33895	302	0,89%
2016	36122	306	0,85%
2017	34116	254	0,74%
2018	28108	125	0,44%

Résultats

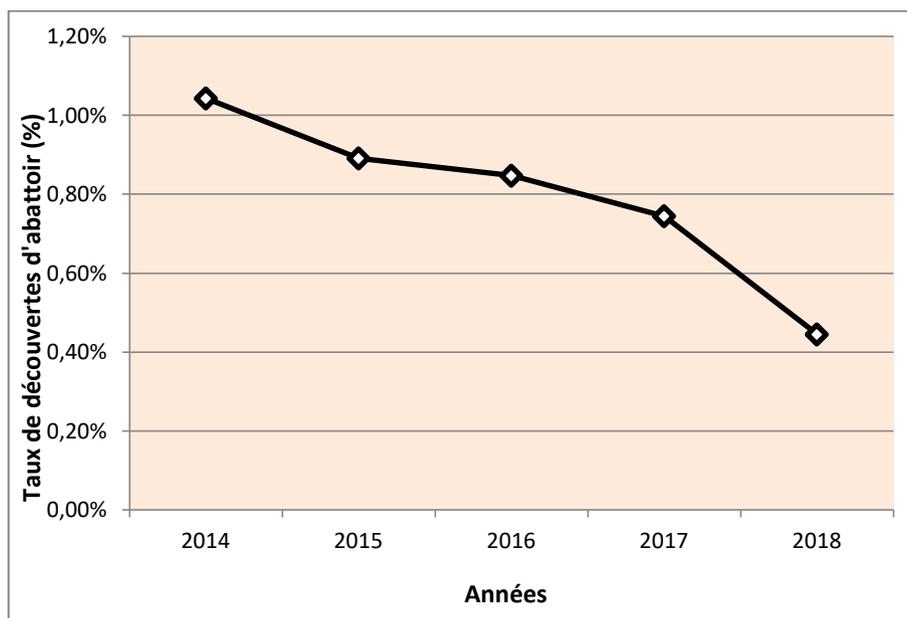


Figure 18. Évolution du taux annuel d'incidence des découvertes d'abattoir de bovins atteints de tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2014-2018

Au niveau de l'abattoir, le taux d'incidence des découvertes de cas de tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2014 - 2018 (**Figure 18**) a connu une baisse soutenue.

1.2. Répartition spatiale

La répartition spatiale des cas de tuberculose bovine enregistrés durant la période 2011–2018 sur les communes de la wilaya de Tizi-Ouzou est représentée sur la **figure 19**. Pour chaque commune, on a calculé la proportion correspondante des cas de tuberculose bovine.

L'observation de la carte montre que les communes ayant enregistré le plus grand nombre de cas de tuberculose bovine sont les communes de Fréha (25.99%), Aïn Zaouia (10.83%) et Timizart (8.30%).

On constate également que la tuberculose bovine est essentiellement concentrée sur la moitié nord de la wilaya et dans une moindre mesure, dans les communes situées au Sud-ouest.

Résultats

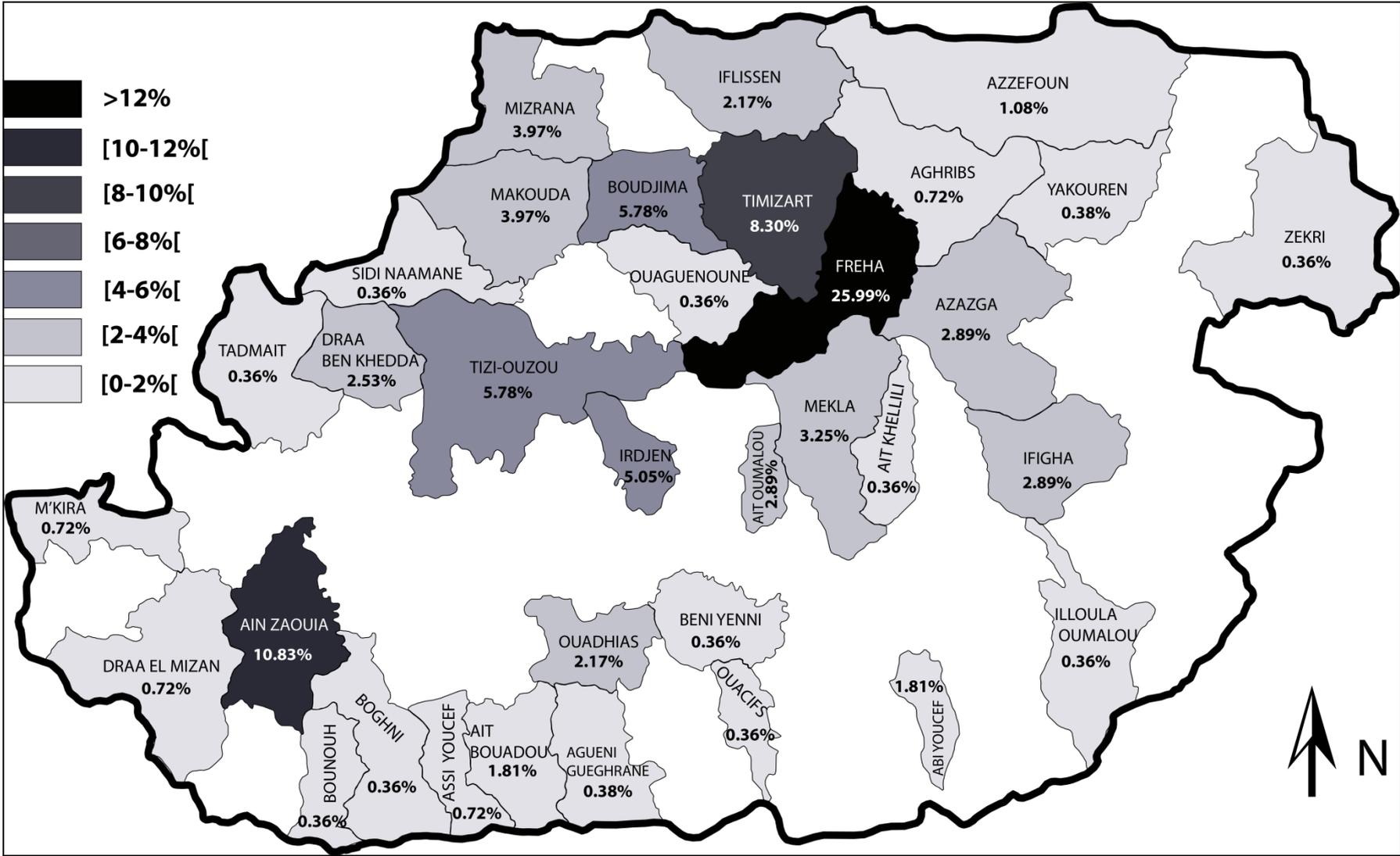


Figure 19. Répartition spatiale des cas de tuberculose bovine enregistrés durant la période 2011 - 2018 sur les communes de la wilaya de Tizi-Ouzou (Réalisée à partir du tableau en annexe 02)

Résultats

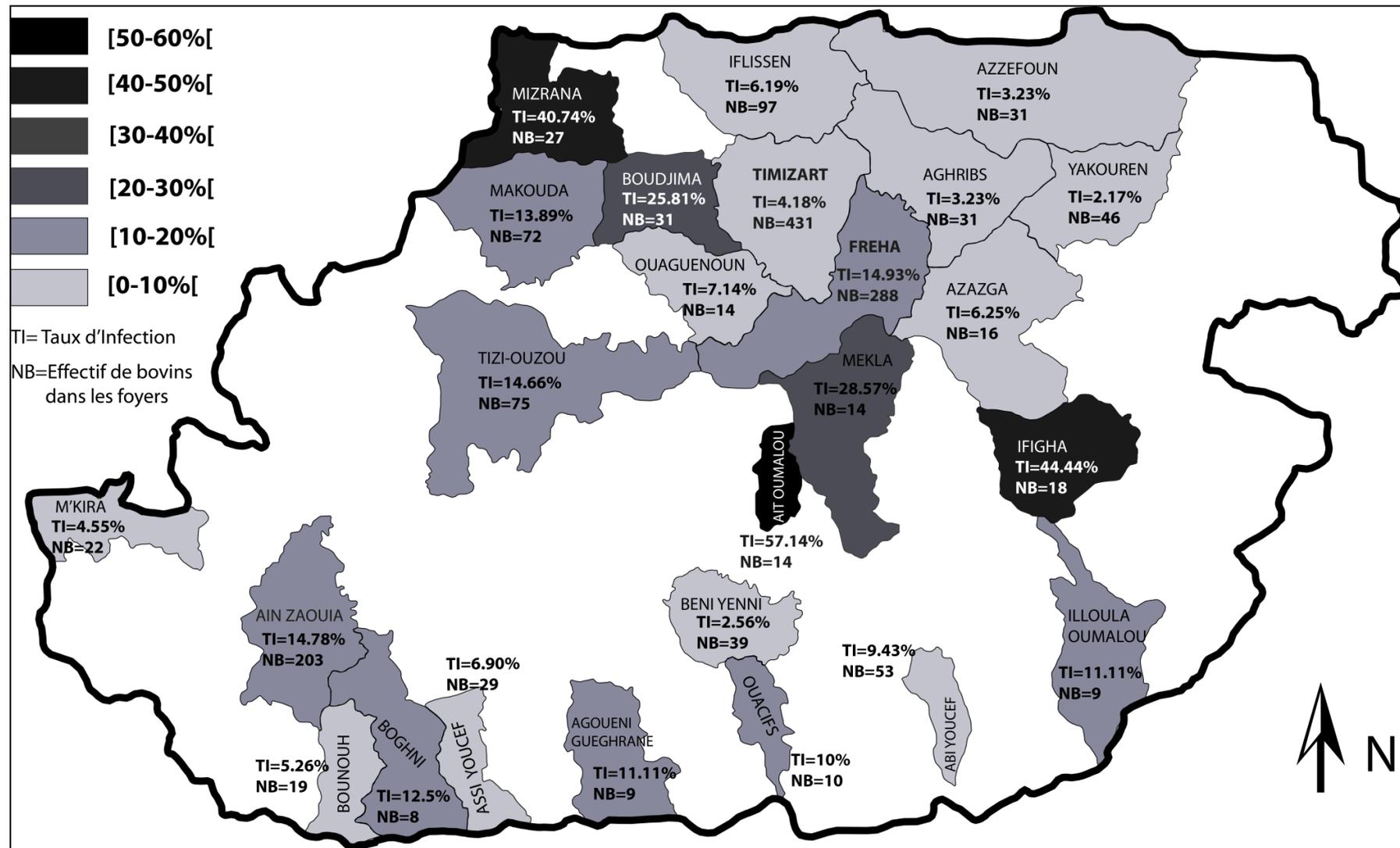


Figure 20. Répartition spatiale des taux d'infection dans les cheptels bovins dépistés par commune de la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2013-2018 (Réalisée à partir du tableau en annexe 03)

Résultats

La répartition par commune des cas positifs au test de tuberculination dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2011-2018 est représentée sur la **figure 21**.

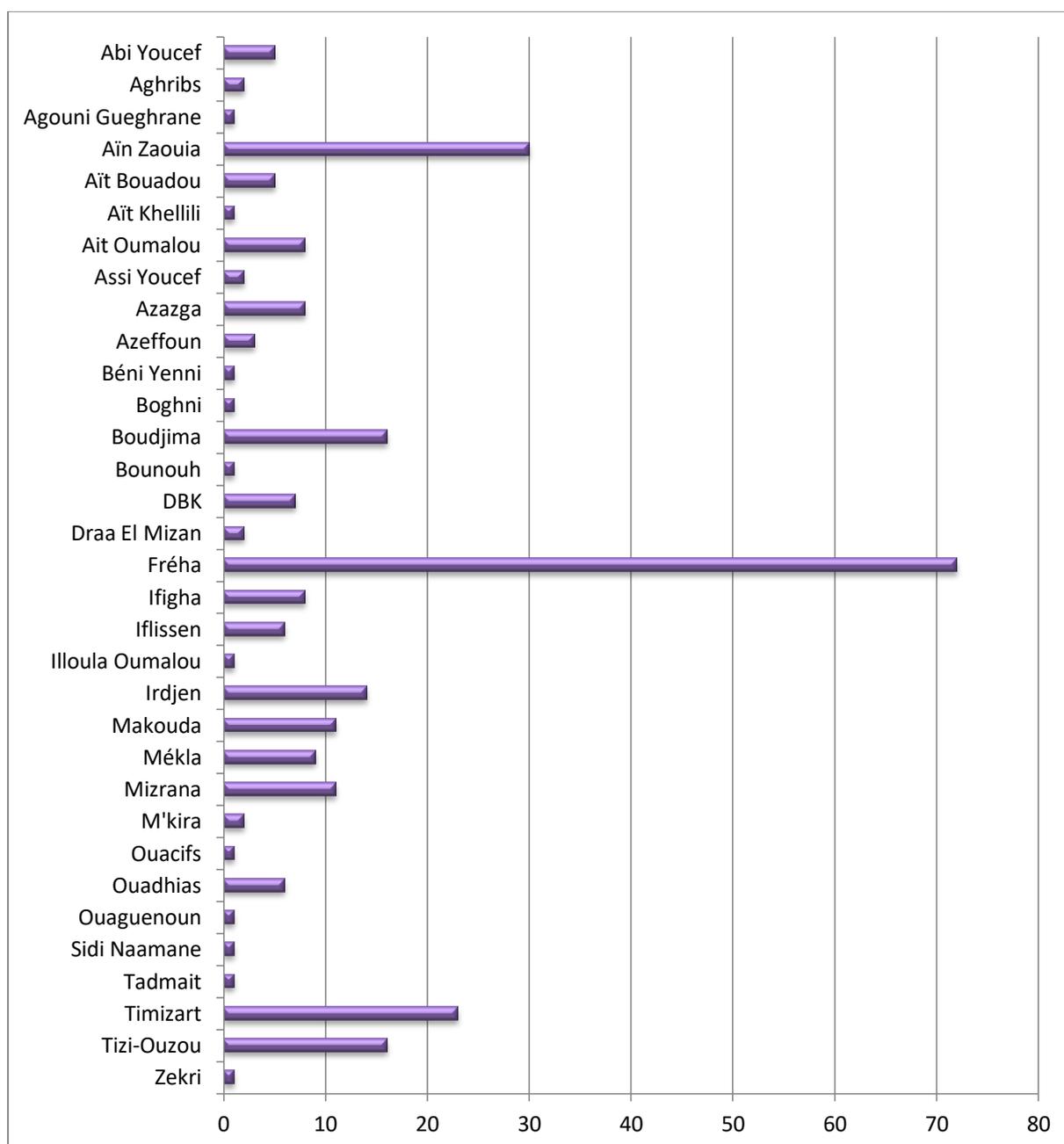


Figure 21. Répartition par commune des cas positifs au test de tuberculination dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2011-2018 (Réalisé à partir du tableau en annexe 02)

Le graphique met en exergue une concentration des cas sur un petit nombre de communes, la commune de Fréha ayant enregistré l'incidence la plus importante (72 cas). Les communes de Aïn Zaouia, Boudjima, Irdjen, Makouda, Mizrana, Timizart et Tizi-Ouzou, ont également enregistré une incidence sensiblement supérieure à la plupart des communes (entre 11 et 30 cas). Enfin, il y a lieu de remarquer que seules 33 communes (**Figure 21**), sur les 67 que compte la wilaya de Tizi-Ouzou, ont enregistré des cas positifs à la tuberculination.

Résultats

- **Taux d'infection dans les cheptels bovins dépistés par commune**

La répartition du taux d'infection par la tuberculose bovine (test de tuberculination) sur la période 2013-2018 parmi les communes de la wilaya de Tizi-Ouzou est représentée sur la **figure 20** et sur la **figure 22**.

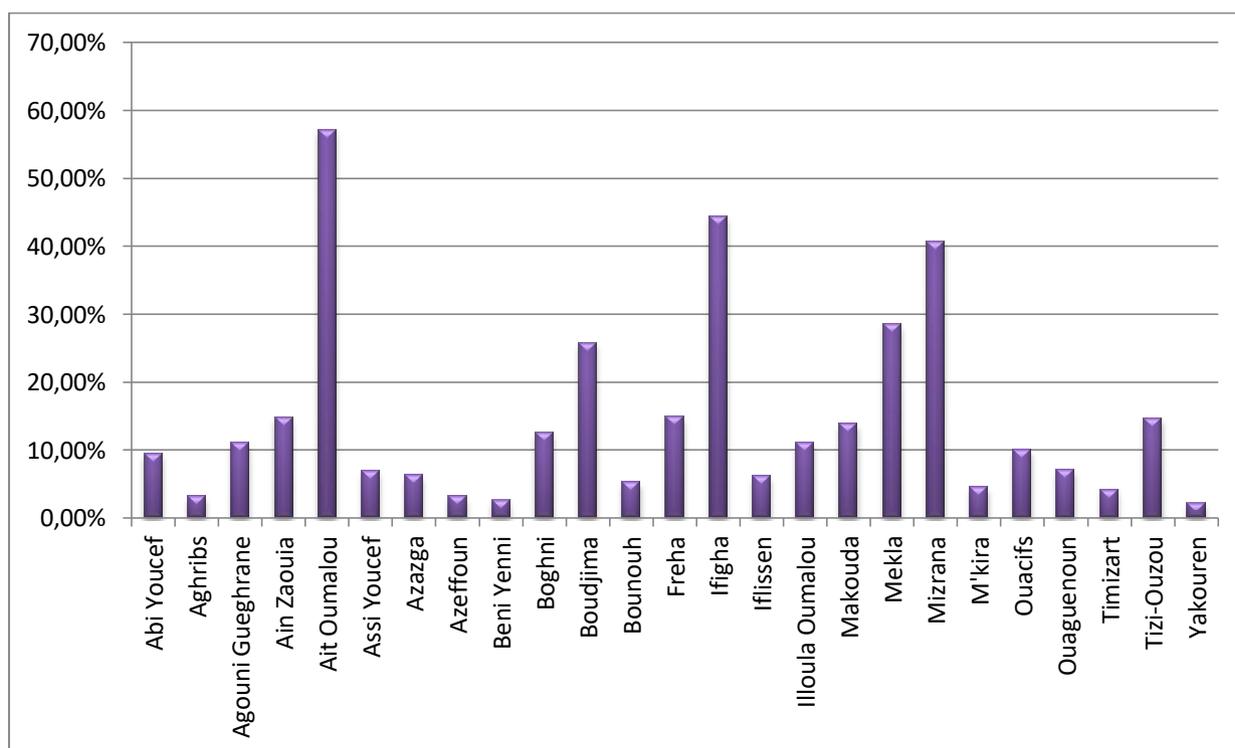


Figure 22. Taux d'infection dans les cheptels bovins dépistés par commune dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2013-2018 (**Réalisé à partir du tableau en annexe 03**)

De même que sur la figure 19, la **figure 20** montre que les taux d'infection les plus significatifs sont concentrés principalement sur la partie nord de la wilaya. La maladie est concentrée essentiellement sur 05 communes, la commune de Aït Oumalou ayant enregistré le taux d'infection le plus élevé (57.14%).

2. Caractéristiques des bovins infectés

Les bovins atteints de tuberculose bovine ont été classés en fonction de l'âge et du sexe.

2.1. Répartition en fonction de l'âge

La répartition des cas de tuberculose bovine enregistrés dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période allant du second semestre de 2014 à l'année 2018 en fonction de l'âge des bovins infectés est représentée sur le **tableau 05** et la **figure 23**.

Résultats

Tableau 05. Répartition des cas de tuberculose bovine en fonction de l'âge dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période allant du second semestre de 2014 à 2018 (**D.S.A. de Tizi-Ouzou, 2018**)

Tranches d'âge	[0-2]	[3-5]	[6-8]	[9-11]	[12-14]	[15-17]	Total
Nombre de cas positifs	20	64	52	13	2	2	153
Fréquence des cas (%)	13%	42%	34%	8%	1%	1%	100%

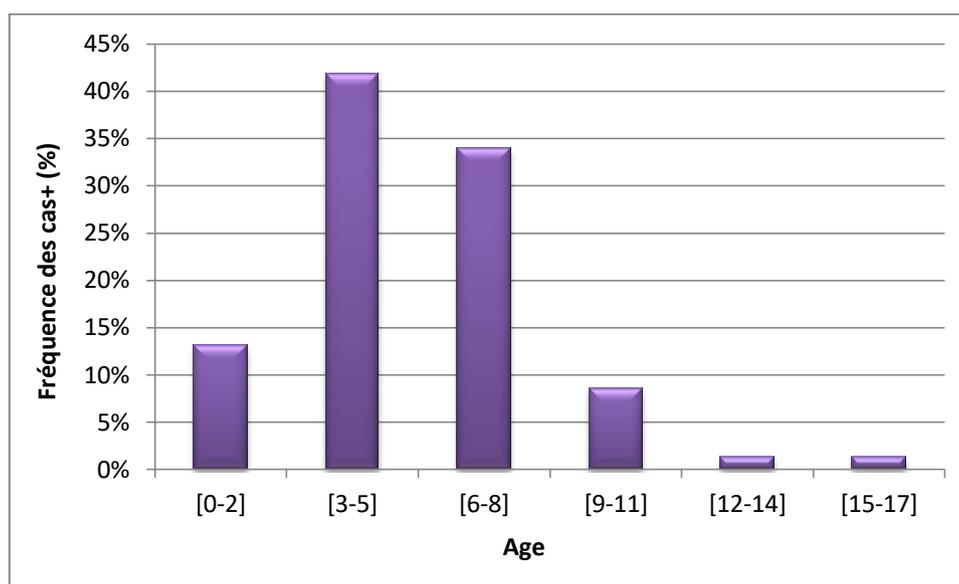


Figure 23. Répartition des cas de tuberculose bovine en fonction de l'âge dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période allant du second semestre de 2014 à l'année 2018

42% des bovins infectés sont âgés entre 3 et 5 ans ; 34% entre 6 et 8 ans ; 13% entre 0 et 2 ans ; 8% entre 9 et 11 ans et seulement 2% entre 12 et 17 ans.

2.2. Répartition en fonction du sexe

La répartition des cas enregistrés de tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période allant du second semestre de 2014 à 2018 en fonction du sexe (**Tableau 06**) indique que 96% des bovins infectés sont des femelles.

Tableau 06. Répartition des cas positifs de tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou en fonction du sexe sur la période allant du second semestre de 2014 à 2018 (**D.S.A. de Tizi-Ouzou, 2018**)

Sexe	Nombre de bovins positifs	Fréquence des cas positifs (%)
Mâle	7	4%
Femelle	154	96%
Total	161	100%

3. Aspect zoonotique

Afin de vérifier l'existence d'une éventuelle corrélation entre l'évolution de la tuberculose bovine et celle de la tuberculose humaine dans la wilaya de Tizi-Ouzou (**Tableau 07**), on a représenté sur un même graphique (**Figure 24**) les courbes de variation du nombre de cas positifs sur la période 2010 – 2018.

Résultats

Tableau 07. Évolution des cas de tuberculose bovine et humaine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2010-2018 (D.S.A. et D.S.P. de Tizi-Ouzou, 2018)

Année	Tuberculose humaine	Tuberculose bovine
2010	365	n/a*
2011	348	31
2012	324	23
2013	337	60
2014	320	28
2015	326	12
2016	278	88
2017	260	13
2018	n/a	22

* not applicable

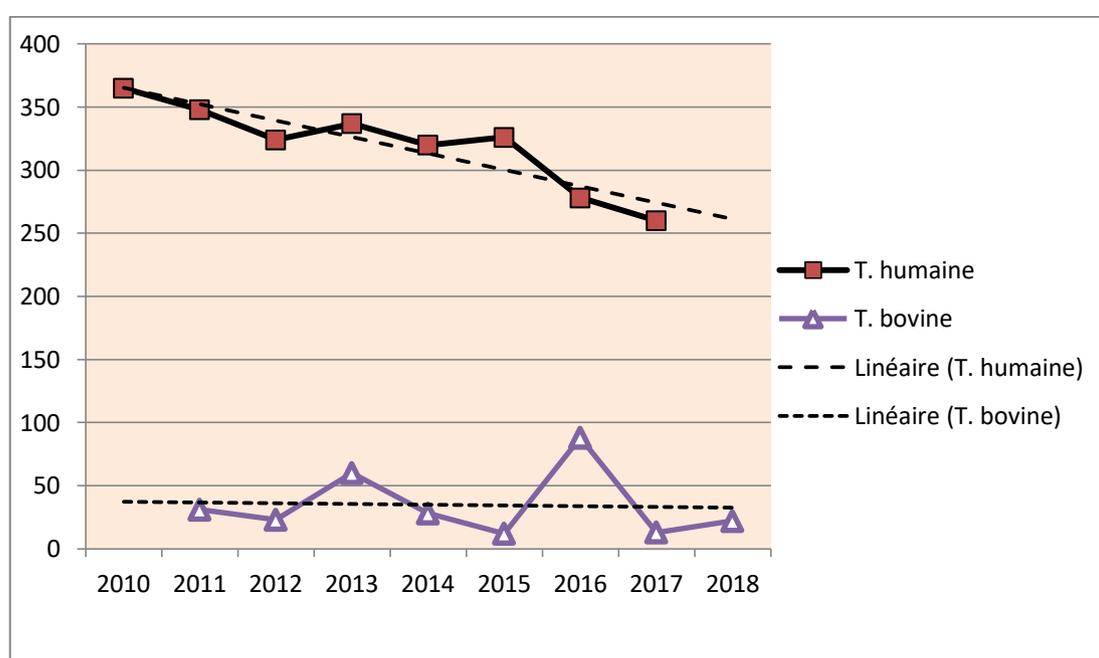


Figure 24. Évolution des cas de tuberculose bovine et humaine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2010-2018

On constate que la tuberculose bovine et la tuberculose humaine ont toutes les deux progressé à la baisse, quoique les courbes de tendance linéaires présentent des pentes différentes, celle de la tuberculose humaine étant la plus accentuée.

Discussion

Discussion

Les données collectées se rapportent essentiellement à la wilaya de Tizi-Ouzou en raison du ciblage préalable de cette région comme zone d'étude dans le cadre de ce travail. Le choix de la région a été motivé essentiellement par sa vocation laitière et l'importance de son cheptel bovin et ce, en dépit de la surface fourragère limitée.

Le traitement statistique qui a été effectué sur les données est purement descriptif. En effet, les résultats graphiques et quantitatifs auxquels on a abouti ne pourraient être généralisés à l'ensemble de la population statistique mais se limitent à l'échantillon considéré. Ce dernier est défini par le nombre de bovins/cheptels dépistés ainsi que par la période étudiée. Le recours à la statistique descriptive plutôt qu'à l'inférence statistique s'explique essentiellement par le nombre limité des années pour lesquelles les données sont disponibles. Néanmoins, le matériel et la méthode mobilisés présentent l'avantage de la fiabilité et de la clarté. En effet, les données utilisées ont été fournies par des institutions officielles (D.S.V., D.S.A., D.S.P.), ce qui rend la marge d'erreur relativement limitée.

Dans ce qui suit, le commentaire et l'analyse des résultats précédents seront effectués suivant les dimensions spatiale et temporelle, mais aussi en fonction des critères d'âge et de sexe. L'aspect zoonotique de la tuberculose sera également examiné.

L'évolution de la TB dans la wilaya de Tizi-Ouzou a été examinée dans un premier temps d'un point de vue général sur la période 2011-2018 (**Figure 15**). Cela a été effectué à travers le dénombrement annuel des bovins dont le résultat du test d'intradermo-tuberculation s'est avéré positif (IDR+). Les résultats obtenus ont mis en évidence une fluctuation quasi régulière du nombre de cas de TB, l'existence d'un pic de cas durant l'année 2016, ainsi qu'une tendance générale plutôt baissière.

La fluctuation du nombre de cas de TB exprime la persistance de la maladie dans la région durant la période d'étude. Cela peut être attribué à plusieurs facteurs, à savoir une résurgence régulière de la maladie au sein des cheptels bovins due probablement à un dépistage biaisé, mais également à des facteurs externes, tels que l'introduction de bovins infectés ou le contact de voisinage.

Par ailleurs, le pic de cas positifs enregistré durant l'année 2016 coïncide avec le pic du taux de prévalence annuelle de la TB à l'échelle nationale (**Figure 12**) enregistré durant la même année. Ce constat nous permet d'écarter l'hypothèse d'une recrudescence de la maladie uniquement au niveau local.

Discussion

Ces deux constats, à savoir la fluctuation et le pic, ont également été observés à travers l'évolution du taux de prévalence individuelle de la TB (**Figure 16**) ; ainsi que celle du taux de prévalence cheptel (**Figure 17**) dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2013-2018.

En revanche, la tendance baissière du nombre de cas de TB dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2011-2018, aussi légère soit-elle, contraste avec la tendance haussière observée sur les graphiques des figures 16 et 17. Ceci s'explique par la décroissance du nombre d'animaux dépistés (taux de prévalence individuelle) et du nombre de cheptels dépistés (taux de prévalence cheptel).

Parallèlement aux cas de TB révélés par le test d'intradermo-tuberculation, l'évolution du taux annuel d'incidence des découvertes d'abattoir de bovins atteints de TB dans la wilaya de Tizi-Ouzou a également été retracée sur la période 2014-2018 (**Figure 18**). La diminution nette qui a été observée pourrait s'expliquer par une meilleure détection en amont de la TB par le test d'intradermo-tuberculation (tendance à la hausse sur les graphiques des figures 16 et 17). Cette diminution du nombre de découvertes d'abattoir pourrait également s'expliquer par l'ampleur de l'abattage clandestin.

L'observation de la carte géographique de la wilaya de Tizi-Ouzou (**Figure 19**) montre que les communes ayant enregistré le plus de cas de TB ne sont pas frontalières des wilayas limitrophes (Boumerdes, Bouira et Béjaia). Bien au contraire, les communes situées aux frontières de la wilaya sont celles qui ont enregistré peu ou pas de cas de TB. Toutefois, il y a lieu de souligner que les communes ayant enregistré le plus de cas de TB sont également celles dont les cheptels bovins sont plus importants. Ceci est également le cas si l'on se réfère à la variation des taux d'infection parmi les communes de la wilaya de Tizi-Ouzou sur la **figure 20** et la **figure 22** (à l'exception de Mizrana). Par conséquent, on est en mesure de supposer que le problème de la TB dans la wilaya de Tizi-Ouzou ne provient pas des wilayas limitrophes. Autrement dit, la maladie y serait enzootique. Cette hypothèse est d'autant plus vraisemblable que la région de Tizi-Ouzou est réputée pour la densité de sa végétation forestière et la diversité de sa faune sauvage. Cette dernière serait alors probablement un vecteur important de la tuberculose bovine vers les animaux domestiques, en l'occurrence les bovins.

Par ailleurs, la répartition spatiale de la TB dans la wilaya de Tizi-Ouzou indique que 33 communes sur les 67 communes que compte la wilaya de Tizi-Ouzou ont enregistré des cas de TB durant la période d'étude. Ce résultat exprime une concentration spatiale assez importante

Discussion

de la maladie (49%). L'observation des cartes (**Figures 19 et 20**) montre que la tuberculose bovine est essentiellement concentrée sur la moitié nord de la wilaya et dans une moindre mesure, dans les communes situées au Sud-ouest. Cette concentration et le regroupement des communes corroborent l'hypothèse d'une diffusion locale de la maladie. Cette hypothèse est d'autant plus vraisemblable que les communes épargnées par la maladie s'étendent également sur deux principales zones.

Le résultat de la répartition des cas de TB enregistrés dans la wilaya de Tizi-Ouzou en fonction de l'âge indique que la plupart des bovins infectés (87%) sont âgés de plus de 3 ans. Ce résultat correspond parfaitement aux conclusions de la littérature. En effet, **Matrat (2014)** considère que les animaux âgés sont plus susceptibles d'être atteints que les jeunes du fait qu'ils aient été exposés à la bactérie plus longtemps. En outre, dans le cas de la tuberculose, les veaux peuvent être contaminés mais l'évolution clinique ne se fera le plus souvent qu'à l'âge adulte après une longue phase de latence. Dans le cas de l'Algérie, le résultat obtenu s'explique également par le fait que les bovins laitiers soient les seuls concernés par l'identification et le dépistage obligatoires (**Instruction ministérielle N° 409/SPM du 10/06/1995**). Or, ce type d'élevage est justement caractérisé par une longévité relativement plus grande comparée à celle du bovin viandeux. D'ailleurs, les tranches d'âge ayant enregistré l'effectif le plus important (76% des bovins infectés sont âgés entre 3 et 8 ans) correspondent à la période de lactation des vaches laitières. Par ailleurs, la faible proportion des bovins infectés dont l'âge dépasse 8 ans (10%) ne va pas à l'encontre des conclusions de la littérature mais s'expliquerait par l'abattage quasi systématique des bovins aussi âgés, notamment les vaches réformées. Autrement dit, si le nombre de bovins âgés de plus de 8 ans dans le cheptel était aussi important que celui des bovins moins âgés, la prévalence de la tuberculose bovine aurait vraisemblablement été plus élevée parmi les bovins âgés de plus de 8 ans en raison du caractère chronique de la maladie.

Le résultat de la répartition des cas de TB enregistrés dans la wilaya de Tizi-Ouzou en fonction du sexe des bovins infectés est particulièrement remarquable. En effet, 96% des bovins infectés sont des femelles. Du point de vue de la littérature, la prédominance de la tuberculose bovine chez l'un des deux sexes n'aurait pas fait l'objet de résultats concluants (**Matrat, 2014**). Néanmoins, le mode d'élevage appliqué aux vaches laitières (stabulation et confinement prolongés) ainsi que le stress de la lactation et de la gestation les rendent plus vulnérables à l'infection par *M. bovis* que les mâles. De plus, elles sont conservées en général jusqu'à un âge plus avancé que les mâles dans l'élevage (**Faye, 2010**). De même que le résultat de la

Discussion

répartition des cas de tuberculose bovine en fonction de l'âge, le résultat obtenu quant à la prédominance de la maladie chez les femelles est corroboré par le fait que les bovins laitiers soient les seuls concernés par l'identification et le dépistage obligatoires.

Les résultats statistiques relatifs à la TB en tant que zoonose (**Figure 24**) montrent une évolution concomitante à la baisse des cas de tuberculose bovine et de la tuberculose humaine dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2010–2018. Toutefois, on a constaté une amélioration plus rapide de la tuberculose humaine.

Si l'on se réfère à la littérature, la transmission interhumaine de la tuberculose à *M. bovis* serait rare (**Van Soolingen et al., 1994 ; Biet et al., 2005**). Cela suggère que la diffusion de la maladie chez l'Homme s'expliquerait essentiellement par le contact entre l'Homme et l'animal. En effet, la transmission de *M. bovis* à l'Homme s'effectue essentiellement par inhalation d'aérosols contaminés (voie respiratoire) ou par ingestion de lait cru ou de produits laitiers contaminés (voie orale) conduisant à des tuberculoses extra-pulmonaires (**O'Reilly et Dabornb, 1995**).

Les résultats obtenus (**Figure 24**) rejoignent dans une certaine mesure les conclusions de la littérature. En effet, l'examen du graphique indique qu'un pic (creux) des cas de tuberculose humaine s'accompagne généralement par un pic (creux) des cas de TB. En revanche, les années 2015 et 2016 affichent une divergence entre les deux maladies. Concernant l'année 2015, la hausse du nombre de cas de la tuberculose humaine et la baisse de la TB pourrait s'expliquer par une origine de la tuberculose humaine autre que *M. bovis*. Quant à l'année 2016, la baisse du nombre de cas de la tuberculose humaine alors que la TB avait enregistré son pic le plus important s'expliquerait éventuellement par une campagne de sensibilisation et de prévention particulièrement efficace.

Enfin, il y a lieu de souligner le caractère mitigé des hypothèses que nous venons d'émettre. De fait, le diagnostic microbiologique d'espèce des cas de tuberculose (chez l'Homme) en Algérie est peu réalisé et documenté.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

L'objectif principal de ce travail était de s'enquérir de l'état sanitaire du cheptel bovin de la wilaya de Tizi-Ouzou vis-à-vis de la tuberculose bovine.

Afin d'atteindre cet objectif, nous avons dans un premier temps développé à partir de la littérature un ensemble d'éléments nécessaires à la compréhension de la tuberculose bovine et de ses enjeux.

Dans un second temps, nous avons procédé au traitement statistique d'un ensemble de données inhérentes à la tuberculose bovine dans le cheptel bovin de la wilaya de Tizi-Ouzou, et dans une moindre mesure des données relatives à la tuberculose humaine.

L'état sanitaire de la wilaya de Tizi-Ouzou vis-à-vis de la tuberculose bovine a été examiné suivant les dimensions spatiale et temporelle, mais aussi en fonction des critères d'âge et de sexe. L'aspect zoonotique de la tuberculose a également été examiné.

L'évolution temporelle de la tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou a mis en évidence la persistance de la maladie dans la région durant la période d'étude et ce, malgré une tendance générale plutôt baissière. Cela peut être attribué à plusieurs facteurs, à savoir une résurgence régulière de la maladie au sein des cheptels bovins due probablement à un dépistage biaisé, mais également à des facteurs externes, tels que l'introduction de bovins infectés ou le contact de voisinage.

Parallèlement aux cas de tuberculose bovine révélés par le test d'intradermo-tuberculation, l'évolution du nombre de découvertes d'abattoir de bovins atteints de tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou a connu une diminution nette et soutenue. Ceci pourrait s'expliquer par une meilleure détection en amont de la tuberculose bovine par le test d'intradermo-tuberculation. Autrement dit, la mise en œuvre du plan de lutte contre la tuberculose bovine aurait été de plus en plus efficace. La diminution du nombre de découvertes d'abattoir pourrait également s'expliquer par l'ampleur de l'abattage clandestin.

Par ailleurs, la répartition spatiale de la tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou a montré que les communes ayant enregistré le plus de cas de tuberculose bovine ne sont pas frontalières des wilayas limitrophes. Bien au contraire, les communes situées aux frontières de la wilaya sont pour la plupart celles qui ont enregistré peu ou pas de cas de tuberculose bovine.

Conclusion et perspectives

Compte tenu de l'effectif total des bovins dans les foyers dépistés, la répartition géographique du taux d'infection révèle également une concentration du risque d'incidence dans la partie nord de la wilaya.

Par conséquent, on est en mesure de supposer que le problème de la tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou ne provient pas des wilayas limitrophes. Autrement dit, la maladie y serait enzootique. Cette hypothèse est d'autant plus vraisemblable en raison de la diversité de la faune sauvage dans la région de Tizi-Ouzou, laquelle pourrait constituer un vecteur important de la tuberculose bovine vers les bovins.

Les résultats de la répartition spatiale ont également révélé une concentration assez importante de la maladie et un regroupement des communes touchées sur deux zones principales. Ce constat corrobore l'hypothèse d'une diffusion locale de la maladie. Cette hypothèse est d'autant plus vraisemblable que les communes épargnées par la maladie s'étendent également sur deux principales zones.

Le résultat de la répartition des cas de tuberculose bovine en fonction de l'âge indique que la plupart des bovins infectés sont adultes. Ceci correspond parfaitement aux conclusions de la littérature. En effet, on considère que les animaux âgés sont plus susceptibles d'être atteints que les jeunes du fait qu'ils aient été exposés à la bactérie plus longtemps. En outre, dans le cas de la tuberculose, les veaux peuvent être contaminés mais l'évolution clinique ne se fera le plus souvent qu'à l'âge adulte après une longue phase de latence.

S'agissant de la répartition des cas de tuberculose bovine en fonction du sexe des bovins infectés, le résultat fut particulièrement remarquable. En effet, la quasi-totalité des bovins infectés est constituée de femelles. Du point de vue de la littérature, la prédominance de la tuberculose bovine chez l'un des deux sexes n'aurait pas fait l'objet de résultats concluants. Néanmoins, le mode d'élevage appliqué aux vaches laitières ainsi que le stress de la lactation et de la gestation les rendent plus vulnérables à l'infection que les mâles. De plus, elles sont conservées en général jusqu'à un âge plus avancé que les mâles dans l'élevage.

Dans le cas de l'Algérie, le résultat de la répartition des cas de tuberculose bovine en fonction de l'âge et du sexe des bovins infectés s'explique également par le fait que les bovins laitiers soient les seuls concernés par l'identification et le dépistage obligatoires. Or, ce type d'élevage

Conclusion et perspectives

est justement caractérisé par une longévité relativement plus grande comparée à celle du bovin viandeux.

Enfin, les résultats relatifs à la tuberculose bovine en tant que zoonose sont plutôt mitigés. En effet, bien qu'on ait constaté une corrélation entre la trajectoire de la tuberculose bovine et celle de la tuberculose humaine sur la plupart des années, les deux maladies ont connu une évolution divergente sur deux années consécutives. La convergence des deux trajectoires concorde avec les conclusions de la littérature selon laquelle la diffusion de la maladie chez l'Homme s'expliquerait essentiellement par le contact entre l'Homme et l'animal plutôt que par la transmission interhumaine de la tuberculose à *M. bovis*. Cependant, il y a lieu de s'abstenir de tirer des conclusions définitives à ce sujet étant donné que le diagnostic microbiologique d'espèce des cas de tuberculose (chez l'Homme) en Algérie est peu réalisé et documenté.

Afin de pouvoir éradiquer la tuberculose bovine dans la wilaya de Tizi-Ouzou, il y a lieu de remédier aux facteurs entravant la mise en œuvre du plan de lutte à l'échelle nationale. A cet effet, la mesure la plus urgente serait la généralisation de l'identification et du dépistage obligatoire à l'ensemble du cheptel bovin.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Agence Nationale de Développement de l'Investissement (ANDI), 2013. Monographie de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Animal Société Aliment (asa-spv), association de santé publique vétérinaire en France.

Bénet, J.J., 2011. La tuberculose animale. Polycopié des Unités de maladies contagieuses des Écoles Nationales Vétérinaires françaises. Mérial, Lyon, 79 p.

Biet, F., Boschioli, M.L., Thorel, M.F., Guilloteau, L.A., 2005. Zoonotic aspects of *Mycobacterium bovis* and *Mycobacterium avium-intracellulare* complex (MAC). *Veterinary Research* 36, 411–436.

Blanchard, A.S., 2014. Tuberculose à *Mycobacterium bovis* dans la faune sauvage de Corrèze: bilan épidémiologique 2011-2012. Thèse de Doctorat Es Sciences en sciences vétérinaires. École Nationale Vétérinaire d'Alfort, Faculté de médecine de Créteil, 168 p.

Cavalheiro, J.S., Trindade, B.C., Balderramas, H.A., Haanwinckel, M.C., Pinto, J.G.G., Oliveira, S.L., Paes, A.C., 2007. Immune response to *Mycobacterium bovis*-AN5 infection in genetically selected mice (Selection IV-A). *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases* 13, 620-639.

Corner, L.A., 1994. Post mortem diagnosis of *Mycobacterium bovis* infection in cattle. *Veterinary Microbiology* 40, 53-63.

Corner, L.A., 2006. The role of wild animal populations in the epidemiology of tuberculosis in domestic animals: How to assess the risk. *Veterinary Microbiology* 112, 303–312.

Cosivi, O., Grange, J.M., Daborn, C.J., Raviglione, M.C., Fujikura, T., Cousins, D., Robinson, R.A., Huchzermeyer, H.F.A.K., de Kantor, I., Meslin, F.X., 1998. Zoonotic Tuberculosis due to *Mycobacterium bovis* in Developing Countries. *Emerging Infectious Diseases* 4, 59-70.

Cousins, D.V., 2001. *Mycobacterium bovis* infection and control in domestic livestock. *Revue scientifique et technique (OIE)* 20, 71-85.

Dean, G.S., Rhodes, S.G., Coad, M., Whelan, A.O., Cockle, P.J., Clifford, D.J., Hewinson, R.G., Vordermeier, H.M., 2005. Minimum Infective Dose of *Mycobacterium bovis* in Cattle. *Infection and immunity* 73, 6467–6471.

Références bibliographiques

- De la Rua-Domenech, R., Goodchild, A.T., Vordermeier, H.M., Hewinson, R.G., Christiansen, K.H., Clifton-Hadley, R.S.,** 2006. Ante mortem diagnosis of tuberculosis in cattle: A review of the tuberculin tests, γ -interferon assay and other ancillary diagnostic techniques. *Research in Veterinary Science* 81, 190–210.
- Duffield, B.J., Young, D.A.,** 1985. Survival of *Mycobacterium bovis* in defined environmental conditions. *Veterinary Microbiology* 10, 193-197.
- Dumont, Y., Lounnas, M., Carrière, C., Solassol, J., Bañuls, A.L., Godreuil, S.,** 2018. Tuberculose bovine : une maladie globalisée à l'interface homme-animal. *Revue francophone des laboratoires* 503, 58-63.
- Faye, S.,** 2010. Évaluation de nouveaux outils de diagnostic de la tuberculose bovine : conditions d'utilisation d'un test de dosage d'IFN γ et d'un test PCR IS6110 en temps réel. Thèse de doctorat Es Sciences en Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement : Sciences de la Vie et Santé, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, AgroParisTech, 322p.
- Fritsche, A., Engel, R., Buhl, D., Zellweger, J.P.,** 2004. *Mycobacterium bovis* tuberculosis: from animal to man and back. *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease* 8, 903-904.
- Humblet, M-F. Boschioli, M.L., Saegerman, C.,** 2009. Classification of worldwide bovine tuberculosis risk factors in cattle: a stratified approach. *Veterinary Research*, 40-50.
- Johnson, L., Dean, D., Rhodes, S., Hewinson, G., Vordermeier, M., Wangoo, A.,** 2007. Low dose *Mycobacterium bovis* infection in cattle results in pathology indistinguishable from that of high-dose infection. *Tuberculosis* 87, 71-76.
- Kadi, S.A., Djellal, F., Berchiche, M.,** 2007. Caractérisation de la conduite alimentaire des vaches laitières dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. *Livestock Research for Rural Development* 19, 1-12.
- Kennedy, H.E., Welsh, M.D., Bryson, D.G., Cassidy, J.P., Forster, F.I., Howard, C.J., Collins, R.A., Pollock, J.M.,** 2002. Modulation of Immune Responses to *Mycobacterium bovis* in cattle depleted of WC1⁺ T γ δ Cells. *Infection and Immunity* 70, 1488–1500.

Références bibliographiques

Lignereux, Y., Peters, J., 1999. Histoire de la tuberculose animale : données écrites et traces archéologiques. Contribution de la paléopathologie animale à l'histoire de la tuberculose. Bulletin du Centre d'Études d'Histoire de la Médecine 28, 21-34.

Marivan, S., 2011. La détection de la tuberculose bovine dans les abattoirs du Sud-ouest de 2001 à 2010 : analyse des données d'inspection et des résultats histologiques et bactériologiques. Thèse de Doctorat Es Sciences en sciences vétérinaires. École nationale vétérinaire de Toulouse, Université Paul-Sabatier de Toulouse, 64 p.

Martin, C., Denis, F., 2011. Mycobactéries. *In*: Bactériologie médicales, techniques usuelles, 2^{ème} Ed. Elsevier Masson, Paris, pp. 507-535.

Matrat, P., 2014. Évolution de la situation épidémiologique de la tuberculose bovine en Cote d'Or de 2009 à 2013. Thèse de Doctorat Es Sciences en sciences vétérinaires. Campus vétérinaire de Lyon. Université Claude-Bernard – Lyon I, 134 p.

Moulin-traffort, H., 2012. Physiopathologie de l'hypersensibilité de type III. Thèse de Doctorat Es Sciences en sciences vétérinaires. École nationale vétérinaire d'Alfort. Faculté de médecine de Créteil, 212p.

Neill, S.D., O'Brien, J.J., Hanna, J., 1991. A mathematical model for *Mycobacterium bovis* excretion from tuberculous cattle. Veterinary Microbiology 28, 103-109.

Neill, S.D., Bryson, D.G., Pollock, J. M., 2001. Pathogenesis of tuberculosis in cattle. Tuberculosis 81, 79-86.

OIE, 2018. Tuberculose bovine. Manuel des tests de diagnostic et des vaccins pour les animaux terrestres.

O'Reilly, L. M., Daborn, C. J., 1995. The epidemiology of *Mycobacterium bovis* infections in animals and man: a review. Tubercle and Lung Disease 76, 1-46.

Phillips, C.J.C., Foster, C.R.W., Morris, P.A., Teverson, R., 2003. The transmission of *Mycobacterium bovis* infection to cattle. Research in Veterinary Science 74, 1-15.

Pollock, J.M., Pollock, D.A., Campbell, D.G., Girvin, R.M., Crockard, A.D., Neill, S.D., Mackie, D.P., 1996. Dynamic changes in circulating and antigen-responsive T-cell subpopulations post-*Mycobacterium bovis* infection in cattle. Immunology 87, 236-241.

Références bibliographiques

- Pollock, J.M., McNair, J., Welsh, M.D., Girvin, R.M., Kennedy, H.E., Mackie, D.P., Neill, S.D.,** 2001. Immune responses in bovine tuberculosis. *Tuberculosis* 81, 103-107.
- Pollock, J.M., Welsh, M.D., McNair, J.,** 2005. Immune responses in bovine tuberculosis: Towards new strategies for the diagnosis and control of disease. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 108, 37 - 43.
- Praud,** 2018. La tuberculose animale. Polycopié des Unités de maladies contagieuses des Écoles Nationales Vétérinaires françaises. Mérial, Lyon, 104p.
- Sahraoui, N., Muller, B., Yala, D., Ouzrout, R., Zinsstag, J., Boulahbal, F., Guetarni D.,** 2008. Investigation about the bovine tuberculosis in two Algerian slaughterhouses. *African Journal of Agricultural Research* 3, 775-778.
- Schiller, I., Oesch, B., Vordermeier, H.M., Palmer, M.V., Harris, B.N., Orloski, K.A., Buddle, B.M., Thacker, T.C., Lyashchenko, K.P., Waters, W.R.,** 2010. Bovine Tuberculosis: A review of current and emerging diagnostic techniques in view of their relevance for disease control and eradication. *Transboundary and Emerging Diseases* 57, 205-220.
- Schiller, I., RayWaters, W., Vordermeier, H.M., Jemmi, T., Welsh, M., Keck, N., Whelan, A., Gormley, E., Boschioli, M.L., Moyon, J.L., et al.,** 2011. Bovine tuberculosis in Europe from the perspective of an officially tuberculosis free country: Trade, surveillance and diagnostics. *Veterinary microbiology* 151, 153-159.
- Toma, B., Duffour, B., Sanaa, M., Bénet, J.J., Shaw, A., Mooutou, F., et al.,** 2001. Epidémiologie appliquée à la lutte collective contre les maladies animales transmissibles majeures, 2^{ème} éd. Maison Alfort (France).
- Thorel M.F.,** 2003. Chapitre 75, La Tuberculose. *In Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail.* Lavoisier, Paris, France, pp. 927-949.
- Van Soolingen, D., De Haas, P.E.W., Haagsma, J., Eger, T., Hermans, P.W.M., Ritacco, V., Alito, A., Van Embden, J.D.A.,** 1994. Use of various genetic markers in differentiation of *Mycobacterium bovis* strains from animals and humans and for studying epidemiology of bovine tuberculosis. *Journal of clinical microbiology* 32, 2425-2433.
- Vincent, V.,** 1995. Taxonomie des mycobactéries. *Revue française des laboratoires* N° 273, 27-31.

Références bibliographiques

Ward, A.I., Tolhurst, B.A., Delahay, R.J., 2006. Farm husbandry and the risks of disease transmission between wild and domestic mammals: a brief review focusing on bovine tuberculosis in badgers and cattle. *Animal Science* 82, 767 – 773.

Ward, A.I., Judge, J., Delahay, R.J., 2010. Farm husbandry and badger behavior: opportunities to manage badger to cattle transmission of *Mycobacterium bovis*? *Preventive Veterinary Medicine* 93, 2 – 10.

Textes législatifs :

Instruction ministérielle N° 409/SPM du 10/06/1995 portant assainissement du cheptel bovin laitier de la tuberculose.

Arrêté interministériel du 26 décembre 1995 fixant les mesures de prévention et de lutte spécifiques à la tuberculose bovine.

Institutions officielles :

D.S.V. (Direction des Services Vétérinaires), 2018.

D.S.A. (Direction des Services Agricoles) de Tizi-Ouzou, 2018.

D.S.P. (Direction de la Santé et de la Population) de Tizi-Ouzou, 2018.

Sites web :

Anonyme 01. microbiologiemédicale.fr. <https://microbiologiemedicale.fr/classification-structure-paroi-mycobacteries/> (consulté le 25/06/019)

Anonyme 02. OIE, WAHIS interface.

http://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Countryinformation/Countrytimelines (consulté le 05/06/2019)

Annexes

Annexes

Annexe 01

Tableau A1. Effectifs des bovins présents dans les communes de Tizi-Ouzou en 2018 (D.S.A. de Tizi-Ouzou, 2018)

N°	Communes	Vaches laitières		Total des vaches laitières	Génisses	Taureaux reproducteurs	Taurillons 12 à 18 mois	Veaux - 12 mois	Velles -12 mois	Total cheptel bovin
		B.L.M.	B.L.A. + B.L.L							
01	Abi Youcef	45	205	250	40	04	10	70	110	484
02	Aghribs	1300	850	2150	550	120	700	350	400	4270
03	Agouni Gueghrane	100	300	400	130	10	170	170	170	1050
04	Akbil	84	379	463	85	11	125	132	140	956
05	Akerrou	204	111	315	78	45	120	70	110	738
06	Ain El Hammam	77	323	400	65	35	20	68	142	730
07	Ain Zaouia	183	342	525	115	280	75	82	53	1130
08	Aït Aggouacha	26	07	33	14	12	13	17	12	101
09	Aït Aissa Mimoun	400	30	430	100	165	145	170	125	1135
10	Aït Bouadou	120	400	520	220	10	220	210	215	1395
11	Aït Boumahdi	20	130	150	15	30	25	60	50	330
12	Aït Chafaa	45	60	105	48	09	78	39	36	315
13	Aït Khelili	115	165	280	65	15	86	74	80	600
14	Aït Mahmoud	15	20	35	40	05	25	15	15	135
15	Aït Oumalou	139	16	155	55	15	35	65	55	380
16	Aït Toudert	165	65	230	60	30	90	90	85	585
17	Aït Yahia	63	252	315	55	10	15	65	100	560
18	Aït Yahia Moussa	50	100	150	60	95	200	60	55	620
19	Assi Youcef	100	228	328	65	15	38	38	58	542
20	Azazga	1674	324	1998	400	180	360	426	515	3879
21	Azeffoun	153	362	515	130	30	175	155	150	1155
23	Béni Aissi	50	60	110	75	20	41	60	25	331
24	Béni Douala	50	45	95	60	10	90	45	55	355
25	Béni Yenni	125	43	168	35	04	02	58	68	335
26	Béni Ziki	20	30	50	20	00	10	15	25	120
27	Béni Zmenzer	45	30	75	50	05	70	90	110	400
28	Boghni	245	650	895	240	230	180	65	70	1680
29	Boudjima	464	178	642	167	195	147	196	189	1536
30	Bounouh	250	364	614	210	140	190	180	140	1474
31	Bouzugue	440	660	1100	400	40	100	400	460	2500
32	Draa Ben Khedda	250	250	500	450	80	250	150	150	1580
33	Draa El Mizan	163	405	568	220	215	160	207	130	1500
34	Fréha	3700	2100	5800	1700	600	2200	1000	1200	12500
35	Frikat	82	204	286	80	150	65	45	40	666

Annexes

36	Iboudraren	142	61	203	88	21	22	91	61	486
37	Idjeur	252	378	630	120	15	80	155	200	1200
38	Iferhounene	20	45	65	06	02	25	22	20	140
39	Ifigha	128	192	320	80	10	20	50	70	550
40	Iflissen	414	173	587	122	75	95	135	147	1161
41	Illilten	15	10	25	10	01	10	18	16	80
42	Iloula Oumalou	80	120	200	70	10	60	60	80	480
43	Imsouhal	15	30	45	15	05	22	28	25	140
44	Irdjen	110	120	230	110	50	150	100	90	730
45	Maatka	85	25	110	60	10	90	50	60	380
46	Makouda	1288	553	1841	261	989	538	539	783	4951
47	Mechtrass	80	105	185	40	10	25	40	30	330
48	Mékla	600	850	1450	300	25	445	390	390	3000
49	Mizrana	757	323	1080	395	117	125	257	238	2212
50	M'kira	155	115	270	55	120	190	90	50	775
51	Ouacifs	30	110	140	40	40	60	50	55	385
52	Ouadhias	80	270	350	110	05	120	110	120	815
53	Ouaguenoun	1325	90	1415	380	529	400	120	313	3157
54	Sidi Naamane	250	250	500	220	250	400	200	200	1770
55	Souamaa	297	553	850	180	15	250	195	210	1700
56	Souk El Tenine	49	30	79	30	06	30	28	27	200
57	Tadmait	325	325	650	200	400	480	310	290	2330
58	Tigzirt	323	139	462	76	39	70	141	107	895
59	Timizart	3100	1150	4250	1300	00	1600	1100	1300	9550
60	Tirmitine	95	62	157	65	08	80	40	50	400
61	Tizi Ghennif	70	80	150	45	80	175	40	30	520
62	Tizi N'Thlata	55	180	235	100	05	110	80	85	615
63	Tizi-Ouzou	963	356	1319	422	319	1030	372	330	3792
64	Tizi Rached	350	380	730	350	70	260	260	300	1970
65	Yakouren	696	302	998	310	100	208	330	342	2288
66	Yatafen	09	03	12	03	23	04	04	05	51
67	Zekri	159	76	235	54	44	85	51	72	541
	Totaux	23279	17144	40423	11714	6208	13489	10393	11434	93661

Annexes

Annexe 02

Tableau A2. Répartition par communes et par années des cas de tuberculose bovine enregistrés dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2011-2018 (D.S.A. de Tizi-Ouzou, 2018)

communes	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total	Fréquence des cas +
Zekri	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,36%
Tizi-Ouzou	5	0	0	4	0	1	6	0	16	5,78%
Timizart	2	1	3	3	6	6	1	1	23	8,30%
Tadmait	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,36%
Sidi Naamane	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,36%
Ouaguenoun	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,36%
Ouadhias	0	0	6	0	0	0	0	0	6	2,17%
Ouacifs	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,36%
M'kira	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0,72%
Mizrana	0	0	0	8	0	0	0	3	11	3,97%
Mékla	0	0	0	0	0	9	0	0	9	3,25%
Makouda	0	0	4	0	0	0	0	7	11	3,97%
Irdjen	0	10	4	0	0	0	0	0	14	5,05%
Illoula Oumalou	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,36%
Iflissen	0	0	0	0	0	0	0	6	6	2,17%
Ifigha	0	0	0	0	0	8	0	0	8	2,89%
Fréha	10	8	16	1	5	27	1	4	72	25,99%
Draa El Mizan	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0,72%
DBK	0	0	6	1	0	0	0	0	7	2,53%
Bounouh	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,36%
Boudjima	0	0	16	0	0	0	0	0	16	5,78%
Boghni	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,36%
Béni Yenni	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,36%
Azeffoun	1	0	1	1	0	0	0	0	3	1,08%
Azazga	7	0	0	1	0	0	0	0	8	2,89%
Assi Youcef	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0,72%
Ait Oumalou	0	0	0	8	0	0	0	0	8	2,89%
Aït Khellili	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,36%
Aït Bouadou	5	0	0	0	0	0	0	0	5	1,81%
Aïn Zaouia	0	0	0	0	0	29	1	0	30	10,83%
Agouni Gueghrane	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,36%
Aghribs	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0,72%
Abi Youcef	0	0	0	0	0	5	0	0	5	1,81%
Total	31	23	60	28	12	88	13	22	277	100%

Annexes

Annexe 03

Tableau A3. Taux d'infection dans les cheptels bovins dépistés par commune dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2013-2018 (D.S.A. de Tizi-Ouzou, 2018)

Commune	Effectif de BV dans le foyer	Nombre d'animaux infectés	Taux d'infection (%)
Abi Youcef	53	5	9,43%
Aghribs	31	1	3,23%
Agouni Guehrane	9	1	11,11%
Ain Zaouia	203	30	14,78%
Ait Oumalou	14	8	57,14%
Assi Youcef	29	2	6,90%
Azazga	16	1	6,25%
Azeffoun	31	1	3,23%
Beni Yenni	39	1	2,56%
Boghni	8	1	12,50%
Boudjima	31	8	25,81%
Bounouh	19	1	5,26%
Freha	288	43	14,93%
Ifigha	18	8	44,44%
Iflissen	97	6	6,19%
Illoula Oumalou	9	1	11,11%
Makouda	72	10	13,89%
Mékla	14	4	28,57%
Mizrana	27	11	40,74%
M'kira	22	1	4,55%
Ouacifs	10	1	10,00%
Ouaguenoun	14	1	7,14%
Timizart	431	18	4,18%
Tizi-Ouzou	74,75	11	14,72%
Yakouren	46	1	2,17%

Annexe 04

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION DES SERVICES VETERINAIRES
DECLARATION OFFICIELLE DE MALADIE ANIMALE

1/ N° de la déclaration : /...../...../...../...../ - Date de visite : /...../...../...../

2/ Nom du médecin vétérinaire : /...../...../ - Fonction : Privé Etatique

3/ Nom du propriétaire : /...../...../ - Adresse : /...../...../

4/ Localisation du foyer : - Wilaya : /...../...../ - Daïra : /...../...../ - Commune : /...../...../ - Lieu : /...../...../ - Longitude :° - Latitude :°

5/ Détails relatifs au foyer :

Espèces présentes dans le foyer	Nbre d'animaux dans le foyer	Nombre				Informations concernant les cas						
		Cas	Morts	Détruits	Abattus	Age (cocher)			Sexe (cocher)		Race	
						Adulte	Jeune	Néo-natal	Mâle	Femelle		

6/ Mode d'élevage : - Intensif - Semi-intensif - Extensif - Nonadique - Transhumant - Autres :

7/ Type de production : - Engraissement - Laitier - Reproducteur - Autre : - Poulet de chair - Poulette démarrées - Poules pondeuse

8/ Informations cliniques et autres :

Signes cliniques	<input type="checkbox"/> Fièvre	<input type="checkbox"/> Écoulement oculonasal	<input type="checkbox"/> Salivation	<input type="checkbox"/> Lésions de la langue
	<input type="checkbox"/> Dyspnée	<input type="checkbox"/> Stomatite	<input type="checkbox"/> Lésions Cutanées	- Autre :
	<input type="checkbox"/> Boiteries	<input type="checkbox"/> Chute de production	<input type="checkbox"/> Amaigrissement	
	<input type="checkbox"/> Diarrhées/Dysenterie	<input type="checkbox"/> Signes nerveux	<input type="checkbox"/> Avortement	
Lésions post-mortem	<input type="checkbox"/> Aucune	<input type="checkbox"/> Pulmonaires	<input type="checkbox"/> Ganglions lymphatiques	<input type="checkbox"/> Cœur -Autre :
	<input type="checkbox"/> Externe seulement	<input type="checkbox"/> Digestives	<input type="checkbox"/> Reins	<input type="checkbox"/> Rate

9/ Nom de la maladie : /...../...../...../...../ - Date présumée du premier cas clinique : /...../...../...../ - N° d'identification des animaux atteints s'il existe (ou signalement) :

10/ Nature de diagnostique : - Suspicion clinique - Dg clinique - Dg nécropsique - Découverte d'abattoir - Dg différentiel : /...../...../...../ - Dg de labo - Nom du Laboratoire Vétérinaire :

11/ Information épidémiologique : - Introduction récente d'animaux : Oui Non - Si oui, origine :

12/ Mesures : - Isolation/Mise sous surveillance a b - Désinfection /Vide sanitaire a b - Abattage sanitaire a b - Identification et/ou marquage a b - Destruction /Enfouissement a b - Vaccination : - Traitement : - Autres :

Tél :
 Adresse :

Date de déclaration : /...../...../...../
SIGNATURE ET CACHET

Annexes

Annexe 05

ALGERIENNE
DE ET POPULAIRE

A N N E X E II

Wilaya de :

Direction des Services Agricoles

Inspection Vétérinaire de Wilaya

ORDRE D'ABATTAGE POUR CAUSE DE TUBERCULOSE

N°(1) du(2)

je soussigné monsieur Inspecteur Vétérinaire de Wilaya, déclare que les bovins dont les numéros sont cités ci-dessous et appartenant à monsieur..... demeurant à et ayant répondu positivement à une tuberculination effectuée le..... à l'aide de tuberculine et dont la lecture a été faite le doivent être abattus en date du au niveau de l'abattoir de.....

BOVINS	
NUMEROS	SEXE

NOM ET PRENOMS DE L'I.V.....

N° D'AVN

CACHET ET SIGNATURE.

B (1) numéros dans l'ordre de délivrance des ordres d'abattage .

(2) date de délivrance.

Annexes

Annexe 06

REPUBLIQUE ALGERIENNE
DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

A N N E X E III

Wilaya de:.....

Direction des Services Agricoles

Inspection Vétérinaire

Abattoir de:.....

CERTIFICAT D'ABATTAGE SANITAIRE

Vu l'ordre d'abattage N°..... délivré en date du.....
par le soussigné monsieur Inspecteur Vétérinaire
de l'abattoir de déclare que les animaux dont
les numéros sont cités ci-dessous et appartenant à monsieur.....
..... demeurant à ont été abattus
ce jour le

B O V I N S			
Numéros	Sexe	Saisie opérée(1)	
		totale	partielle

Nom et prénoms de l'IV.....
N° d'AVN.....
Cachet et signature.

N.B (1) mettre une croix dans la case correspondante.