



HAL
open science

Étude descriptive de la tuberculose bovine en Haute-Corse entre 2014 et 2022

Marine Guérin

► **To cite this version:**

Marine Guérin. Étude descriptive de la tuberculose bovine en Haute-Corse entre 2014 et 2022. Médecine vétérinaire et santé animale. 2024. dumas-04810808

HAL Id: dumas-04810808

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04810808v1>

Submitted on 29 Nov 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

Année 2024

ÉTUDE DESCRIPTIVE DE LA TUBERCULOSE BOVINE EN HAUTE-CORSE ENTRE 2014 ET 2022

THÈSE

pour obtenir le diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRAIRE

présentée et soutenue publiquement devant

la Faculté de Médecine de Créteil (UPEC)

le 11 octobre 2024

par

Marine, Yvette, Solange GUÉRIN

sous la direction de

Valentine GUÉTIN-POIRIER

JURY

Président du jury :	M. Karim ADJOU	Professeur à l'EnvA
Directrice de thèse :	Mme Valentine GUÉTIN-POIRIER	Maître de Conférences à l'EnvA
Examinatrice :	Mme Alline DE PAULA REIS	Maître de Conférences à l'EnvA

Liste des enseignants intervenant dans l'encadrement des thèses de Doctorat vétérinaire

version mai 2024



Liste des Professeurs et Maîtres de conférences titulaires de l'HDR

M	Adjou	Karim	Professeur	DPASP
M	Audigié	Fabrice	Professeur	DEPEC
M	Bellier	Sylvain	Professeur	DSBP
Mme	Benckekroun	Ghita	Maître de conférences HDR	DEPEC
M	Blaga	Radu	Professeur	DSBP
M	Blot	Stéphane	Professeur	DEPEC
M	Boulouis	Henri-Jean	Professeur émérite	DSBP
Mme	Chahory	Sabine	Professeur	DEPEC
Mme	Chastant	Sylvie	Professeur	DPASP
M	Chateau	Henry	Professeur	DSBP
Mme	Chetboul	Valerie	Professeur	DEPEC
Mme	Crepeaux	Guillemette	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Crevier-Denoix	Nathalie	Professeur	DSBP
M	Degueurce	Christophe	Professeur	DSBP
M	Denoix	Jean-Marie	Professeur	DEPEC
M	Desquillet	Loic	Professeur	DSBP
Mme	Dufour	Barbara	Professeur émérite	DPASP
M	Fayolle	Pascal	Professeur émérite	DEPEC
M	Federighi	Michel	Professeur	DPASP
M	Fontbonne	Alain	Professeur	DEPEC
Mme	Gilbert	Caroline	Professeur	DSBP
M	Grandjean	Dominique	Professeur	DEPEC
Mme	Grimard-Ballif	Bénédicte	Professeur	DPASP
Mme	Haddad-Hoang Xuan	Nadia	Professeur	DPASP
M	Jouvion	Gregory	Professeur	DSBP
M	Kohlhauer	Matthias	Professeur	DSBP
Mme	Le Poder	Sophie	Professeur	DSBP
Mme	Le Roux	Delphine	Maître de conférences HDR	DSBP
M	Manassero	Mathieu	Professeur	DEPEC
Mme	Maurey-Guéneec	Christelle	Professeur	DEPEC
M	Millemann	Yves	Professeur	DPASP
M	Ponter	Andrew	Professeur	DPASP
Mme	Risco-Castillo	Véronica	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Rivière	Julie	Professeur	DPASP
Mme	Robert	Céline	Professeur	DSBP
M	Tiret	Laurent	Professeur	DSBP
M	Tissier	Renaud	Professeur	DSBP
M	Verwaerde	Patrick	Professeur	DEPEC
Mme	Viateau	Véronique	Professeur	DEPEC

Liste des Maîtres de conférences et Ingénieurs de recherche DMV

M	Arné	Pascal	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barassin	Isabelle	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barbarino	Alix	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Béguin	Jérémy	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Bertoni	Lelia	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Canonne-Guibert	Morgane	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Chevallier	Lucie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Cochet-Faivre	Noëlle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Cordonnier-Lefort	Nathalie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Coudry	Virginie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Crozet	Guillaume	Maître de conférences	DPASP
Mme	De Paula Reis	Aline	Maître de conférences	DPASP
M	Delsart	Maxime	Maître de conférences	DPASP
Mme	Denis	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Deshuillers	Pierre	Maître de conférences	DSBP
M	Gauthier	Michel	Maître de conférences associé	DPASP
Mme	Guérin	Virginie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Guétin-Poirier	Valentine	Maître de conférences	DPASP
Mme	Jacquet	Sandrine	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Kurtz	Maxime	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Lagrée	Anne-Claire	Maître de conférences	DSBP
Mme	Le Dudal	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DSBP
Mme	Legrand	Chantal	Maître de conférences associé	DSBP
M	Mammeri	Mohamed	Maître de conférences	DSBP
Mme	Manguin	Estelle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Marignac	Genevieve	Maître de conférences	DSBP
Mme	Marotto	Stéphanie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Maurice	Emeline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Mespoules-Rivière	Céline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Mortier	Jérémy	Maître de conférences associé	DEPEC
Mme	Mtimet	Narjès	Maître de conférences	DPASP
M	Nudelmann	Nicolas	Maître de conférences	DEPEC
M	Pignon	Charly	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Polack	Bruno	Maître de conférences	DSBP
Mme	Quéré	Émilie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Radière	Guéric	Maître de conférences associé	DSBP
Mme	Ravary-Plumioën	Bérangère	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Reyes-Gomez	Edouard	Maître de conférences	DSBP
Mme	Rose	Hélène	Maître de conférences associé	DSBP
M	Tanquerel	Ludovic	Maître de conférences	DEPEC

Remerciements

Au Président du Jury de cette thèse, M. Karim Adjou, Professeur à l'EnvA

Pour nous avoir fait l'honneur de présider cette thèse,

Hommages respectueux.

À Mme Valentine GUÉTIN-POIRIER, Maître de conférences à l'EnvA,

Pour avoir proposé ce sujet et pour avoir accepté d'être ma directrice de thèse, pour le temps que vous m'avez consacré et pour votre disponibilité à chaque instant, pour vos relectures minutieuses et vos nombreux conseils avisés, pour votre bienveillance,

Mes plus sincères remerciements.

À Mme Ailine DE PAULA REIS, Maître de conférences à l'EnvA,

Pour avoir accepté de faire partie de notre jury de thèse.

Tous nos remerciements.

À la DDETSPP HAUTE-CORSE, à Mme Annick HAVET et M. Pierre HAVET,

Pour avoir proposé ce sujet de thèse, pour les données que vous nous avez fournies, pour le temps que vous m'avez accordé lors de nos réunions et pour votre bienveillance lors de nos échanges,

Très sincères remerciements.

À toutes les personnes qui m'entourent quotidiennement,

Pour votre soutien à chaque étape de ma vie, pour vos encouragements dans mon choix professionnel, pour les valeurs que vous m'avez transmises et la joie que vous m'apportez au quotidien,

Merci infiniment.

Table des matières

Liste des figures.....	3
Liste des tableaux.....	5
Liste des abréviations.....	7
Introduction.....	9
Première partie : étude bibliographique.....	11
Chapitre I : La tuberculose bovine en France, état des lieux et mesures de lutte.....	11
1. Généralités sur la tuberculose bovine.....	11
A. <i>Étiologie</i>	11
B. <i>Pathogénie</i>	12
a. Les modes de contamination.....	12
b. La primo-infection.....	12
c. La tuberculose secondaire.....	13
C. <i>Importance de la tuberculose bovine</i>	14
2. Méthodes de dépistage et de diagnostic de la tuberculose bovine.....	16
A. <i>Méthode de dépistage ante-mortem</i>	16
a. Tests allergiques.....	16
b. Test de dosage de l'interféron γ (test IFN- γ).....	20
c. Comparaison des caractéristiques des tests IDT et IFN- γ	22
d. Test sérologique.....	23
B. <i>Méthodes de dépistage post-mortem</i>	24
a. Détection des lésions.....	24
b. Histologie.....	25
c. Examen bactériologique direct.....	26
C. <i>Méthodes de diagnostic</i>	26
a. Culture bactériologique.....	26
b. Méthode d'amplification génique par PCR.....	26
c. Identification des souches : spoligotypes et profil VNTR.....	27
3. Situation épidémiologique en France métropolitaine.....	29
A. <i>Contexte épidémiologique dans le cheptel bovin en France métropolitaine</i>	29
a. Évolution de la prévalence.....	29
b. Répartition des foyers.....	30
B. <i>Situation dans la faune sauvage</i>	30
4. Organisation de la lutte contre la tuberculose bovine en France.....	33
A. <i>Une maladie réglementée catégorisée B, D et E</i>	33
B. <i>Organisation de la surveillance dans les élevages bovins en France</i>	33
C. <i>Gestion de la tuberculose en France métropolitaine dans les élevages bovins</i>	38
a. Définitions sanitaires selon l'arrêté du 8 octobre 2021 (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021a).....	38
b. Gestion des suspicions.....	38
c. Assainissement des élevages infectés.....	40
Chapitre II : Particularités de Haute-Corse en lien avec la tuberculose bovine.....	42
1. L'élevage en Haute-Corse.....	42
2. Situation épidémiologique en Haute-Corse.....	44
3. Organisation de la surveillance : spécificités de la Haute-Corse.....	45
A. <i>Surveillance chez les bovins</i>	45
a. Identification des bovins.....	45
b. Modalités de surveillance.....	45
B. <i>Surveillance chez les porcins</i>	46
C. <i>Surveillance chez les caprins</i>	46
4. Gestion de la tuberculose bovine en Haute-Corse.....	47
A. <i>Gestion des suspicions</i>	47

a. En élevage bovin	47
b. En élevage porcin	47
c. En élevage caprin	47
<i>B. Assainissement des foyers</i>	47
a. En élevage bovin	47
b. En élevage porcin	49
c. En élevage caprin	49
Deuxième partie : travail personnel.....	50
Étude descriptive de la tuberculose bovine en Haute-Corse.....	50
1. Contexte, problématique et objectifs.....	50
2. Matériel et méthode	51
<i>A. Présentation des données disponibles</i>	51
<i>B. Nettoyage des bases de données</i>	51
<i>C. Analyses des données</i>	55
a. Création de la base « étude »	55
b. Calculs des indicateurs	57
c. Représentations cartographiques des foyers : données utilisées	57
3. Résultats	58
<i>A. Foyers détectés</i>	58
<i>B. Prévalence intra-troupeau dans les élevages bovins</i>	60
a. Taille des cheptels bovins	60
b. Prévalences intra-troupeau	61
<i>C. Nombre d'animaux infectés par foyer</i>	62
<i>D. Recontaminations des élevages</i>	64
<i>E. Répartition spatiale des foyers de tuberculose bovine</i>	64
<i>F. Spoligotypes détectés entre 2014 et 2022</i>	68
4. Discussion.....	69
<i>A. Méthode</i>	69
a. Exhaustivité des bases de données.....	69
b. Incertitudes	70
<i>B. Résultats</i>	72
a. Foyers et situation épidémiologique en Haute-Corse.....	72
b. Modalités de détections des foyers	73
c. Calculs des prévalences intra-troupeau et nombre d'animaux infectés par foyers	74
d. Étude des recontaminations.....	76
e. Étude cartographique des foyers	77
Conclusion.....	79
Liste des références bibliographiques.....	81
Annexes	87

Liste des figures

Figure 1 - Chancre d'inoculation en localisation sous-pleurale chez une chèvre (Domingo et al., 2014)	13
Figure 2 - Nœuds lymphatiques de bovins : photo de gauche (A) NL avec altérations tuberculeuses granulomateuses. Photo de droite (B) NL fortement hypertrophié avec caséifications et calcifications (Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV, 2014).....	13
Figure 3 - Mamelle de vache laitière : recouverte de façon régulière de tubercules caséifiés et calcifiés (tuberculose miliaire disséminée) (Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV, 2014).....	14
Figure 4 - Chronologie des différentes réponses du système immunitaire vis-à-vis de la tuberculose bovine à la suite d'une infection (De la Rua-Domenech et al., 2006).....	23
Figure 5 - Représentation des quatre stades de développement d'un granulome tuberculeux chez un bovin (Palmer et al., 2022).....	25
Figure 6 - Évolution de la prévalence et de l'incidence de la tuberculose bovine de 1995 à 2023 (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2024).....	29
Figure 7 - Répartition géographique, en France, des 104 foyers de tuberculose bovine déclarés entre le 1er janvier et le 31 décembre 2020 (Delavenne et al., 2021).....	30
Figure 8 - Distribution géographique des spoligotypes de <i>M. bovis</i> identifiés chez les sangliers (carte de gauche) et chez les blaireaux (carte de droite) en France métropolitaine entre 2020 et 2021 (Forfait et al., 2023).....	31
Figure 9 - Répartition des foyers de tuberculose bovine dans la faune sauvage par rapport aux foyers de bovins entre 2018 et 2019 (Jabert, 2020).....	32
Figure 10 - Rythmes de prophylaxie et communes en zone à prophylaxie renforcée (ZPR) pour la campagne de dépistage d'octobre 2019 à mai 2020 en France métropolitaine (Delavenne et al., 2021).....	34
Figure 11 -Évolution des modes de détection des foyers de tuberculose bovine de 1995 à 2020 (Delavenne, 2021).....	37
Figure 12 - Présence d'élevages bovin par commune et cheptel de vaches allaitantes en Corse en 2010 (Insee, 2018)	42
Figure 13 - Présence d'élevages porcin par commune et cheptel en Corse en 2010 (Insee, 2018).....	43
Figure 14 - Évolution et modalités de découverte des foyers de tuberculose bovine en Haute-Corse entre 2013 et 2023 (Vallet, 2023)	44

Figure 15 - Distribution des foyers incidents par mode d'assainissement et par département en 2021 en France métropolitaine (Forfait et al., 2023).	48
Figure 16 - Nombre de foyers incidents détectés par espèce entre 2014 et 2022 en Haute-Corse	58
Figure 17 – Modalités de détection des foyers bovins incidents de Haute-Corse entre 2014 et 2022	59
Figure 18 – Modalités de détection des foyers porcins incidents en Haute-Corse entre 2014 et 2022	59
Figure 19 - Nombre de bovins identifiés par bolus électronique, par élevage et par an entre 2019 et 2022	60
Figure 20 - Prévalence intra-cheptel des foyers bovins détectés entre 2019 et 2022 en Haute-Corse et taille de ces troupeaux.....	61
Figure 21 - Évolution du pourcentage de prévalence intra-cheptel dans les foyers bovins de Haute-Corse entre 2019 et 2022.....	62
Figure 22 - Moyenne annuelle du nombre d'animaux confirmés infectés par foyers en Haute-Corse.....	63
Figure 23 - Distribution du pourcentage d'élevages bovins et d'élevages porcins infectés par la tuberculose bovine en fonction du nombre d'animaux confirmés infectés dans l'élevage .	63
Figure 24 - Foyers incidents détectés entre 2014 et 2022, en Haute-Corse.....	65
Figure 25 – Localisation des foyers de tuberculose détectés en Haute-Corse chaque année entre 2014 et 2022	66
Figure 26 - Répartition des foyers détectés en Haute-Corse en fonction du type d'élevage entre 2014 et 2022	67
Figure 27 - Répartition des spoligotypes des souches détectées en Haute-Corse.....	68

Liste des tableaux

Tableau 1 - Grille d'interprétation des résultats de l'IDC	19
Tableau 2 - Comparatif des caractéristiques des tests allergiques de dépistage <i>ante-mortem</i> de la tuberculose bovine en France	23
Tableau 3 - Variables conservées dans la base de données « foyers »	52
Tableau 4 - Variables conservées dans la base de données « animaux »	53
Tableau 5 – Variables obtenues dans la base « étude » nouvellement créée	56
Tableau 6 - Synthèse des recontaminations constatées dans les élevages foyers entre 2014 et 2022 en fonction du type d'élevage.....	64

Liste des abréviations

ADN	Acide désoxyribonucléique
AHAW	<i>Animal health and welfare</i>
APDI	Arrêté préfectoral portant déclaration d'infection
APMS	Arrêté préfectoral de mise sous surveillance
BCG	Bacille de Calmette et Guérin
BCG-NAq	Bacille de Calmette et Guérin - Nouvelle Aquitaine
CFP-10	Culture filtrate protein, 10 kilo Dalton
DD(ETS)PP	Direction Départementale de l'Emploi, du Travail, des Solidarités et de la Protection des Populations
DGAI	Direction générale de l'alimentation
DR	<i>Direct repeats</i>
DRAAF	Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt
EDE	Établissement de l'élevage
EFSA	<i>European food safety authority</i>
ELISA	<i>Enzyme-linked immunosorbent assay</i>
ESAT-6	<i>Early secretory antigenic target, 6 kilo Dalton</i>
HSR	Hypersensibilité retardée
IC	Intervalle de confiance
IDC	Intradermotuberculation comparative
IDS	Intradermotuberculation simple
IDT	Intradermotuberculation
IFN- γ	Interféron gamma
LNR	Laboratoire nationale de référence
LT	Lymphocytes T
LVD	Laboratoire vétérinaire départemental
MAC	Mycobacterium avium intracellulare
MTC	Mycobacterium tuberculosis complex
NL	Nœuds lymphatiques
OSAV	Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires

PCR	<i>Polymerase chain reaction</i>
PPD	Dérivé protéique purifié
SAU	Surface agricole utile
STH	Surface toujours en herbe
TB	Tuberculose bovine
UV	Ultra-violets
VNTR	<i>Variable number tandem repeats</i>
VS	Vétérinaire sanitaire
ZPR	Zone de prophylaxie renforcée

Introduction

La tuberculose bovine est une maladie infectieuse principalement causée par *Mycobacterium bovis*. Cette infection touche préférentiellement les bovins, mais tous les mammifères y sont sensibles et notamment l'Homme. Depuis la Loi Santé Animale d'avril 2021, la tuberculose bovine est classée parmi les dangers sanitaires de catégories B, D et E.

C'est une maladie contagieuse, d'évolution chronique dont les signes cliniques, très peu spécifiques, n'apparaissent qu'en fin d'évolution. De plus, les périodes d'excrétion des particules infectieuses par un animal infecté ne sont pas prévisibles.

En France, la lutte collective contre la tuberculose bovine a débuté il y a maintenant soixante-dix ans environ. Celle-ci a permis à la France d'être reconnue, par l'Union européenne, comme un pays « officiellement indemne » de tuberculose bovine en 2001. Cependant, l'infection n'a pas été éradiquée, et, depuis 2017, la prévalence dans le pays est très proche du seuil critique des 0,1 % permettant le maintien de ce statut. Cette lutte représente donc à l'échelle de la France un enjeu majeur car une perte de la qualification « officiellement indemne » aurait d'importantes conséquences notamment économiques en complexifiant et limitant les exportations de bovins en Europe.

En France, la répartition spatiale de la tuberculose bovine est très hétérogène. En effet, dans la majorité des départements, aucun foyer n'est détecté. Tandis qu'un faible nombre de départements concentre l'ensemble de la centaine de foyers annuels identifiés.

Parmi ces départements, la Haute-Corse est concernée par la présence de tuberculose bovine. Depuis neuf ans, 19 foyers sont détectés en moyenne par an. La gestion de l'élevage dans ce département et le fait qu'il soit situé sur une île, la Corse, entraînent des contraintes et des singularités qui peuvent nécessiter des adaptations dans les protocoles de lutte contre la tuberculose bovine. En effet, beaucoup d'animaux d'élevages en Haute-Corse circulent librement et vivent au contact de la faune sauvage. De plus, il s'agit du seul département avec celui de la Corse-du-Sud à détecter des foyers de tuberculose bovine dans des élevages porcins.

Sur le terrain, la Direction Départementale de l'Emploi, du Travail, des Solidarités et de la Protection des Populations (DDETSPP) de Haute-Corse tient à jour depuis plusieurs années une base de données de suivi de la tuberculose bovine. L'analyse de cette base leur permettrait de disposer de résultats chiffrés témoignant en détail du contexte épidémiologique de leur département et de son évolution au fil du temps en lien avec les évolutions des modalités de lutte. En effet, la majeure partie des analyses de données épidémiologiques à propos de la tuberculose bovine sont effectuées à l'échelle de la France métropolitaine et ne prennent donc pas en compte les singularités de la Corse.

L'objectif de cette thèse est de réaliser une étude descriptive de la situation épidémiologique des élevages de Haute-Corse vis-à-vis de la tuberculose bovine entre 2014 et 2022. Cette analyse permettra d'observer l'évolution de la situation épidémiologique dans

ce département par rapport aux mesures mises en place pour améliorer la gestion de cette infection dans le contexte de la Haute-Corse.

La première partie de ce manuscrit est consacrée à une synthèse bibliographique sur la tuberculose bovine en ciblant les notions nécessaires à la compréhension du sujet. Une présentation générale de la tuberculose sera effectuée. Ensuite, les méthodes de dépistage et de diagnostic de l'infection chez les bovins puis les modalités de surveillance et de lutte déployées en France métropolitaine seront développées. La fin de cette première partie sera consacrée à la présentation des particularités de la Haute-Corse en lien avec la tuberculose bovine : les modalités d'élevages, la situation épidémiologique et les spécificités de la mise en œuvre de la surveillance et de la lutte contre la tuberculose bovine.

La seconde partie sera dédiée à la présentation de l'étude des bases de données de suivi des foyers de tuberculose bovine fournies par la DDETSPP de Haute-Corse. Après la présentation de la problématique et des objectifs de l'étude, le matériel et la méthode utilisés seront décrits avant d'exposer les résultats obtenus. Enfin, une discussion de ces résultats sera proposée.

Première partie : étude bibliographique

Chapitre I : La tuberculose bovine en France, état des lieux et mesures de lutte.

1. Généralités sur la tuberculose bovine

A. Étiologie

La tuberculose bovine est une maladie bactérienne chronique affectant principalement les bovins mais également l'Homme et de nombreuses autres espèces animales (Organisation Mondiale en Charge de la Santé Animale, 2018).

Mycobacterium bovis est la principale bactérie mise en cause lors de tuberculose bovine. Plus rarement, *M. tuberculosis* ou *M. caprae* sont mises en évidence. Elles appartiennent au genre *Mycobacterium*. Ce genre est divisé en trois grands groupes (Guétin-Poirier *et al.*, 2023) :

- Les **mycobactéries pathogènes** responsables de la tuberculose avec entre autres le complexe *M. tuberculosis* (MTC) auquel appartiennent *M. tuberculosis*, *M. bovis*, et *M. caprae*.
- Les **mycobactéries opportunistes** avec parmi elles le complexe *Mycobacterium avium intracellulare* (MAC). Ce complexe comprend notamment *Mycobacterium avium paratuberculosis* responsable de la paratuberculose chez les bovins. Ces mycobactéries opportunistes sont fréquemment responsables de réactions croisées lors des tests de dépistage de la tuberculose bovine en élevage.
- Les **mycobactéries saprophytes**, très nombreuses dans la nature et pouvant parfois souiller les prélèvements ou, dans de rares cas, être responsables de réactions non spécifiques lors des tests de dépistage en élevage.

Les mycobactéries pathogènes, pour l'espèce bovine, sont principalement les mycobactéries des groupes MTC et MAC.

L'ensemble de ces bactéries sont regroupées dans une même famille, celle des *Mycobacteriaceae* car elles présentent des caractéristiques communes. Elles sont, entre-autre, résistantes dans le milieu extérieur mais sensible à la chaleur et aux ultra-violets (UV). Leur culture bactériologique est longue et nécessite des milieux spécifiques, ce qui complique leur identification.

B. Pathogénie

a. Les modes de contamination

La source de contagion principale est représentée par la présence d'animaux infectés excréteurs. L'excrétion est précoce et durable mais elle est irrégulière dans le temps. Un bovin infecté constitue donc un danger permanent pour les autres (Organisation Mondiale en Charge de la Santé Animale, 2018).

L'inhalation de particules infectées représente la principale voie de contamination. Les mycobactéries sont très résistantes dans le milieu extérieur donc la transmission de *M. bovis* par voie orale via des pâtures contaminées, de l'eau, de l'aliment ou du matériel d'élevage est considérée comme le second mode de contamination le plus fréquent.

L'infection d'un bovin par la tuberculose bovine dépend :

- du pouvoir pathogène du bacille inhalé ;
- de la réceptivité et de la sensibilité de l'hôte : *M. bovis* est susceptible d'infecter un grand nombre d'espèces de mammifère, mais l'espèce bovine y est particulièrement sensible. De plus, les animaux jeunes et âgés, ainsi que ceux en mauvais état général, sont également plus réceptifs que les animaux adultes (Pollock et Neill, 2002).
- de la dose et de la répétition des doses de bacilles. Des études révèlent qu'*in vivo* les doses inoculées sont généralement faible et que c'est la répétition des doses qui est responsable de l'infection des animaux (Liebana *et al.*, 2008).

Dans les pays développés ayant mis en place des programmes d'éradication de la maladie, la tuberculose généralisée chez les bovins, associée à l'excrétion de *M. bovis* dans le lait, les urines et / ou les fèces, est considérée comme rare (Neill *et al.*, 2001). Ainsi, la contamination verticale par voie digestive de la vache au veau est devenue extrêmement rare dans ces pays.

b. La primo-infection

Une fois la bactérie entrée dans l'organisme, elle est phagocytée par des macrophages. Chez un animal en bon état général sans baisse d'immunité, les bacilles sont très rapidement éliminés. Dans le cas contraire, ou lorsque la pression d'infection est trop forte, les macrophages n'arrivent pas à éliminer les bacilles tuberculeux. Les granulocytes neutrophiles sont alors stimulés et s'agglutinent au niveau du site initial de l'infection (Domingo *et al.*, 2014).

Suite à l'infection initiale, les mycobactéries vivantes peuvent se multiplier dans les macrophages et former en une quinzaine de jours le chancre d'inoculation (Figure 1), appelé aussi tubercule. Il s'agit d'un nodule granulomateux jaunâtre d'environ 2 à 20 mm de diamètre qui peut être encapsulé ou non.

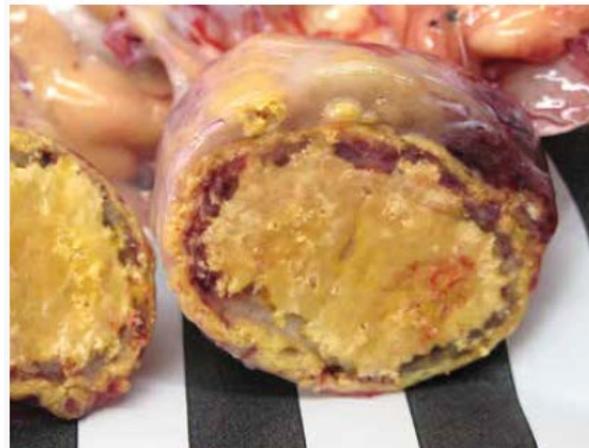
Sur la Figure 1, le chancre est situé sous la plèvre donc facilement visualisable. Cependant, lorsque celui-ci est localisé dans le tissu interstitiel du poumon, et de petite taille (comme celui de la photo), il peut facilement passer inaperçu lors de l'inspection à l'abattoir.

Figure 1 - Chancre d'inoculation en localisation sous-pleurale chez une chèvre (Domingo et al., 2014)



En parallèle, une partie des bacilles est transportée par les phagocytes jusqu'aux nœuds lymphatiques (NL) de drainage, via les vaisseaux lymphatiques. C'est au niveau de ces NL qu'un second foyer d'infection se développe. La lésion typique de tuberculose est un nodule inflammatoire granulomateux, circonscrit et dont la taille varie de 2 à 20 mm de diamètre (Figure 2, photo A). Il peut ou non être encapsulé et contient généralement en son centre une nécrose caséuse minéralisée (Figure 2, photo B) (Domingo *et al.*, 2014 ; Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV, 2014).

Figure 2 - Nœuds lymphatiques de bovins : photo de gauche (A) NL avec altérations tuberculeuses granulomateuses. Photo de droite (B) NL fortement hypertrophié avec caséifications et calcifications (Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV, 2014).



La présence concomitante du chancre d'inoculation et du foyer secondaire au niveau du NL drainant forme le « complexe primaire ».

c. La tuberculose secondaire

Des doses faibles mais répétées dans le temps favorisent l'apparition d'une tuberculose évolutive contrairement à une inoculation unique qui évoluerait plutôt vers une stabilisation des lésions générées (Pollock et Neill, 2002).

En début d'évolution de la maladie, les bovins atteints ne présentent pas de signes cliniques. Ces derniers n'apparaissent qu'en toute fin d'évolution lors de tuberculose généralisée et sont en général très peu spécifiques (baisse de l'état général associée à un amaigrissement).

Le complexe primaire peut évoluer selon trois modes différents : la stabilisation, la guérison ou la généralisation précoce. Chez certains animaux, le système immunitaire arrive à endiguer l'infection : **c'est la stabilisation**. Lors de **généralisation précoce**, au contraire, l'organisme n'est pas capable d'arrêter l'expansion de l'agent pathogène et la maladie se généralise (Domingo *et al.*, 2014).

En cas de stabilisation, le chancre d'inoculation disparaît mais la lésion du NL persiste, formant un « complexe primaire dissocié ».

Lors d'une **tuberculose chronique d'organe**, les lésions sont regroupées dans un seul organe. Dans ce cas, les tubercules miliaires grossissent pour former des tubercules caséux fortement nécrotiques. La stabilisation de ces lésions se traduit par une dessiccation et une calcification du caséum ; la tuberculose est alors appelée « tuberculose caséocalcaire ».

À la faveur d'un déficit immunitaire, d'une baisse de l'état général ou d'un stress important, le caséum peut se ramollir, et s'éliminer par une voie de drainage (les voies aérophores le plus souvent), en disséminant l'agent pathogène dans l'environnement et en laissant alors des cavernes tuberculeuses. Cette forme peut alors se stabiliser ou se généraliser (Fontaine et Reyes Gomez, 2021).

La **généralisation** de la tuberculose résulte de la dissémination des mycobactéries par voie sanguine ou lymphatique suite à l'érosion de ces vaisseaux par des tubercules. D'autres organes sont alors infectés et présentent des lésions (Figure 3). Un très grand nombre de petites lésions caséuses grises à jaunâtres sans délimitation franche peuvent alors être observées sur des organes divers (Domingo *et al.*, 2014).

Figure 3 - Mamelle de vache laitière : recouverte de façon régulière de tubercules caséifiés et calcifiés (tuberculose miliaire disséminée) (Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV, 2014).



C. Importance de la tuberculose bovine

La tuberculose bovine est une zoonose grave qui sévit dans le monde, principalement en Afrique et dans certains pays d'Asie. Dans ces pays où la prévalence intra-cheptel est élevée, la contamination humaine s'effectue à partir des animaux infectés, principalement par contact direct entre l'homme et le bétail contaminé mais également par contamination indirecte notamment lors d'ingestion de lait ou d'aliments à base de lait non pasteurisés et contaminés (Dumont *et al.*, 2018).

C'est initialement le risque zoonotique qui a motivé la mise en place d'une lutte collective contre la tuberculose bovine dès 1953 en France. À cette date, entre 20 et 50 % des élevages français, selon les départements, étaient infectés par la tuberculose bovine. Grâce au plan de lutte mis en place à cette période, et à son amélioration au fil des années, l'incidence annuelle des foyers de tuberculose bovine devient inférieure à 0,1 %. Cela permet à la France d'être reconnue par l'Union Européenne comme officiellement indemne vis-à-vis de la tuberculose bovine en 2001 (Benet *et al.*, 2006).

En 2018, en France, la prévalence dans les troupeaux était estimée à 0,11 % (Delavenne *et al.*, 2021). Cette diminution de la prévalence a fortement réduit le risque zoonotique. Aujourd'hui, en France, la lutte contre la tuberculose bovine n'est donc plus principalement motivée par le risque zoonotique mais par son impact économique. En effet, les restrictions aux échanges nationaux et internationaux, en cas de perte du statut indemne de la France, vis-à-vis de la tuberculose bovine, engendreraient des pertes économiques importantes (Rivière *et al.*, 2017).

2. Méthodes de dépistage et de diagnostic de la tuberculose bovine

La tuberculose est une maladie infectieuse à évolution chronique. Son évolution est lente, progressive, et s'étend sur des mois ou des années. Les formes cliniquement silencieuses sont fréquentes et largement majoritaires actuellement en France : il y a beaucoup plus d'infectés que de malades. De plus, lorsqu'ils sont présents, les signes cliniques sont très peu spécifiques. La détection événementielle basée sur les signes cliniques ne peut donc pas être suffisante pour la surveillance de la tuberculose bovine. Des tests de dépistage sont nécessaires.

A. Méthode de dépistage *ante-mortem*

Les méthodes de dépistage *ante-mortem*, sont des tests réalisés du vivant de l'animal. Pour la tuberculose bovine, il existe des tests allergiques d'intradermotuberculation (IDT), un test de dosage de l'interféron- γ (INF- γ) et des tests sérologiques.

a. Tests allergiques

Le principe des tests de dépistage allergique repose sur la détection d'une réaction d'Hypersensibilité retardée (HSR) : l'injection de tuberculine - allergeo-haptène issu d'une culture de bacille tuberculeux qui n'entraîne aucune réaction chez des individus sains (Guétin-Poirier *et al.*, 2023) - provoque chez le bovin infecté par *M. bovis*, *M. caprae* ou *M. tuberculosis* une réaction locale d'apparition tardive mais durable (Pollock *et al.*, 2005), objectivable par l'épaississement de la peau au point d'injection. En France, le dépistage allergique de la tuberculose bovine doit être réalisé selon un protocole réglementé présenté ci-dessous.

La seule technique utilisable est l'IDT dont il existe deux méthodes officielles :

- L'intradermotuberculation simple (IDS)
- L'intradermotuberculation comparative (IDC)
 - *L'intradermotuberculation simple (IDS)*

□ Principe et technique

L'IDS consiste à injecter dans le derme de l'encolure de la tuberculine bovine normale PPD (Dérivé Protéique Purifié de *M. bovis*) afin de déclencher chez les animaux infectés une réaction d'hypersensibilité retardée.

L'injection est réalisée sur le plat de l'encolure, à la limite du tiers postérieur et du tiers moyen et approximativement à égale distance des bords supérieur et inférieur de celle-ci. Cette injection nécessite une bonne contention des animaux. Celle-ci étant de la responsabilité de l'éleveur.

Avant injection, les poils doivent être coupés aux ciseaux, ou tondus afin de repérer le site d'injection. Le site peut éventuellement être repéré à l'aide d'un marqueur. Le vétérinaire sanitaire (VS) vérifie l'absence de lésions qui pourraient interférer dans l'interprétation du test.

Le pli cutané initial est mesuré à l'aide d'un cutimètre.

Le VS peut ensuite procéder à l'injection intradermique de 0,1 ml à 0,2 ml de tuberculine bovine au niveau de la zone repérée. Il doit ensuite vérifier la formation d'une papule de la taille d'un petit pois. Si l'injection n'est pas satisfaisante (évasion de liquide), elle doit être recommencée sur le même site ou sur un autre site si nécessaire (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2022).

□ Lecture

Le VS ayant pratiqué l'injection, revient dans les 72 heures +/- 4 heures afin de mesurer à nouveau, à l'aide d'un cutimètre, l'épaisseur du pli de peau au lieu de l'injection.

Aujourd'hui, seule la lecture objective est autorisée.

Nota bene : La lecture objective est opposée à la lecture dite subjective qui consiste en l'évaluation de l'épaississement de la peau au niveau du site d'injection grâce à la palpation de cette zone.

□ Interprétation des résultats

Pour interpréter les résultats, le VS compare l'épaisseur du pli cutané au site d'injection le jour de l'injection (J0) avec celle du jour de la lecture des résultats (J3). Cette différence permet d'obtenir la valeur dite ΔB ($=J3 - J0$) qui est ensuite comparée à des valeurs de références pour interpréter les résultats.

Réaction IDS positive

La réaction est considérée comme positive, lorsque des signes cliniques (œdème diffus ou étendu, exsudation, nécrose, douleur ou inflammation des canaux lymphatiques ou des NL de cette région) sont présents, ou lorsque l'augmentation de l'épaisseur du pli de peau ΔB est supérieure à 4 mm.

Réaction IDS douteuse

La réaction est considérée comme douteuse quand ΔB est supérieure à 2 mm et inférieure à 4 mm, sans signe clinique, si ce n'est un gonflement limité.

Réaction IDS négative

La réaction est considérée comme négative lorsqu'aucune modification de la peau est présente ou lorsque le gonflement est limité, avec un ΔB inférieur ou égal à 2 mm, sans signe clinique.

□ Caractéristiques du test

La valeur médiane de **la sensibilité** de l'IDS varie selon les articles entre 76,0 et 94,0 % (Haddad *et al.*, 2019).

La spécificité de l'IDS présente des valeurs médianes qui varient selon certains auteurs entre 91,0 et 98,2 % (Haddad *et al.*, 2019).

- *L'intradermotuberculation comparée (IDC)*

- Principe et technique d'injection

Le principe de l'IDC consiste à comparer la réaction présentée par l'animal à une injection de tuberculine bovine normale PPD titrant à 20 000 UI/ml, de celle présentée à une injection de tuberculine aviaire PPA titrant à 25 000 UI/ml pratiquées simultanément. En comparant ainsi les deux réactions, cela diminue le nombre de résultats faux positifs liés aux réactions croisées avec les bactéries du MAC.

Les injections sont réalisées sur la face latérale de l'encolure. Comme pour l'IDS, l'absence de lésion est vérifiée puis les sites d'injections sont repérés en tondant ou en coupant les poils.

Les injections sont faites sur la même face de l'encolure, en deux points distants de 10 à 15 cm, au milieu de l'encolure pour l'injection de tuberculine bovine, et en avant de celui-ci pour l'injection de tuberculine aviaire.

La mesure initiale du pli de peau à l'aide d'un cutimètre doit être faite avant les injections et pour les deux sites d'injections. Elles sont notées B0 pour la tuberculine bovine et A0 pour la tuberculine aviaire.

Entre 0,1 à 0,2 ml de chacune des tuberculines sont injectées aux endroits prévus. Une petite papule doit être présente. Si l'injection n'est pas satisfaisante, elle doit être refaite au même endroit.

- Lecture

La lecture doit être effectuée dans les heures 72 heures +/- 4 heures qui suivent l'injection, par mesure au cutimètre de l'épaisseur des plis de peau à chaque site d'injection : A3 pour la tuberculine aviaire et B3 pour la tuberculine bovine. Celle-ci doit être effectuée par le même VS que celui ayant mesuré B0 et A0.

- Interprétation

L'interprétation des résultats doit s'appuyer sur les mesures au cutimètre des augmentations de l'épaisseur des plis de la peau aux points d'injections. Pour chaque animal, les indicateurs suivants sont calculés :

$\Delta B = B3 - B0$: épaissement du pli cutané en millimètre sur le site d'injection de la tuberculine bovine ;

$\Delta A = A3 - A0$: épaissement du pli cutané en millimètre sur le site d'injection de la tuberculine aviaire ;

$\Delta B - \Delta A$ = la différence des épaisissements.

Une fois ces indicateurs calculés, le Tableau 1 permet d'interpréter les résultats et de classer la réaction comme « positive », « douteuse » ou « négative ».

Tableau 1 - Grille d'interprétation des résultats de l'IDC

Tuberculine bovine	Différence d'épaissements entre réactions aux tuberculines bovine et aviaire	Résultat : « réaction »
Si $\Delta B > 2$ mm	$\Delta B - \Delta A > 4$ mm	Positive
	$\Delta B - \Delta A$ [1 et 4 mm]	Douteuse
	$\Delta B - \Delta A < 1$ mm	Négative
Si $\Delta B \leq 2$ mm	Quel que soit le résultat de $\Delta B - \Delta A$	Négative

□ Caractéristiques du test

La sensibilité du test diffère selon les articles. Les valeurs médianes pour ce test varient entre 49,0 % et 80,0 % (Haddad *et al.*, 2019).

La spécificité de l'IDC est très bonne puisqu'elle peut atteindre des valeurs médianes, selon les articles, allant jusqu'à 100 % (Haddad *et al.*, 2019).

• *Avantages et inconvénients des intradermotuberculinations*

La plupart des inconvénients sont communs aux deux méthodes :

- Elles nécessitent la mise en place, par l'éleveur, d'une bonne contention des animaux.
- Le vétérinaire doit se rendre deux fois à trois jours d'intervalles dans l'élevage pour réaliser les mesures avant et après injections.
- L'IDT ne doit pas être faite par voie sous-cutanée car elle serait responsable d'un phénomène d'accoutumance rendant à terme le test inefficace. Cela nécessite donc l'emploi de matériel spécifique permettant de garantir une injection intradermique.
- Un délai d'attente de 6 semaines minimum est nécessaire pour pouvoir réaliser une nouvelle IDT. En effet, ces tests provoquent une hypoergie ou parfois même, une anergie pouvant durer jusqu'à 6 semaines après une première injection.
- La lecture subjective des réactions ne peut pas faire l'objet d'une standardisation. L'usage du cutimètre est donc obligatoire dans la réglementation, rendant plus long et plus compliqué le dépistage par cette méthode.

L'avantage des IDT est qu'il s'agit de méthodes assez peu coûteuses. Environ 4 € HT par animal testé pour l'IDS et 7 € HT par bovin pour l'IDC. De plus, l'interprétation des tests peut être faite par le vétérinaire en direct sur le terrain sans avoir besoin d'envoyer des prélèvements à des laboratoires agréés.

- *Avantages et inconvénients spécifiques à l'IDS*

L'IDS présente une sensibilité théorique supérieure à celle de l'IDC.

Historiquement elle était privilégiée et la lecture subjective était autorisée et pratiquée. Cependant elle est devenue insuffisamment fiable sur le terrain car, dans le contexte épidémiologique actuel, la lecture subjective entraîne une baisse de la sensibilité.

- *Avantages et inconvénients spécifiques à l'IDC*

L'IDC est plus spécifique mais théoriquement moins sensible que l'IDS.

Cependant elle présente l'avantage de n'avoir jamais pu être interprété en lecture subjective et donc d'avoir *in fine* une meilleure sensibilité terrain que l'IDS.

b. Test de dosage de l'interféron γ (test IFN- γ)

- Principe

Le dosage de l'IFN- γ est une méthode de dépistage *in vitro* qui repose, comme l'IDT, sur la mesure d'une réponse immunitaire à médiation cellulaire. L'IFN- γ est une cytokine, c'est-à-dire un messenger immunologique, qui est majoritairement libéré par les lymphocytes T (LT) mémoires en réponse à la présence d'antigènes déjà rencontrés auparavant (Pollock *et al.*, 2005).

Le principe du test réside en la mise en contact de LT du bovin à dépister avec des antigènes du MTC. Les LT de bovins ayant déjà rencontrés ces antigènes produiront plus d'IFN- γ que ceux de bovins n'en ayant jamais rencontrés. Le bovin sera alors considéré comme positif.

Ce test ne peut être effectué que par un laboratoire agréé par le Laboratoire National de Référence (LNR) pour la tuberculose bovine (Anses, Maisons-Alfort).

- Méthode

Le test est réalisé à partir de sang de bovins prélevés sur tube hépariné. Ces prélèvements doivent être conservés à température ambiante et transportés au laboratoire dans les 8 heures. Le test se décompose en deux étapes :

La première étape consiste en la stimulation des LT du bovin à dépister, via la mise en présence de son sang avec différents antigènes mycobactériens (PPD – Bovine, PPD – Aviaire et antigènes spécifiques ESAT-6 et CFP-10).

Lors de la seconde étape, l'IFN- γ produit par les LT après leurs stimulations est dosé grâce à un test ELISA et comparé à celles de témoins.

□ Lecture et interprétation

La lecture et l'interprétation des résultats est faite par le laboratoire agréé. Elle dépend du kit utilisé par le laboratoire (Annexe 1).

L'interprétation des résultats peut être plus ou moins sévère en fonction du contexte dans lequel le prélèvement a été réalisé (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2022) :

- Si la demande est envoyée dans le cadre de l'assainissement d'un foyer de tuberculose bovine, les résultats seront analysés selon l'interprétation « sévère » ;
- Dans les autres cas (par exemple dans un contexte de dépistage périodique), les résultats seront analysés selon l'interprétation intermédiaire.

□ Caractéristiques du test

La sensibilité du test diffère en fonction du kit utilisé. En France, seuls les kits Bovigam® et ID Screen® Ruminant IFN-g sont autorisés (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2022). Les tuberculines utilisées dans ces kits correspondent aux PPD aviaire et bovine. En France, selon le rapport de l'Anses (Haddad *et al.*, 2019), la sensibilité médiane du test utilisant la combinaison PPD et ESAT-6/CFP-10 était de 93 % quand seuls les résultats positifs étaient pris en comptes. Contre 97 % lorsque les résultats non conclusifs étaient considérés comme positifs.

La spécificité du test IFN- γ , en France, en utilisant la combinaison PPD et ESAT-6/CFP-10, serait de 46,08 % en ne tenant compte que des résultats négatifs contre 82,47 % en considérant comme négatif les résultats non conclusifs. Le rapport de l'Anses, précise cependant que ces faibles valeurs sont à mettre en lien avec l'existence d'un biais dans la population étudiée. En effet, les animaux déclarés indemne dans l'étude ont été sélectionnés sur la base d'un résultat non négatif à l'IDT, ce qui a pu entraîner une sous-estimation de la spécificité du test (Haddad *et al.*, 2019).

Une autre étude dans les conditions françaises d'utilisation du test, pour le recontrôle des cheptels a quant à elle démontré une spécificité équivalente à celle d'une IDC de recontrôle (Praud *et al.*, 2019).

□ Avantages

Ce test a pour avantage de fournir des résultats objectifs, qui ne sont pas directement interprétés par le VS mais par le laboratoire. Cela limite ainsi les éventuelles tensions qui pourraient apparaître entre le vétérinaire et son client en cas de résultat non négatif. En effet,

une suspicion ou une confirmation d'infection par la tuberculose bovine peut avoir de très lourdes conséquences pour l'éleveur (blocage de l'élevage, abattage total en cas de confirmation d'infection (I.4.c.c)). Or, les VS qui réalisent la prophylaxie sont le plus souvent les vétérinaires habituels de l'élevage. Ils peuvent ainsi se trouver dans une situation délicate vis-à-vis de l'éleveur lorsque l'interprétation du test repose sur des mesures qu'ils ont eux-mêmes effectuées.

Le test IFN- γ est plus facile à réaliser sur le terrain que les IDT car le vétérinaire n'intervient qu'une seule fois pour effectuer un prélèvement sanguin par animal, sur un tube hépariné.

De plus, le test de dosage de l'IFN- γ permet de détecter une petite proportion d'animaux infectés qui échappent à l'intradermotuberculation (De La Rua-Domenech *et al.*, 2006). En effet, il permet de détecter plus précocement les animaux infectés (Pollock *et al.*, 2005).

Il peut être réalisé plusieurs fois de suite, sans délai car la tuberculine n'est pas directement injecté à l'animal donc il n'y a pas de risque de désensibilisation de celui-ci (De La Rua-Domenech *et al.*, 2006).

Enfin l'IFN- γ , comme l'IDC, permet de différencier les réponses positives dues à des mycobactéries de l'environnement, de celles causées par l'agent de la tuberculose bovine d'où la bonne spécificité du test (Waters *et al.*, 2004).

□ Inconvénients

Un de ses principaux inconvénients est son coût. Il faut compter entre 30 et 60 € par analyse ce qui est bien supérieur aux IDT.

De plus, les prélèvements doivent être traités rapidement par le laboratoire (dans les 6 à 8 heures suivant le prélèvement) et transportés à une température d'environ 20°C. Cela ne constitue pas un inconvénient majeur si le laboratoire est proche de l'élevage, et certains départements organisent avec les laboratoires des tournées pour faciliter la collecte des échantillons. Cependant, cela peut poser un problème lorsqu'aucun laboratoire départemental agréé n'est présent dans le département et/ou dans les régions montagneuses dans lesquelles le temps de trajet d'un élevage à l'autre peut être long.

c. Comparaison des caractéristiques des tests IDT et IFN- γ

Les tests de dépistages *ante-mortem* utilisés actuellement chez les bovins en France présentent des caractéristiques différentes décrites dans les parties précédentes. Le tableau ci-dessous les synthétise afin de faciliter leur comparaison (Tableau 2).

Tableau 2 - Comparatif des caractéristiques des tests allergiques de dépistage ante-mortem de la tuberculose bovine en France

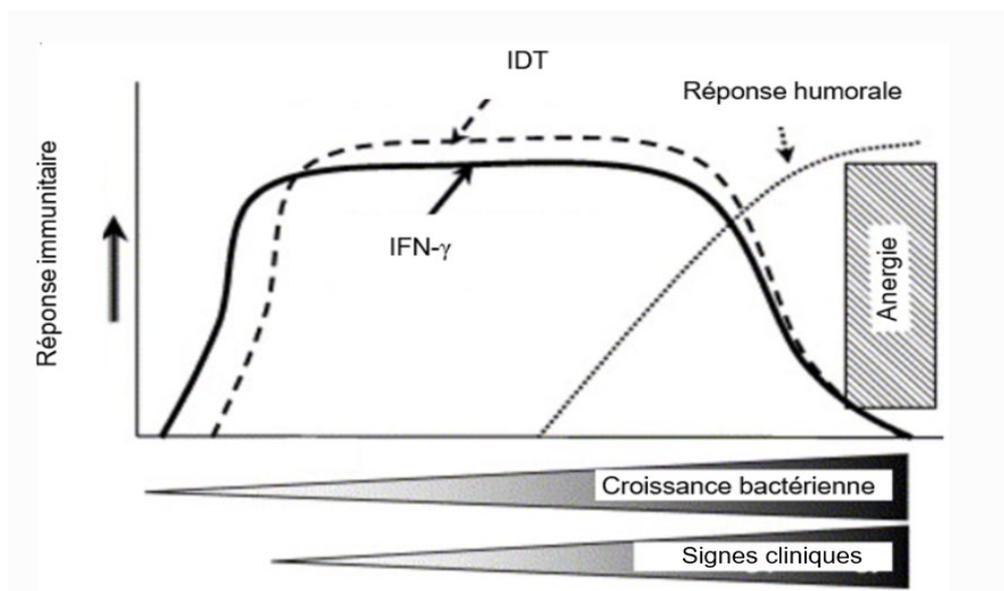
	IDS	IDC	IFN- γ
Sensibilité médiane	76,0 et 94,0 %	49,0 et 80,0 %	93,0 et 97,0 %
Spécificité médiane	91,0 et 98,2 %	Jusqu'à 100 %	Très variable* : 46,0 à 100 %
Anergie post-tuberculinique	Oui	Oui	Non
Réalisation	Très bonne contention nécessaire		Bonne contention nécessaire
	Deux fois, une à deux mesures de plis de peau à 72h d'intervalles avec une à deux injection(s) en intradermique		Une seule prise de sang à la queue
Interprétation	Par le VS		Par un laboratoire agréé
Coût	Environ 4 €	Environ 7 €	Entre 30 et 60 €

*cf.l.2.a.b

d. Test sérologique

Les tests sérologiques existent mais sont très peu utilisés pour le dépistage, chez les bovins, de la tuberculose bovine en France. En effet, la réponse à médiation humorale est bien plus tardive que la réponse à médiation cellulaire (Figure 4). Les tests sérologiques présentent donc de moins bonnes performances que les tests s'appuyant sur la réponse à médiation cellulaire (De La Rua-Domenech *et al.*, 2006).

Figure 4 - Chronologie des différentes réponses du système immunitaire vis-à-vis de la tuberculose bovine à la suite d'une infection (De la Rua-Domenech *et al.*, 2006)



Bien que non utilisée en France chez les bovins, des tests sérologiques pour dépister la tuberculose bovine sont utilisés chez les suidés. L'échantillon est un prélèvement de sang, de porc d'élevage ou de sanglier, prélevé sur un buvard puis envoyé dans un laboratoire agréé. Actuellement deux kits sont autorisés (Direction Générale de l'Alimentation, 2023 ; Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2024a):

- Le kit INgezim TB PORCIN qui utilise les protéines recombinantes MPB70 et MPB83
 - o Sensibilité : 78,0 % IC_{95%} = [65,3 – 87,7] % (Cardoso-Toset *et al.*, 2017)
 - o Spécificité : 100 % IC_{95%} = [95,9 – 100] % (Cardoso-Toset *et al.*, 2017)
- Le kit ID Screen® Porcine Tuberculosis indirect qui utilise également des protéines recombinantes de *Mycobacterium bovis*.
 - o Sensibilité : varie pour les tests utilisant des protéines recombinantes entre 74,6 % à 78,0 % avec respectivement IC_{95%} = [61,6 – 85,0] % et IC_{95%} = [65,3 – 87,7] % (Cardoso-Toset *et al.*, 2017)
 - o Spécificité : 99,7 % IC_{95%} = [98,9 - 99,8] % (Roche *et al.*, 2023)

B. Méthodes de dépistage *post-mortem*

a. Détection des lésions

Lors de l'inspection systématique des carcasses à l'abattoir, la présence de lésions évocatrices de tuberculose est recherchée.

Une méta-analyse de la littérature scientifique, menée par the *European Food Safety Authority* (EFSA), en 2012, a évalué la sensibilité et la spécificité de l'inspection systématique des carcasses à l'abattoir vis-à-vis du dépistage de la tuberculose bovine. Elle estime la sensibilité à hauteur de 71 % IC_{95%} = [38 % – 92 %] (EFSA *Panel on Animal Health and Welfare* (AHAW), 2012). Peu d'études présentent la spécificité de l'inspection à l'abattoir. Dans son rapport l'EFSA l'estime à [65,3 – 87,7] %. Cependant elle ne s'appuie que sur une seule étude. Cette spécificité semble être surestimée car de nombreuses pathologie peuvent induire des lésions similaires à celles causées par la tuberculose bovine (Haddad *et al.*, 2019).

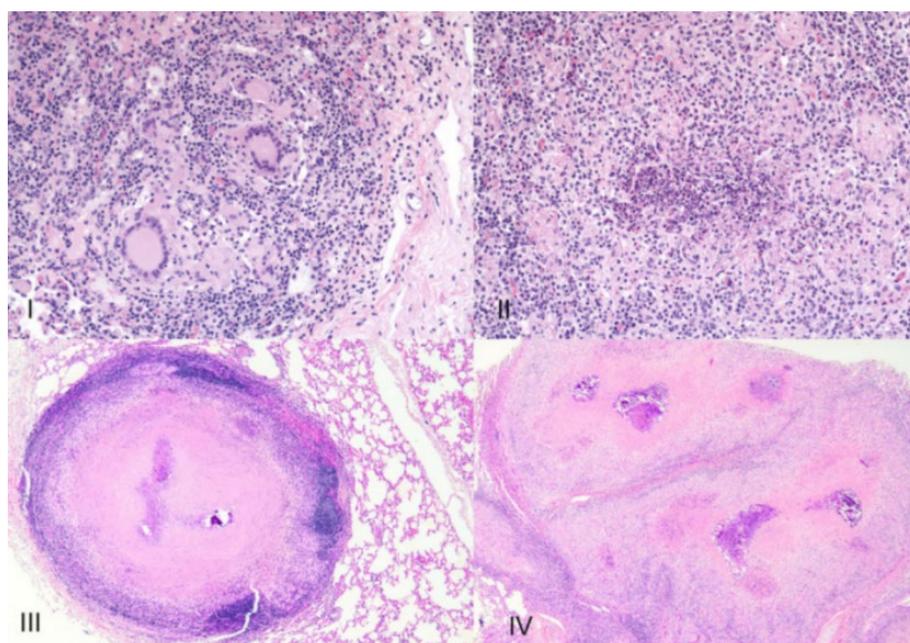
En effet, les mycobactéries non tuberculeuses et des Actinomycetales sont fréquemment responsables de lésions similaires à celles causées par la tuberculose bovine, c'est-à-dire, des granulomes encapsulés avec des zones nécrotiques (Michelet *et al.*, 2018). Dans cette étude de 2018, Michelet et ses collaborateurs ont inclut tous les cas de bovins dont un échantillon a été envoyé au Laboratoire National de Référence (LNR) et qui ont eu un résultat négatif à la *Polymerase Chain Reaction* (PCR) mais avec une histopathologie évocatrice de la tuberculose bovine. Sur l'ensemble des 292 échantillons soumis au LNR, 24 % étaient des mycobactéries non tuberculeuses (NTM), 56 % des Actinomycetales et 24 % étaient négatifs. Dans 11 cas, une co-infection, soit entre deux NTM soit entre une NTM et un Actinomycetale, avait été identifiée.

b. Histologie

Lorsqu'elles sont présentes, les lésions microscopiques les plus fréquemment observées en cas de tuberculose bovine sont de multiples lésions à différents stades de développement. Il s'agit de granulomes infiltrés par des macrophages, des lymphocytes et des cellules géantes multinucléées avec au centre une nécrose caséuse associée ou non à une minéralisation en fonction du stade de développement de la lésion (Palmer *et al.*, 2022).

La Figure 5 présente les quatre stades de développement d'un granulome tuberculeux. Au stade I le granulome est infiltré par des macrophages, des lymphocytes et des cellules géantes multinucléées. Au stade II, le granulome présente en plus un centre nécrotique. Le granulome stade III est composé par un centre nécrotique entouré par une zone avec des macrophages, des lymphocytes et des cellules géantes. Cette encapsulation par une capsule fibreuse le distingue des stades plus précoces. La partie nécrotique peut être minéralisée. Enfin, le granulome de stade IV est une coalescence de granulome de stade III avec de nombreux centres nécrotiques partiellement minéralisés et séparés par des bandes fibreuses (Palmer *et al.*, 2022).

Figure 5 - Représentation des quatre stades de développement d'un granulome tuberculeux chez un bovin (Palmer *et al.*, 2022)



Cependant l'analyse histologique n'est pas spécifique de *M. bovis*, *M. tuberculosis* ou *M. caprae*. En effet, d'autres agents pathogènes (de la famille des mycobactéries ou non comme *Rhodococcus equi*), peuvent provoquer des lésions similaires (McKenzie et Donald, 1979 ; Michelet *et al.*, 2018 ; Varello *et al.*, 2008).

En comparant les résultats d'analyses histopathologiques avec les résultats de cultures bactériennes, des études ont estimé pour l'histologie une sensibilité de 93,4 % avec un

intervalle de confiance à 95% ($IC_{95\%}$) = [87,4 – 97,1] (Varello *et al.*, 2008) et une spécificité de 83,3 % avec un $IC_{95\%}$ = [78,7 – 87,6] (Courcoul *et al.*, 2014).

Les résultats sont généralement obtenus en cinq à sept jours, ce qui en fait un examen relativement rapide comparé aux méthodes de diagnostic présentées par la suite.

c. Examen bactériologique direct

Cet examen consiste à rechercher des bacilles acido-alcool-résistants au microscope, via la réalisation d'un frottis étalé sur une lame de microscopie elle-même colorée à l'aide de la coloration de Ziehl-Neelsen. Grâce à cette technique, les mycobactéries apparaissent comme des bacilles colorés en rose. Cependant, cet examen ne peut représenter qu'un élément de suspicion supplémentaire. En effet, il ne permet pas de distinguer entre elles les bactéries du genre *Mycobacterium*, rendant ce test très peu spécifique. De plus, sa sensibilité est également mauvaise puisqu'il faut au moins 10 000 bacilles / ml pour que l'examen de microscopie soit positif (Carbonnelle et Carpentier, 1995).

L'examen bactériologique direct présente cependant l'intérêt d'être rapide car le résultat peut être obtenu en une journée.

C. Méthodes de diagnostic

a. Culture bactériologique

La culture bactériologique repose sur la mise en évidence de mycobactéries dans des prélèvements réalisés à partir de bovins abattus. Il est recommandé de mettre en culture les lésions suspectes de tuberculose ou un échantillon groupé de NL prélevés au niveau de la tête et du thorax sur les animaux positifs à l'IDT ou à l'IFN- γ (Organisation Mondiale en Charge de la Santé Animale, 2018). Les résultats sont généralement obtenus en 10 à 90 jours.

La culture bactériologique est une méthode très spécifique puisqu'évaluée à 99,1 % avec un $IC_{95\%}$ = [97,1 % – 100 %] mais relativement peu sensible 83,3 % avec un $IC_{95\%}$ = [78,7 %– 87,6 %] (Courcoul *et al.*, 2014 ; Keck *et al.*, 2014).

b. Méthode d'amplification génique par PCR

Depuis 2012, la PCR s'utilise généralement en parallèle de l'analyse bactériologique (Michelet *et al.*, 2018). Elle présente l'avantage de donner des résultats beaucoup plus rapidement : en une à deux semaines quand la PCR est réalisée sur des broyats de NL, contre jusqu'à trois mois pour la culture bactérienne (Guétin-Poirier *et al.*, 2023).

En première intention, une PCR non spécifique d'espèce, sur du tissu suspect et / ou sur les NL rétropharyngiens, trachéobronchiques et médiastinaux des bovins suspects ne présentant pas de lésions évocatrices de tuberculose bovine, est réalisée par le laboratoire départemental. Elle consiste en la recherche d'Acide Désoxyribonucléique (ADN) génomique

de mycobactéries du complexe MTC mais ne permet pas de distinguer l'espèce en cause, au sein de ce groupe.

Si cette PCR est positive, une seconde PCR spécifique d'espèce, cette fois, est réalisée par le LNR et permet l'identification de l'espèce. Une PCR spécifique d'espèce positive permet la confirmation d'un cas de tuberculose bovine au même titre qu'une culture bactérienne positive (Guétin-Poirier *et al.*, 2023).

La spécificité de la PCR tuberculose est considérée comme très bonne : en moyenne 97 % [94,3 %– 99 %] _{IC95%}. Sa sensibilité est supérieure à celle de la culture bactérienne. Elle est estimée en moyenne à 87,7 % [82,5 %– 92,3 %] _{IC95%} (Courcoul *et al.*, 2014).

c. Identification des souches : spoligotypes et profil VNTR

Il s'agit de méthodes de biologie moléculaire qui s'appuient sur l'amplification génomique des souches à typer.

En France, le génotypage de *M. bovis* est permis grâce à la réalisation en parallèle de deux techniques, le spoligotypage et le typage par *Variable Number Tandem Repeats* (VNTR).

Le spoligotypage étudie la zone du génome appelée *Direct Repeats* (DR) qui est caractérisée par la présence ou l'absence de séquences appelées « espaceurs ». La zone DR est amplifiée par PCR puis la souche est caractérisée par la présence ou non de 43 espaceurs. Une fois obtenu, le profil de la souche est comparé à la base internationale Mbovis.org afin de l'identifier par un code (Boschioli *et al.*, 2015).

Les principaux spoligotypes qui sont observés en France sont le SB0120 (BCG) qui comprend en particulier le BCG Nouvelle-Aquitaine (BCG-NAq), le BCG-Côte d'Or et le BCG-Corse. Mais également le génotype F7 - SB0821 présent notamment dans les Pyrénées-Atlantiques et les Landes, le F1 – SB840 majoritaire en Corse et le F15 – SB0832 souvent observé dans les Pyrénées-Atlantiques. En France de nombreux autres spoligotypes ont pu être observés. Ils sont cependant moins fréquents que ceux cités (Michelet *et al.*, 2019).

Le typage VNTR étudie les séquences répétées en tandem en nombre variable après leurs amplifications par PCR. En France, huit régions génomiques sont identifiées et six d'entre elles permettent de comparer les origines géographiques des souches. Les deux autres sont considérées comme très variables pour les souches françaises. Le profil de chaque souche de *M. bovis* est alors défini par une chaîne de caractères à huit chiffres (Boschioli *et al.*, 2015).

L'utilisation concomitante de ces deux méthodes permet d'étudier *M. bovis* dans l'espace et dans le temps pour retracer la transmission et enquêter sur les origines des foyers. Le spoligotypage s'appuie sur l'étude de marqueurs à mutation lente tandis que le typage VNTR étudie des marqueurs à évolution plus rapide (Hauer *et al.*, 2015).

La culture bactérienne de la souche à identifier est un prérequis pour ces analyses.

Bilan

Il existe donc de nombreuses méthodes pour dépister la tuberculose bovine. L'IDC malgré ses limites, reste l'outil le plus adapté pour son dépistage collectif. Sa bonne réalisation fait partie des points critiques dans la lutte effective contre cette maladie (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2022).

Ce test peut, sous certaines conditions, être complété ou remplacé par un test de dosage de l'IFN- γ .

Pour confirmer une infection par un agent du MTC, seule la culture bactérienne et / ou la PCR spécifique d'espèces peuvent être utilisées. Elles doivent être réalisées par le LNR.

Enfin, l'identification génomique des souches permet la réalisation d'enquêtes épidémiologiques pour trouver l'origine des foyers.

3. Situation épidémiologique en France métropolitaine

A. Contexte épidémiologique dans le cheptel bovin en France métropolitaine

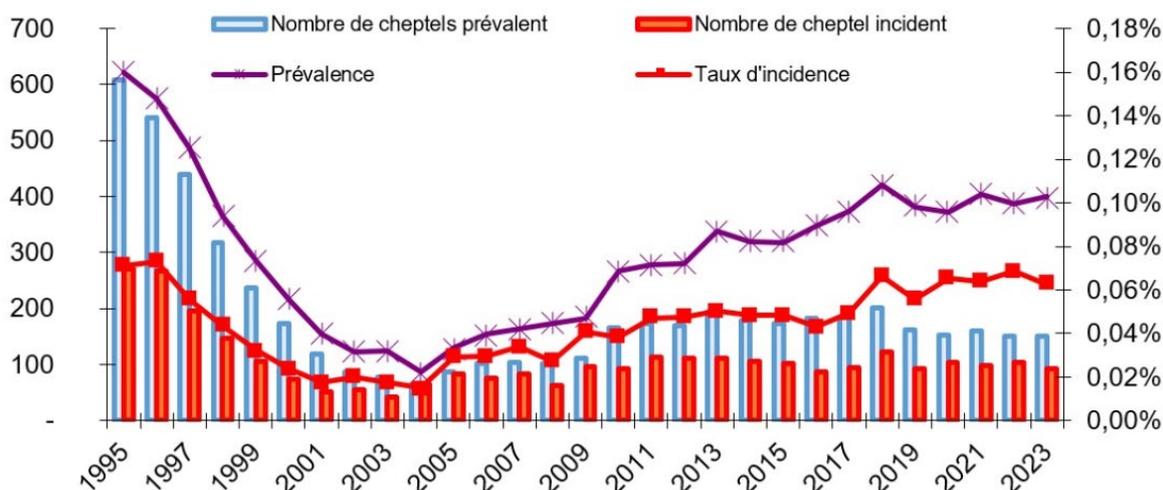
a. Évolution de la prévalence

Depuis 2001, la France est reconnue indemne de tuberculose bovine par l'Union européenne. L'obtention de ce statut est le fruit d'efforts de lutte importants ayant débuté en 1955. À cette date, 25 à 30 % des élevages français étaient infectés (Benet *et al.*, 2006). Grâce aux mesures de gestion mises en place, le pourcentage d'élevages infectés est passé sous le seuil de 0,1 % en 1995 et s'y est maintenu, permettant, 6 ans plus tard, l'obtention du statut officiellement indemne.

Bien qu'officiellement indemne de tuberculose, la situation épidémiologique en France reste préoccupante. En effet, depuis 2003, la prévalence a progressivement augmenté pour atteindre en 2017, le seuil critique de 0,1 % (Figure 6).

À la suite de cette augmentation, des mesures ont été prises (1.4.b) en 2018, (recours obligatoire à l'IDC dans les zones à risque et dans les départements soumis au dépistage périodique qui présentent au moins une zone de prophylaxie renforcée), ce qui a permis une diminution de la prévalence à 0,08 % en 2020. Cela représente environ une centaine de foyers bovins par an (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2024b).

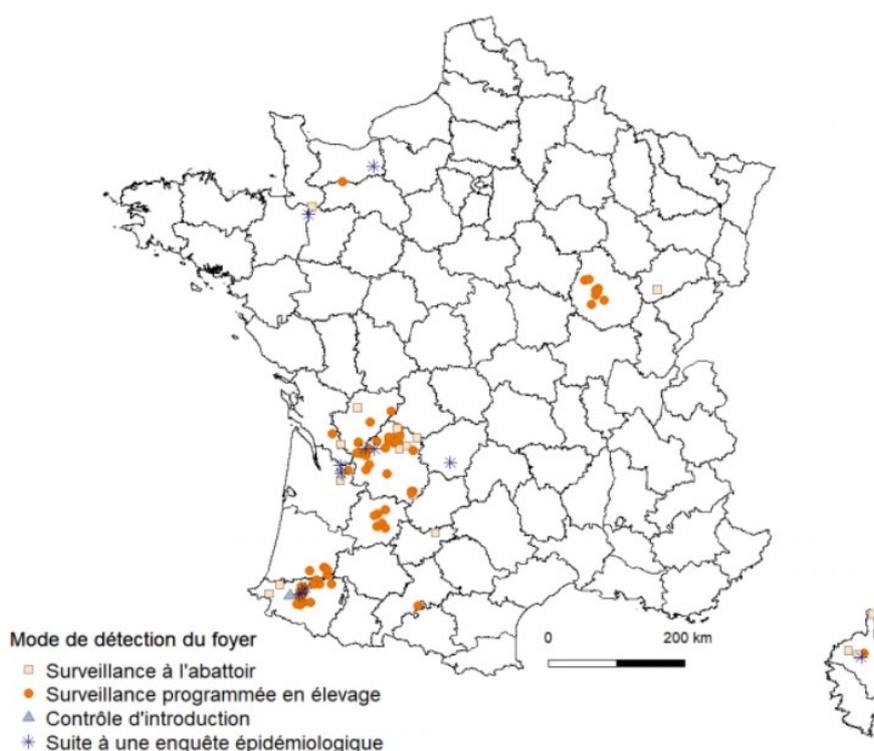
Figure 6 - Évolution de la prévalence et de l'incidence de la tuberculose bovine de 1995 à 2023 (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2024).



b. Répartition des foyers

La répartition des foyers de tuberculose bovine dans les élevages bovins français reste très similaire d'une année à l'autre. Ils sont répartis de façon très inégale sur le territoire (Figure 7). Les départements les plus touchés étant les Pyrénées-Atlantiques, la Dordogne, la Charente, le Lot-et-Garonne, la Côte-d'Or et la Haute-Corse. Les foyers de tuberculose bovine sont donc assez concentrés. Dans la grande majorité des départements français, la maladie ne circule pas (Delavenne, 2021).

Figure 7 - Répartition géographique, en France, des 104 foyers de tuberculose bovine déclarés entre le 1er janvier et le 31 décembre 2020 (Delavenne et al., 2021).



B. Situation dans la faune sauvage

La présence de *M. bovis*, dans la faune sauvage, a été décrite pour la première fois en France en 2001 chez des cerfs en Seine-Maritime (Hars *et al.*, 2013). Puis, elle a été mise en évidence dans plusieurs départements chez des cerfs, des sangliers et des blaireaux.

En 2011, un programme national de surveillance de la tuberculose bovine dans la faune sauvage, nommé SYLVATUB est lancé. Son principal objectif est d'estimer la prévalence de la tuberculose bovine chez les sangliers, les blaireaux et les cervidés et d'en suivre l'évolution. Sur l'ensemble du territoire, une surveillance événementielle, chez ces espèces, est mise en place et consiste en un examen visuel des carcasses par le réseau SAGIR et par les chasseurs, lors de leur pratique de chasse habituelle. Dans les départements considérés comme « à risque intermédiaire » et « à risque élevé », cette surveillance événementielle est

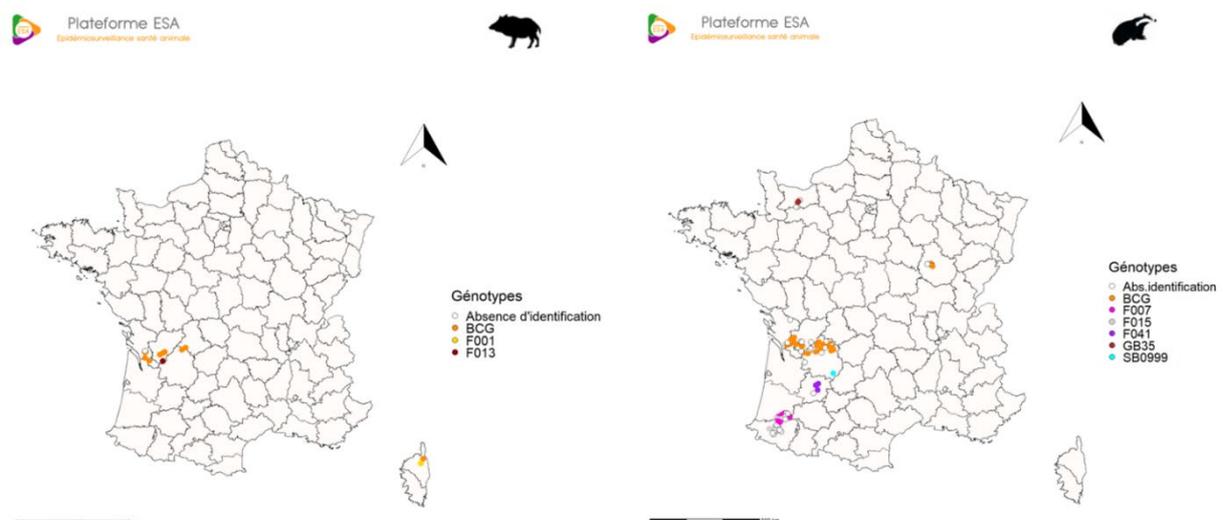
renforcée. C'est-à-dire que le nombre d'animaux collectés est augmenté et l'ensemble des cerfs, des sangliers et des blaireaux trouvés morts ou mourants par le réseau SAGIR sont collectés et analysés. De plus dans ces départements, une surveillance programmée chez ces espèces est mise en place. Un certain nombre d'animaux est collecté chaque année autour des foyers bovins et dans les zones infectées pour être ensuite analysés (Rivière *et al.*, 2012).

Lors des dernières campagnes SYLVATUB des cas de tuberculose bovine ont été détecté chez des blaireau et chez des sangliers (Plateforme ESA, 2024).

Depuis les années 2000, la présence de tuberculose bovine chez les renards roux en France, dans les zones enzootiques de tuberculose, est connue mais considérée comme généralement faible. Cependant, il a été récemment montré que les renards roux étaient également impliqués dans l'épidémiologie de la tuberculose bovine (Richomme *et al.*, 2020).

Tout comme pour les foyers bovins, la répartition des cas de tuberculose dans la faune sauvage est inégale sur le territoire français (Figure 8).

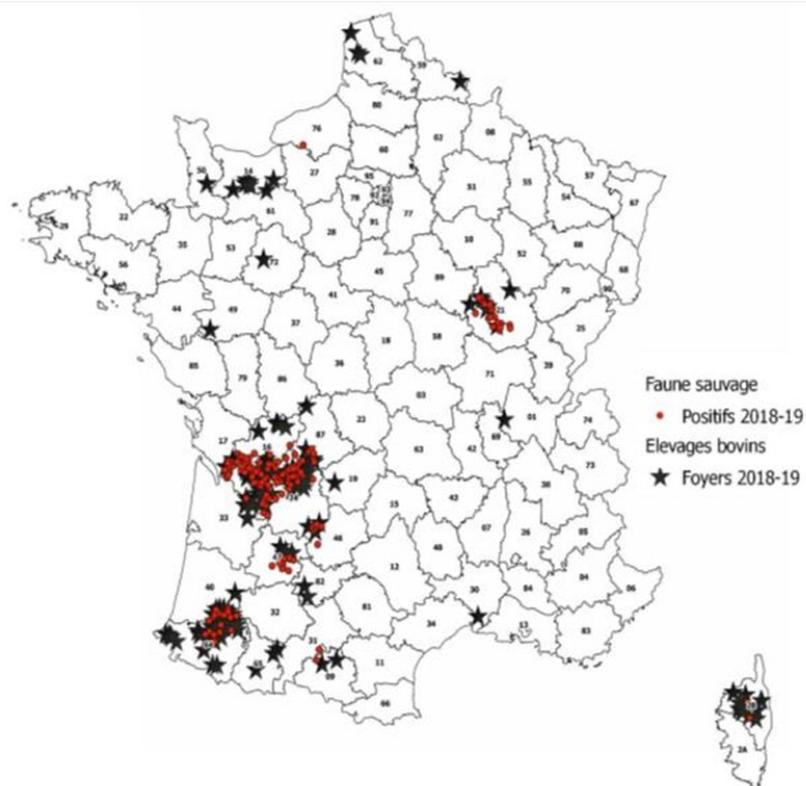
Figure 8 - Distribution géographique des spoligotypes de *M. bovis* identifiés chez les sangliers (carte de gauche) et chez les blaireaux (carte de droite) en France métropolitaine entre 2020 et 2021 (Forfait *et al.*, 2023).



Par ailleurs, les zones de répartition de la tuberculose bovine dans la faune sauvage semblent être en étroite corrélation avec les foyers bovins comme le montre la Figure 9. Dans la majorité des cas, les bovins constituent le réservoir primaire et sont responsables de l'apparition de cas dans la faune sauvage. Cependant, dans certaines conditions environnementales et démographiques, ces animaux sauvages peuvent également devenir des hôtes réservoir de la tuberculose bovine et entretenir à eux seuls la maladie dans certains foyers (Hars *et al.*, 2013). Cette situation n'a encore jamais été observée en France où il est considéré que l'ensemble des hôtes (bovins et faune sauvage) forment une communauté de maintenance. Cependant, cela a déjà été observé chez des blaireaux au Royaume Uni ainsi que chez des sangliers dans certaines zones en Espagne (Guétin-Poirier *et al.*, 2023).

La faune sauvage, en fonction des conditions environnementales, peut donc être un réservoir primaire, un réservoir secondaire ou un cul-de-sac épidémiologique. Lorsque la tuberculose bovine est présente dans la faune sauvage locale, cela rend plus difficile la lutte et la prévention contre l'infection en élevage, c'est pourquoi sa présence dans la faune sauvage française inquiète les autorités sanitaires (Hars *et al.*, 2013).

Figure 9 - Répartition des foyers de tuberculose bovine dans la faune sauvage par rapport aux foyers de bovins entre 2018 et 2019 (Jabert, 2020)



4. Organisation de la lutte contre la tuberculose bovine en France

A. Une maladie réglementée catégorisée B, D et E

En 1965, suite à l'arrêté ministériel du 23 juin 1965, la lutte contre la tuberculose bovine est rendue obligatoire en France.

Depuis avril 2021, la Loi de Santé Animale, qui s'applique à l'échelle européenne, classe la tuberculose bovine comme une maladie de catégorie B, D et E (Annexe 2). Les espèces concernées sont les bovins, les caprins, les porcins, les camélidés et les élevages de cervidés. Cela signifie que la tuberculose bovine est soumise à de la surveillance, à des restrictions de mouvements entre États membres, qu'elle doit être contrôlée par tous les États membres et qu'elle est soumise à une éradication obligatoire (DRAAF Occitanie, 2021).

B. Organisation de la surveillance dans les élevages bovins en France

La surveillance fait partie des points clés dans la lutte collective contre la tuberculose bovine. C'est en effet sur elle que repose la détection des suspicions qui, après investigations, mènent à l'identification des élevages infectés.

En France, la surveillance est constituée de quatre axes majeurs :

□ Le dépistage programmé en élevage

La répartition hétérogène des foyers sur le territoire français ainsi que la diminution de la prévalence de la tuberculose bovine et le défaut de spécificité des IDT a entraîné l'allègement, en 2003, du dépistage qui était alors annuel dans tous les départements (Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des affaires rurales, 2003).

Suite à cet arrêté ministériel de 2003 (Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des affaires rurales, 2003) le rythme des contrôles a été adapté en fonction du taux de prévalence annuelle :

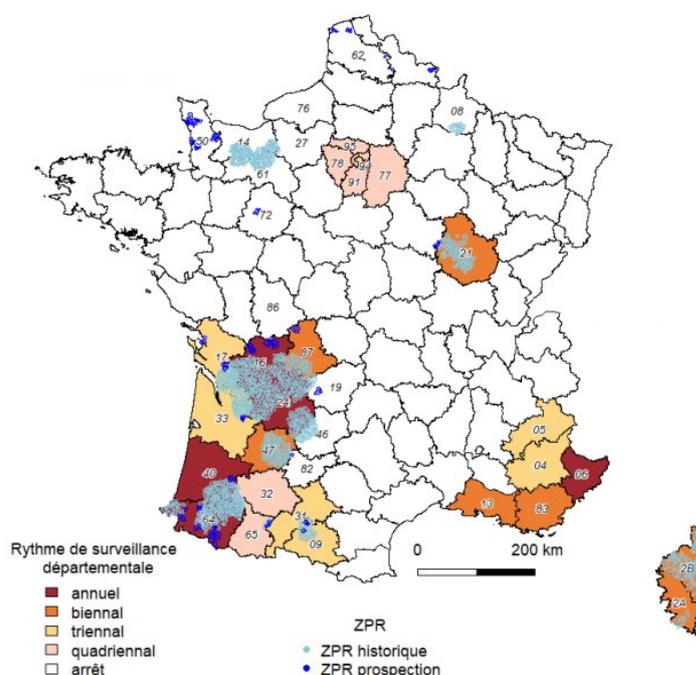
- Rythme biennal pour les départements dans lesquels la prévalence est inférieure à 1 % pendant 2 ans ;
- Rythme triennal pour les départements dans lesquels la prévalence est inférieure à 0,2 % pendant 4 ans. Pour ces mêmes départements l'âge minimum des bovins lors du premier contrôle peut être passé à 24 mois ;
- Rythme quadriennal avec ou non un âge minimum des bovins lors du premier contrôle pouvant être passé à 24 mois pour les départements avec une prévalence inférieure à 0,1 % pendant 6 ans.

Dans ces derniers départements, les préfets peuvent demander au conseil départemental de la santé et de la protection animale ainsi qu'au directeur général de l'alimentation, une autorisation pour dispenser ses élevages de la prophylaxie collective.

En octobre 2021, un nouvel arrêté, abrogeant celui de septembre 2003, allège de nouveau l'organisation du dépistage collectif. Le dépistage annuel s'impose alors uniquement dans les troupeaux situés en zone de prophylaxie renforcée¹ (ZPR) et dans les troupeaux dits « à risque sanitaire »² (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021a).

Pour la campagne 2019 – 2020, les rythmes de prophylaxie et les communes en ZPR suivaient la répartition présentée dans la Figure 10. Quatre départements étaient en dépistage annuel, sept en dépistage biennal, cinq en triennal et dix en quadriennal.

Figure 10 - Rythmes de prophylaxie et communes en zone à prophylaxie renforcée (ZPR) pour la campagne de dépistage d'octobre 2019 à mai 2020 en France métropolitaine (Delavenne et al., 2021).



Ces rythmes se sont allégés progressivement en s'orientant de plus en plus vers une surveillance ciblant les zones à risque. Ainsi, pour la campagne 2021 – 2022 seuls huit départements étaient encore soumis au dépistage collectif obligatoire (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021b). Pour la campagne 2022-2023, le dépistage systématique des élevages n'était maintenu que dans les zones de prophylaxies renforcées (ZPR) ainsi que dans six départements :

¹ - Les zones à prophylaxie renforcée sont des zones caractérisées par la persistance ou l'apparition inexplicée d'élevages infectés ou de cas avérés dans la faune sauvage. Dans ces zones, le risque de contamination des autres élevages bovins est élevé en raison de la circulation de la maladie (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021a).

² Les cheptels classés à risque sanitaire sont des cheptel assainis depuis moins de 5 ans, des troupeaux en lien amont ou aval, des troupeaux en lien de voisinage ou en lien avec un cas dans la faune sauvage. Enfin les élevages dans lesquels les mesures réglementaires ne sont pas respectés sont aussi classés parmi les cheptels à risque (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2023a).

- Dépistage annuel : Pyrénées-Atlantiques, Haute-Corse
- Dépistage biennal : Dordogne, Landes, Charente, Haute-Vienne, Corse-du-Sud

Les bovins dépistés sont âgés d'au moins 24 mois, à l'exception de certains départements très atteints où l'âge minimum des bovins testé a été abaissé à 18 voire 12 mois pour améliorer la sensibilité du dépistage. Pour la campagne 2024, le dépistage des animaux de plus de 18 mois concerne les départements de la Côte-d'Or, de la Dordogne et des Landes. Le dépistage des animaux de plus de 12 mois concerne certaines communes de Nouvelle Aquitaine (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2023b).

Au début de la lutte contre la tuberculose bovine, le dépistage collectif se faisait principalement à l'aide de l'IDS, puis progressivement le recours à l'IDC a été rendu obligatoire pour empêcher la lecture subjective des résultats (2.a.a).

Le recours obligatoire à l'IDC a d'abord concerné en 2017 les cheptels soumis à la prophylaxie de Nouvelle Aquitaine et d'Occitanie, ainsi que pour les cheptels classés à risque ou situés dans les zones considérées à risque (zone autour d'un cas de tuberculose dans la faune sauvage) (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt et Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, chargée des relations internationales sur le climat, 2016).

Puis en 2018, l'obligation s'est étendue à tous les cheptels de France classés « à risque » ou se situant dans une ZPR ou dans un département soumis au dépistage périodique et comprenant une ZPR (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2018).

Depuis la campagne 2020 – 2021, l'IDC est devenue obligatoire en première intention, sauf dérogation pour certaines zones géographiques avec des contextes particuliers rendant difficile la contention des bovins (Corse, Camargue). Le test à l'IFN- γ peut alors être utilisé.

□ Le contrôle des animaux lors de leurs déplacements

Lors de l'introduction d'un animal dans un élevage, une visite d'achat, effectuée par le VS est obligatoire. Au cours de cette visite, le VS vérifie l'ASDA (Attestation Sanitaire à Délivrance Anticipée, qui correspond au « carnet de santé » de l'animal et qui doit obligatoirement être joint au passeport) afin de vérifier que l'animal provient bien d'un élevage officiellement indemne de tuberculose bovine, et que les conditions de la quarantaine ont été respectées. Puis il effectue un examen clinique de l'animal. En effet, seuls les animaux issus d'élevages officiellement indemnes de tuberculose bovine peuvent être vendus.

Au cours de cette visite, la réglementation prévoit la réalisation d'un test de dépistage de la tuberculose bovine (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021a). Cependant, il existe des dérogations à ce test de dépistage. Depuis l'arrêté du 15 septembre 2003, le test de dépistage était obligatoire pour tous les mouvements de bovins (Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des affaires rurales, 2003). Puis en 2006, cette obligation a été conservée uniquement pour les mouvements avec une durée de transfert supérieure ou égale à six jours ainsi que pour les animaux provenant d'un élevage à risque ou avec un taux de rotation supérieur à 40 % (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2006). En 2017, cette obligation a été maintenue uniquement pour les animaux avec une durée de transfert supérieur

à six jours, ou provenant d'un élevage classé à risque ou provenant d'un département où la prévalence annuelle de la tuberculose bovine cumulée sur 5 ans est supérieure à la moyenne nationale et à destination d'un élevage possédant un taux de rotation supérieur à 40 % (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2017). Depuis 2021, ce dépistage aux mouvements ne concerne plus que les animaux en provenance d'élevages « à risque sanitaire » (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021a).

Ce dépistage se fait à l'aide d'une IDC associée ou non à un test IFN- γ (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2020).

□ La surveillance à l'abattoir

La recherche de lésions macroscopiques de tuberculose à l'abattoir concerne tous les bovins de plus de six semaines. Un examen systématique et des coupes de tous les NL des organes dits « portes d'entrée » sont réalisés. (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2013). Lorsque des lésions suspectes de tuberculose sont observées, la carcasse et ses abats sont soumis à une inspection renforcée. Il en est de même pour tous les animaux issus du même troupeau présents le jour de l'abattage. Les zones lésées sont prélevées et envoyées au Laboratoire Vétérinaire Départemental (LVD) pour réaliser des analyses histologiques, des cultures bactériennes et des PCR.

Pour les départements dans lesquels, il n'y a plus de prophylaxie systématique en élevage (soit 89 départements concernés sur 96 en France métropolitaine), le contrôle des carcasses à l'abattoir constitue le principal pilier de la surveillance.

□ Les enquêtes épidémiologiques

Lorsqu'un foyer de tuberculose bovine est détecté, une enquête épidémiologique est menée afin d'identifier les élevages en lien épidémiologique avec ce foyer. Quatre principaux types de liens sont distingués :

- les liens avals qui concernent les élevages dans lesquels des bovins issus du troupeau infecté ont été introduits ;
- les liens amonts qui concernent les élevages dans lesquels le bovin ou la mère du bovin reconnu infecté sont nés ou ont transités ou les élevages ayant fourni des bovins au troupeau foyer ;
- les liens de voisinage pour les élevages dont les animaux ont pu avoir des contacts directs ou indirects avec les animaux de l'élevage foyer (y compris en estive) ;
- les liens avec un cas dans la faune sauvage.

Les troupeaux en lien épidémiologique avec le foyer sont alors placés sous Arrêté Préfectoral de Mise sous Surveillance (APMS) de suivi épidémiologique avec, selon la situation, une suspension ou non de leur qualification. Cette suspension est, dans un premier temps, réservée aux élevages pour lesquels la nature du lien épidémiologique rend la

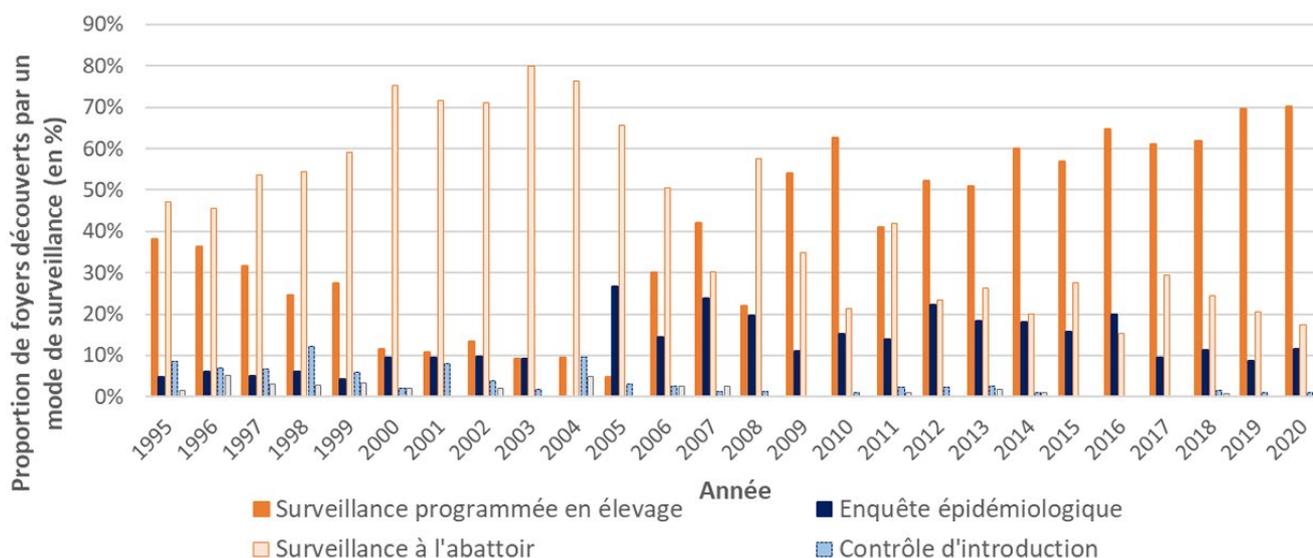
contamination très probable et aux élevages pour lesquels il existe un obstacle dans la réalisation des investigations prescrites par la DD(ETS)PP.

Des investigations sont menées dans les élevages en lien épidémiologique. Le protocole utilisé dépend de la nature du lien épidémiologique :

- dans les troupeaux en lien aval, le bovin issu du foyer fait l'objet d'une IDC et/ou d'un test à l'IFN- γ ;
- dans les troupeaux en lien épidémiologique de voisinage ou en lien amont avec le bovin infecté, un dépistage des animaux de plus de 12 mois est effectué en associant IDC et IFN- γ ;
- en cas de lien épidémiologique avec la faune sauvage infectée, une prophylaxie annuelle en IDC sur tous les bovins âgés de plus de 12 mois doit être mise en œuvre pendant trois ans. De plus, avant leur sortie de l'élevage, tous bovins âgés de plus de six semaines à destination d'un autre élevage doivent être contrôlés en IDC (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021c).

À l'échelle nationale, c'est la surveillance programmée en élevage qui permet actuellement de détecter le plus de cheptels infectés : 70 % des foyers en 2019 et 2020 ont ainsi été détectés par cette modalité de surveillance. En parallèle, l'identification de foyers via la surveillance en abattoir, continue de diminuer depuis 2017 (Figure 11), ce qui reflète une détection de plus en plus précoce des foyers.

Figure 11 -Évolution des modes de détection des foyers de tuberculose bovine de 1995 à 2020 (Delavenne, 2021).



C. Gestion de la tuberculose en France métropolitaine dans les élevages bovins

a. Définitions sanitaires selon l'arrêté du 8 octobre 2021 (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021a)

□ À l'échelle de l'individu

Un **animal indemne** de tuberculose est un animal appartenant à un troupeau officiellement indemne de tuberculose.

Un **animal suspect** de tuberculose est un animal sur lequel des lésions évocatrices de tuberculose ont été constatées à l'abattoir ou lors de son autopsie, ou lorsque des lésions histologiques évoquant la tuberculose ont été observées par un laboratoire agréé, ou après constatation d'un résultat positif à une analyse PCR contre les espèces du MTC par un laboratoire agréé, ou après observation de résultat non négatif à une IDT ou au test de dosage de l'IFN.

Un **animal infecté** de tuberculose est un animal pour lequel le LNR a isolé et identifié ou a détecté l'ADN de *M. bovis*, *M. tuberculosis* ou *M. caprae*.

□ À l'échelle du troupeau

Le statut sanitaire du troupeau se déduit par rapport à celui des animaux :

Un **troupeau est indemne** s'il a obtenu la qualification **indemne** (tous les animaux de plus de six semaines ont obtenu un résultat négatif à un des tests immunologiques (IDT ou IFN- γ) et aucun signe clinique de tuberculose n'est présent dans l'élevage). Sa qualification doit ensuite être maintenue. Pour cela, l'éleveur doit respecter les mesures de dépistages périodiques, les mesures sanitaires à l'introduction d'animaux et détenir les animaux d'espèces sensibles et de statut sanitaire inconnu à part du troupeau.

Un **troupeau est suspect** d'être infecté lorsqu'un bovin suspect de tuberculose y est détenu ou en provient depuis moins de 30 jours.

Un **troupeau est infecté** si un bovin infecté y est détenu ou en provient depuis moins de 30 jours.

Un **troupeau est susceptible** d'être infecté lorsqu'un lien épidémiologique à risque a été établi avec un élevage infecté de tuberculose.

b. Gestion des suspicions

Lorsqu'un élevage est **suspect d'être infecté**, une déclaration doit systématiquement et immédiatement être faite à la DD(ETS)PP. Celle-ci place alors l'élevage sous APMS durant toute la durée des investigations. Pendant cette période, l'élevage est bloqué (les animaux sensibles à la tuberculose bovine n'ont pas le droit de rentrer ni de sortir de l'élevage), l'ensemble des animaux sensibles sont recensés et identifiés s'ils ne l'étaient pas. De plus, la vente de lait cru ou de produit à base de lait cru est interdite.

Lors de suspicion d'infection dans un élevage deux cas sont distingués : les suspicions faibles et les suspicions fortes (Annexe 3). La suspicion est considérée comme forte si :

- au moins une IDC (ou IFN- γ) est positive ;
- au moins une IDC « douteuse » ou une IDS non négative est observée lors d'un contrôle dans un élevage dont le contexte épidémiologique est défavorable, c'est-à-dire : lors d'une investigation d'un lien épidémiologique, ou dans un ancien foyer assaini depuis moins de cinq ans.

Dans tous les autres cas, la suspicion est considérée comme faible (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021b).

En cas de **suspicion faible**, la DD(ETS)PP décide, en concertation avec l'éleveur et le VS de l'élevage des investigations complémentaires à mettre en place. Deux conduites sont possibles :

- La **voie dite « express »**, elle consiste en l'abattage diagnostique de tous les animaux réagissant. C'est la procédure la plus fiable pour confirmer ou infirmer une suspicion et celle que la DGAI souhaite voir privilégiée.

L'abattage diagnostique a pour objectifs de réaliser une inspection renforcée de la carcasse pour rechercher des lésions évocatrices de tuberculose bovine afin de prélever les zones concernées si elles sont présentes. De plus, les NL au niveau des portes d'entrées principales des mycobactéries sont systématiquement prélevés afin de confirmer ou infirmer la suspicion grâce à des analyses de laboratoire (PCR ou culture bactérienne) (Guétin-Poirier *et al.*, 2023).

- La **voie dite « conservatoire »** pour laquelle les animaux ayant réagi sont recontrôlés par dosage de l'INF- γ , le plus rapidement possible et au maximum, dix jours après la lecture de l'IDT initiale. Avant 2021, ce recontrôle se faisait à l'aide de l'IDC.

Si le résultat de l'INF- γ est positif, l'animal doit faire l'objet d'un abattage diagnostique.

Si le résultat est négatif, la suspicion sur l'animal est levée.

Pour que l'APMS soit levé, il faut que le statut de chaque animal ayant réagi revienne favorable soit après l'abattage diagnostique soit après un rétrocontrôle à l'INF- γ .

En cas de **suspicion forte**, seul l'**abattage diagnostique** de tous les bovins réagissant peut permettre la levée de la suspicion. Une dérogation à l'abattage diagnostique des animaux dont le résultat au test de dépistage est douteux est possible lorsqu'au moins quatre bovins réagissent au test d'IDC mais qu'un seul est positif (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2021a).

c. Assainissement des élevages infectés

Si un élevage est déclaré **infecté** (I.4.c.a) la DD(ETS)PP place l'élevage sous Arrêté Préfectoral de Déclaration d'Infection (APDI) et ce dernier doit être assaini par un abattage total ou partiel.

L'abattage total est obligatoire depuis 1999, c'est la méthode la plus efficace mais aussi la plus discutée, car elle est coûteuse et parce que le nombre d'animaux confirmés infectés dans les foyers est généralement faible. En effet, dans 75 % [60 % – 85 %]_{IC95%} des foyers, seuls trois bovins ou moins sont reconnus infectés selon l'enquête nationale 2005 – 2007 de la DGAI (Guétin-Poirier *et al.*, 2023)

À partir de 2014, une dérogation à l'abattage total devient possible, à la demande de l'éleveur et sur autorisation de la DD(ETS)PP (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2014). Cependant depuis la campagne 2021-2022, une nouvelle note de service modifie les critères d'éligibilités à cet abattage sélectif (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021d). Seuls les foyers pour lesquels le niveau de contamination initiale et la circulation de l'infection sont faibles, peuvent faire la demande. C'est ensuite le préfet qui prend la décision d'accepter ou non la dérogation (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2023a).

Le programme d'abattage sélectif comprend deux phases :

- Une phase d'élimination des animaux considérés à risque par la DD(ETS)PP.
- Une phase d'assainissement / requalification : elle est constituée d'au minimum trois contrôles dits C1, C2 et C3. Elle consiste en l'élimination systématique des animaux réagissant à l'IDS et à l'IFN- γ (pour les contrôles C1 et C2). Tant que ces deux contrôles (C1 et C2) ne reviennent pas négatifs pour l'ensemble des animaux du cheptel, un nouveau contrôle IDS associé à un IFN- γ est effectué. Le contrôle C3 se fait ensuite par une IDC et sert de contrôle de requalification. Il faut donc trois contrôles successifs avec uniquement des résultats négatifs pour obtenir la requalification.

À la suite de chaque assainissement (total ou partiel), un nettoyage, une désinfection et un vide sanitaire doivent être réalisés pour limiter le risque de résurgence. Puis, une phase de surveillance après requalification est mise en place pendant cinq ans. Pendant celle-ci, l'élevage est considéré comme « cheptel à risque sanitaire » et est soumis à une prophylaxie annuelle par IDC sur tous les bovins de plus de 12 mois et à des dépistages par IDC de tous bovins de plus de six semaines mis en mouvement vers un autre élevage (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2023a).

En parallèle de cette police sanitaire, des enquêtes épidémiologiques en amont et en aval sont réalisées par la DD(ETS)PP pour rechercher tous les élevages en lien épidémiologique et y appliquer les dépistages nécessaires (I.4.b).

Bilan

Cette organisation réglementaire de la gestion de la tuberculose bovine s'applique à toute la France. Elle permet d'homogénéiser les pratiques pour gagner en efficacité dans la détection et la lutte contre cette affection.

Cependant, du fait de ses spécificités en termes de contexte épidémiologique et de modalités d'élevage, la Haute-Corse bénéficie d'un certain nombre de dérogations / d'adaptations de cette réglementation.

Ces ajustements qui sont présentés dans la partie suivante sont permis notamment par le caractère insulaire de la Corse.

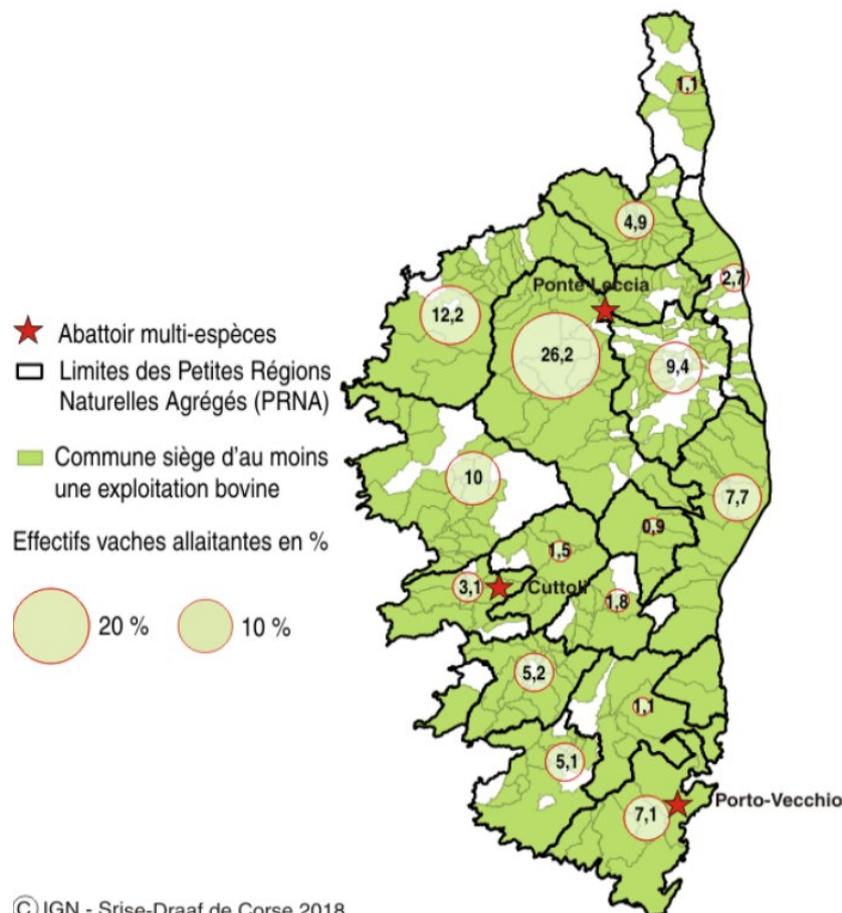
Chapitre II : Particularités de Haute-Corse en lien avec la tuberculose bovine

1. L'élevage en Haute-Corse

La Haute-Corse est un département principalement rural dans lequel la filière de l'élevage est particulièrement présente. En effet, l'élevage occupe 59 % de la Surface Agricole Utile (SAU) totale des exploitations et 74 % des Surfaces toujours en Herbe (STH) (Insee, 2018).

Les exploitations bovines sont présentes dans 70 % des communes de Corse et le cheptel bovin est particulièrement présent en Haute-Corse intérieure avec 26 % des vaches allaitantes de l'île (Figure 12). En 2022, l'Insee recensait 31,8 milliers de bovin en Haute-Corse (Insee, 2024).

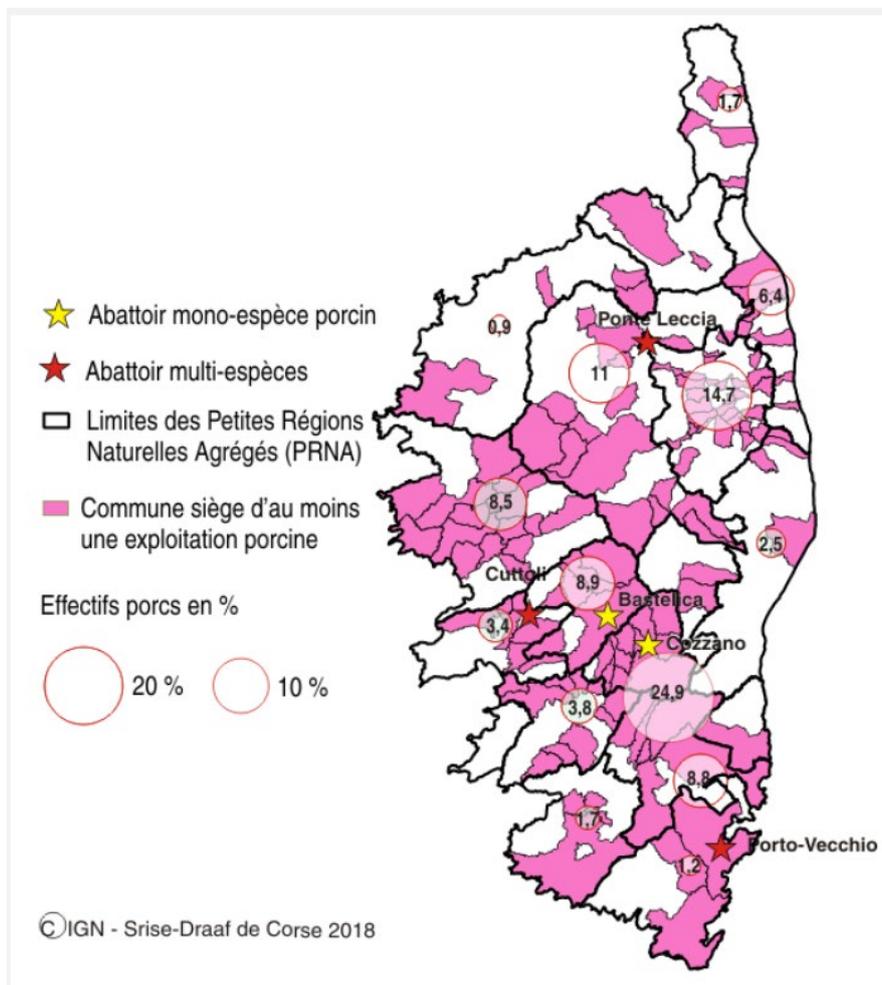
Figure 12 - Présence d'élevages bovin par commune et cheptel de vaches allaitantes en Corse en 2010 (Insee, 2018)



La filière porcine de Haute-Corse représente 40 % de l'élevage porcin sur l'île (Figure 13). En 2022, la Haute-Corse, comptait, 26,4 milliers de porcs (Insee, 2024).

Enfin, les élevages ovins et caprins, sont également très présents en Haute-Corse. Ils comptaient en 2022, 77,1 milliers d'ovins, et 31,5 milliers de caprins (Insee, 2024).

Figure 13 - Présence d'élevages porcin par commune et cheptel en Corse en 2010 (Insee, 2018)



Le système d'exploitation en Haute-Corse, est un système extensif. Au regard de leur production brute standard (PBS), seuls 2 % des élevages bovins et 3 % des élevages porcins sont de grandes exploitations, contre respectivement 10 % et 86 % au niveau national.

Cette culture de l'élevage extensif, se manifeste notamment par la libre circulation de nombreux animaux d'élevage toutes espèces confondues. En effet, d'après l'étude de Relun et ses collaborateurs, menée en 2015, 83 % des éleveurs de porcs interrogés rapportaient ne pas avoir de clôtures ou bien n'avoir que des clôtures incomplètement fermées. De plus, 53 % d'entre eux déclaraient partager les pâtures avec d'autres éleveurs (Relun *et al.*, 2015).

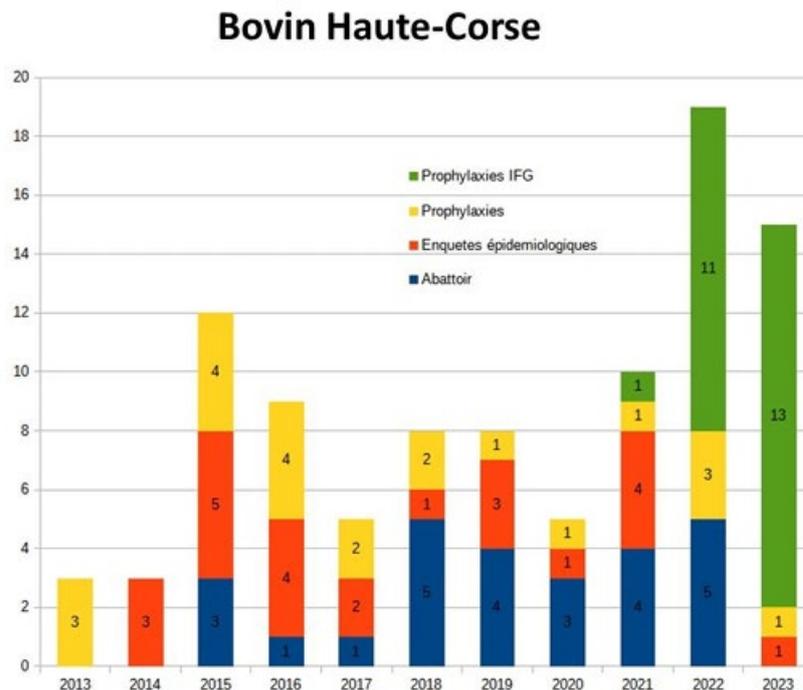
Cette organisation des élevages en Corse rend facile le contact entre animaux de production et animaux de la faune sauvage ce qui peut favoriser la diffusion de la tuberculose bovine (I.3.b).

2. Situation épidémiologique en Haute-Corse

En Corse, animaux sauvages et espèces domestiques entrent beaucoup plus facilement en contact entre elles qu'en France continentale, notamment à cause de l'absence de clôture autour des élevages. Des cas de tuberculose bovine ont été déclarés chez des bovins, des sangliers mais également dans des élevages porcins et, en 2023, dans un élevage caprin (Richomme *et al.*, 2010 ; Vallet, 2023). Il s'agit de la seule région de France dans laquelle la maladie atteint également les porcs et les caprins.

Le nombre de foyers de tuberculose bovine détectés en Haute-Corse est depuis plusieurs années en nette augmentation (Figure 14). Cela s'explique notamment par le renforcement de la surveillance par dépistage périodique en élevage (I.4.b). Ce renforcement a permis de détecter les foyers plus précocement alors qu'entre 2018 et 2021, le dépistage tardif à l'abattoir était majoritaire (Vallet, 2023).

Figure 14 - Évolution et modalités de découverte des foyers de tuberculose bovine en Haute-Corse entre 2013 et 2023 (Vallet, 2023)



Parmi les élevages porcins, le nombre de foyers détectés a également augmenté notamment grâce au renforcement de la surveillance à l'abattoir (Vallet, 2023).

3. Organisation de la surveillance : spécificités de la Haute-Corse

Compte tenu de ses modalités d'élevages très particulières et du contexte épidémiologique de la tuberculose spécifique de la Haute-Corse notamment en termes d'espèces domestiques touchées, les mesures de surveillance et de gestion de la tuberculose présentent également quelques particularités par rapport à la France continentale.

A. Surveillance chez les bovins

Un prérequis nécessaire à la mise en place efficace de la surveillance et de la gestion de la tuberculose bovine, est l'identification fiable des animaux.

a. Identification des bovins

La DDETSPP de Haute-Corse a pu constater des problèmes au niveau de l'identification des bovins, avec notamment des bovins qui apparaissaient « abattus » plusieurs fois (Havet et Havet, 2024). Le système d'identification par boucles a donc été considéré comme manquant de fiabilité dans le contexte de la Haute-Corse. Cela a motivé la mise en place d'une identification particulière : l'identification à l'aide de bolus électroniques. Ce type d'identification a été mis en place dès 2019 d'abord dans les foyers de tuberculose pour assurer une bonne traçabilité de ces animaux.

Puis, le 3 avril 2023 la publication d'un arrêté ministériel a rendu l'identification par bolus obligatoire pour tous les bovins en Corse (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2023c). Cette identification est effectuée en plus de l'identification par boucles. Elle doit être mise en place au plus tard dans un délai de 12 mois après la naissance de l'animal, par un agent mandaté. Ce dernier reporte, sur le passeport de l'animal, la présence d'un bolus.

b. Modalités de surveillance

L'ensemble du département de Haute-Corse est une ZPR depuis 2017. La prophylaxie y est donc annuelle depuis la campagne de 2017 (GTV Corse, 2023). Entre 2014 et 2017, le rythme de dépistage était biennal.

Cette surveillance programmée, est particulièrement compliquée à mettre en place. En effet, les moyens de contention dans les élevages sont rarement adéquats et, les animaux divaguant le plus souvent dans la nature, l'éleveur ne peut pas toujours les avoir tous présents le jour de la prophylaxie (DRAAF Corse, 2016). L'IDC était donc compliquée à réaliser et les données en résultant n'étaient pas toujours fiables, l'IDS était donc souvent privilégiée.

Suite à l'arrêté du 8 octobre 2021, le test à l'IFN- γ a été autorisé en première intention chez les bovins âgés de plus de 12 mois dans les deux départements de Corse (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2022). Depuis 2021, en Haute-Corse, les cheptels bovins font ainsi l'objet d'un dépistage par le test de dosage de l'IFN- γ selon un rythme triennal, les cheptels non programmés en interféron l'année n conservent une

surveillance en IDS sur les bovins âgés de plus de 12 mois (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2023b). La prophylaxie à l'aide de l'IDC n'est plus du tout réalisée en Haute-Corse (Havet et Havet, 2024).

Le choix des élevages à dépister par le test IFN- γ a été laissé aux VS. Pour la campagne 2021-2022, le premier tiers des élevages a été testé. Il s'agissait le plus souvent des élevages les plus faciles avec peu d'animaux et de bons moyens contentions. En 2022-2023, le deuxième tiers était constitué d'élevages un peu plus gros et ceux disposant de moins de moyens de contentions. Enfin, la campagne 2023-2024, a permis de tester avec le test IFN- γ le dernier tiers des élevages bovins. (Havet et Havet, 2024).

Pour les élevages classés « à risque sanitaire », la prophylaxie est effectuée pendant cinq ans à l'aide du test IFN- γ .

B. Surveillance chez les porcins

La surveillance des porcins repose principalement sur de la surveillance systématique à l'abattoir. Des enquêtes épidémiologiques dans les élevages de porcs détectés comme infectés s'ajoutent à cette modalité surveillance et peuvent permettre de mettre en évidence des élevages en lien épidémiologique avec le foyer détecté. Dans certains de ces élevages en lien, des investigations complémentaires sont réalisées à l'aide de tests sérologiques à partir de prélèvements sur buvard. Ces investigations ne sont pas systématiques.

C. Surveillance chez les caprins

Actuellement, la surveillance de la tuberculose dans les élevages de caprins en France s'appuie sur la recherche systématique de lésions suspectes à l'abattoir ou lors d'autopsie puis en leur analyse si des lésions sont trouvées.

Cependant, en Haute-Corse, suite à la découverte en 2023 d'un foyer dans un élevage de caprins, la mise en place d'une prophylaxie caprine est en cours de discussion pour 2024. Les caprins seraient alors soumis au test de l'interféron gamma (GDS Corse, 2023 ; Havet et Havet, 2024).

4. Gestion de la tuberculose bovine en Haute-Corse

A. Gestion des suspicions

a. En élevage bovin

La gestion des suspicions en élevage bovin, en Haute-Corse est similaire à celle effectuée en France continentale. Le préfet décide de la gestion des suspicions en choisissant entre la voie express et la voie conservatoire (I.4.c.b).

b. En élevage porcin

Dans les élevages porcins, il n'y a pas de prophylaxie programmée. Il y a donc finalement principalement des suspicions à l'abattoir. Pour ces animaux suspects, des prélèvements sont envoyés au laboratoire agréé qui permet de confirmer ou d'infirmer la suspicion (GDS Corse, 2023 ; Havet et Havet, 2024). Dans les élevages porcins, en lien épidémiologique, des tests sérologiques à l'aide de buvards sont effectués sur tous les reproducteurs de plus de huit mois dans les élevages concernés (GDS Corse, 2023 ; Havet et Havet, 2024). Les animaux séropositifs font l'objet d'un abattage diagnostic.

c. En élevage caprin

Tout comme pour les élevages porcins, il n'y a pas en élevage caprins de prophylaxie programmée. Les suspicions sont donc des suspicions d'abattoir ou des liens épidémiologiques. Lors des suspicions d'abattoir, les prélèvements sont analysés par un laboratoire agréé tandis que pour les élevages caprins en lien épidémiologique avec un foyer de tuberculose bovine, l'ensemble des caprins sont dépistés à l'aide du test IFN- γ (GDS Corse, 2023 ; Havet et Havet, 2024).

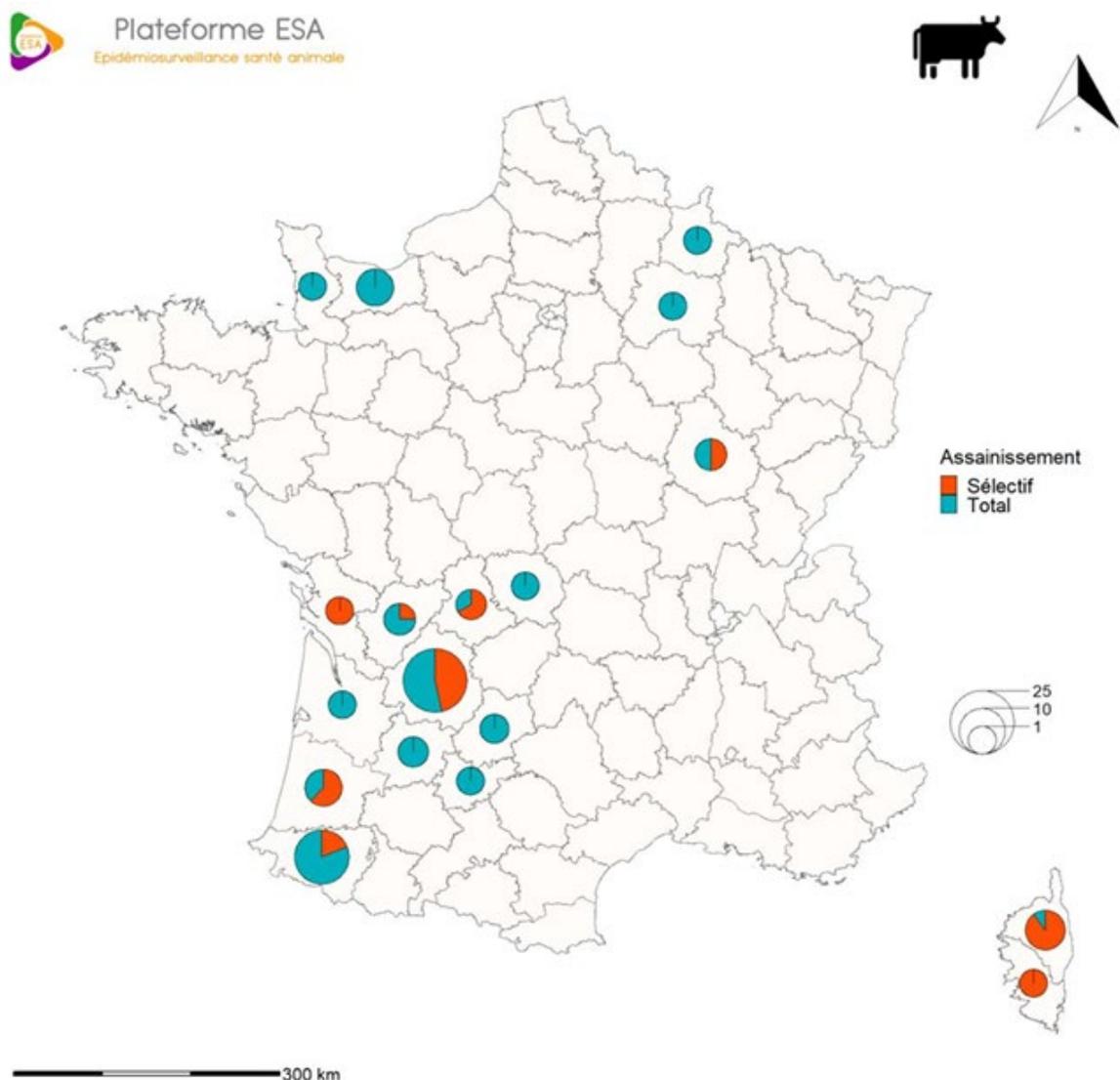
B. Assainissement des foyers

a. En élevage bovin

Il n'y a pas de différence réglementaire entre la gestion des cas de tuberculose bovine en France continentale et en Haute-Corse. En cas de confirmation, les élevages sont placés sous APDI et les cheptels infectés doivent être entièrement abattus (GDS Corse, 2023).

Cependant la Figure 15 montre qu'en 2021, plus de 75 % des foyers bovins de tuberculose ont bénéficié en première intention d'un assainissement par abattage sélectif. (Forfait *et al.*, 2023).

Figure 15 - Distribution des foyers incidents par mode d'assainissement et par département en 2021 en France métropolitaine (Forfait et al., 2023).



Pour la gestion des foyers, la DDETSPP respecte les prescriptions de la note de service dédiée (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2023a). Cependant, certaines adaptations et une gestion au cas par cas est parfois nécessaire dans ce contexte d'élevage très particulier.

Par exemple, un même élevage comprend parfois un lot d'animaux en plaine et un second en montagne sans lien entre les lots. Dans ce cas, ils sont gérés comme deux élevages différents. Les différents lots seront de toute façon régulièrement surveillés du fait du rythme annuel de la prophylaxie en Haute-Corse (Havet et Havet, 2024).

De plus, seul le test de dosage de l'interféron gamma est utilisé actuellement pour la requalification des élevages (Havet et Havet, 2024).

b. En élevage porcin

Dans les élevages porcins, lorsqu'un animal est déclaré positif, tous les reproducteurs de plus de huit mois de l'élevage subissent un test de dépistage sérologique à l'aide de buvard. Un abattage diagnostic est mis en place pour tous les animaux réagissant. Ensuite, il faut que l'ensemble des reproducteurs de plus de huit mois présentent deux résultats de sérologie négatifs à trois mois d'intervalle pour que l'élevage soit considéré comme assaini (GTV Corse, 2023 ; Havet et Havet, 2024).

En Haute-Corse, tous les élevages déclarés infectés ne sont pas forcément placés officiellement sous APDI (même si les mesures de l'APDI sont mises en place). En effet, l'ensemble des conditions permettant règlementairement la levée d'un APDI peuvent être très difficiles à réunir dans le contexte des élevages porcins du département (en particulier les opérations de désinfection et la mise en place de la biosécurité). Ainsi pour éviter de se retrouver dans l'impossibilité de les lever, les APDI ne sont pas toujours posés mais les mesures d'assainissement du foyer sont systématiquement appliquées (Havet et Havet, 2024).

c. En élevage caprin

De même que pour les bovins, la DDETSPP respecte l'arrêté du 8 octobre 2021, obligeant l'abattage total du troupeau en cas de confirmation d'infection. Cependant, une gestion par lot peut être mise en place au cas par cas comme évoqué dans la partie I.4.b.a.

En cas d'assainissement par abattage sélectif, seul le dosage de IFN- γ est utilisé et permet la requalification des élevages. Pour tous les animaux réagissant au dosage un abattage diagnostic est réalisé.

Bilan

L'ensemble des éléments présentés dans ce deuxième chapitre font la singularité de la Haute-Corse vis-à-vis de la tuberculose bovine, rendant ce département difficilement comparable aux autres départements français touchés par cette maladie.

Deuxième partie : travail personnel

Étude descriptive de la tuberculose bovine en Haute-Corse entre 2014 et 2022

1. Contexte, problématique et objectifs

La tuberculose bovine est une zoonose dont l'impact, notamment économique, est toujours préoccupant à l'échelle de la France. Bien qu'absente dans la majorité des départements français, elle reste présente dans certaines zones, dont la Haute-Corse.

Le système d'élevage en Corse est bien différent des systèmes d'élevages en France continentale. Les animaux, circulants librement, vivent au contact des animaux sauvages et en particulier des sangliers. Ce mode d'élevage rend difficile la mise en place de mesures de biosécurité visant à limiter l'entrée d'agent pathogène dans le troupeau (Relun *et al.*, 2015). De plus, les moyens de contention des animaux ne sont pas toujours adaptés à la réalisation des campagnes de prophylaxies. Ces conditions d'élevages sont très singulières et ne ressemblent pas aux conditions d'élevages de France continentale. Cela a entraîné des adaptations des protocoles de surveillance et de lutte prévues dans la réglementation. Or, les études descriptives de la situation épidémiologique sur la tuberculose bovine sont effectuées à l'échelle de la France sans regarder dans le détail ce qu'il se passe en Corse. De nombreuses données sont pourtant disponibles pour permettre ces analyses, notamment en Haute-Corse. De plus, sur le terrain, la DDETSP de Haute-Corse a besoin données chiffrées pour convaincre certains acteurs de la nécessité de ces mesures de gestion pour améliorer la situation sur l'île (Havet et Havet, 2024).

L'objectif de cette thèse est donc de réaliser une étude descriptive de la situation épidémiologique des élevages de Haute-Corse vis-à-vis de la tuberculose bovine entre 2014 et 2022.

2. Matériel et méthode

A. Présentation des données disponibles

Trois bases de données ont été fournies par la DDETSPP de Haute-Corse au début de l'année 2023 :

- Une base de données qui sera appelé dans ce document **base « foyers »** et qui liste toutes les suspicions et confirmations de foyers (élevage) ou cas (faune sauvage) de tuberculose bovine en Haute-Corse entre 2006 et 2023 ;
- Une seconde base qui sera appelé dans ce document **base « animaux »** et qui liste tous les animaux suspects entre 2006 et 2023 et détaille les résultats des tests de dépistage et de diagnostic pratiqués sur chaque animal ;
- Enfin, la troisième base, qui sera appelé **base « bolus »**, fournit la liste de tous les bovins identifiés à l'aide de bolus électroniques, par élevages, entre 2019 et 2023. Elle a été considérée dans son intégralité pour permettre d'avoir un nombre de bovins par élevage dans le plus d'élevages possible en Haute-Corse. Elle est considérée comme exhaustive (Havet et Havet, 2024).

Les bases de données « foyers » et « animaux », n'ont été complétées exhaustivement qu'à partir de 2014 (Havet et Havet, 2024). Ainsi ces bases ne pouvaient être considérées comme exhaustives qu'entre les années 2014 et 2022 (incluses).

Pour ce travail, la période d'étude a donc été définie entre 2014 et 2022.
--

B. Nettoyage des bases de données

La base de données « **foyers** » était constituée de 55 variables avec 556 entrées. La base de données initiale présentait donc de nombreuses variables, seules celles nécessaires aux calculs des paramètres d'intérêts et étant renseignées de façon jugée fiable par la DDETSPP de Haute-Corse ont été conservées (Havet et Havet, 2024). Onze variables ont finalement été retenues. Ces variables sont présentées dans le Tableau 3, avec les différentes valeurs qu'elles pouvaient prendre. Enfin, certaines variables ont été retravaillées afin d'être plus facilement analysables.

D'abord, la variable « mode de détection du foyer » a été recodée pour synthétiser les informations saisies en quatre valeurs possibles correspondants aux modalités de détection possible en Haute-Corse :

- « **abattoir** » lorsqu'il était renseigné : abattoir ; abattoir continent ; abattoir Corse ; abattoir continent et voisinage ; découverte d'abattoir ; ainsi que suspect (pour les élevage porcins) ;
- « **enquête épidémiologique** » lorsqu'il était renseigné : amont ; aval ; amont et aval ; amont et voisinage ; amont aval et voisinage ; aval et voisinage ; matériel ; prêt de taureau ; voisinage ;

- « **chasse** » lorsqu'il était renseigné : chasse ; chasseur et maquis ; ainsi que Parc Naturel Régional de Corse ((PNRC), ce qui correspondait à des animaux sauvages abattus par les chasseurs) ;
- « **prophylaxie** » lorsqu'il était renseigné : prophylaxie.

Les dates de pose et de levée d'APDI n'étaient pas systématiquement renseignées. La date de pose de l'APDI quand elle était inscrite n'a été conservée qu'à titre indicatif pour vérifier la concordance entre les différentes informations disponibles pour le foyer.

La variable « date de détection du foyer » a été utilisée pour vérifier la concordance avec la variable « année », qui a ensuite été utilisée comme année de début de foyer. Aucune incohérence n'a été observée entre les dates renseignées dans les colonnes « année » et « date de détection ».

Après suppression des doublons et des entrées antérieures à 2014 et postérieures à 2022, il ne restait plus que 461 entrées dans la base « foyers ».

Tableau 3 - Variables conservées dans la base de données « foyers »

Variables	Description	Valeurs	Qualité des données
Année	Année de détection du foyer ou de la suspicion	2014 à 2022.	Exhaustif
Nom de la commune	Commune sur laquelle le foyer a été découvert	Nom en toutes lettres.	Exhaustif
Propriétaires	Permet l'identification individuelle de certains foyers porcins sans numéro EDE renseigné et des cas de faune sauvage	Nom du propriétaire ou de l'entreprise. Pour la faune sauvage, « Chasseurs » pour les prises de chasse ; « SAGIR » pour les animaux récupérés par le réseau SAGIR.	Exhaustif
Numéro EDE	Numéro d'identification de l'exploitation ou du cheptel	Numéro composé de dix chiffres	1 donnée manquante
Élevage mixte	Type d'élevage : élevage mono-espèce ou multi-espèces	« 0 » : élevage mono-espèce « 1 » : élevage mixte.	Exhaustif
Mode de détection	Mode de surveillance aillant permis la découverte du foyer	Abattoir, prophylaxie, enquêtes épidémiologiques, chasse.	Exhaustif
Espèces de détection	Espèces concernées	Bovins, porcins, caprins, ovins, sangliers, cerfs.	Exhaustif
Date de détection	Date de découverte du foyer	2014 à 2022.	181 données manquantes
Date de pose de l'APDI	Date à laquelle l'APDI a été renseigné dans la base de données.	2014 à 2022	23 données manquantes.
Date de levée	Date de levée de l'APMS (suspensions) ou de l'ADPI (foyers confirmés)	2014 à 2022	137 données manquantes
Historique	Supplément d'information sur les foyers. Permet d'obtenir parfois une date de fin de foyer quand il n'y avait pas d'APDI de posé et/ou levé.	Texte libre	Non renseigné pour 82 lignes

La base « animaux » était composée de 42 variables et de 2 351 entrées entre 2014 et 2022. Seules celles nécessaires aux calculs des paramètres d'intérêts ont été conservées, soit 9 variables présentées dans le Tableau 4.

Tableau 4 - Variables conservées dans la base de données « animaux »

Variables	Description	Valeurs	Qualité des données
Année	Année d'abattage de l'animal	2014 à 2022	Exhaustif
Nom de commune	Commune sur laquelle l'animal a été découvert	Nom de la commune en toutes lettres	Exhaustif
Propriétaires	Permettait l'identification individuelle de certains foyers porcins sans numéro EDE renseigné dans la base et des foyers de faune sauvage	Nom et prénom en minuscule du propriétaire ou de l'entreprise. Pour la faune sauvage, « Chasseurs » pour les prises de chasse ; « SAGIR » pour les animaux récupérés par le réseau SAGIR	Exhaustif
Numéro EDE	Numéro d'identification de l'exploitation ou du cheptel	Numéro composé de dix chiffres	Numéro EDE manquant pour un élevage porcin
Espèce	Espèce concernée	Bovins, porcins, caprins, sangliers, ainsi qu'un chat.	Exhaustif
Mode de gestion du foyer	Indication sur le type d'abattage choisit	Abattage sélectif, abattage total	Exhaustif
LNR	Résultat donnée par le LNR	Positif, négatif	Exhaustif
Souche	Souche de bacille identifiée	Négatif, M. bovis F1, M. bovis BCG, M. bovis profil partiel.	Trois données manquantes sur les 545 animaux déclarés positif par le LNR.
Spoligotype	Spoligotype identifié	SB0840, SB0120, SB02425, SB02426, profil partiel, en attente de typage et négatif.	Trente-sept données incomplètes, manquantes et en attentes sur les 545 animaux déclarés positif par le LNR.

La cohérence entre l'année indiquée dans la base « foyers » et celle de la base « animaux » était vérifiée. Il pouvait y avoir un décalage entre l'année de suspicion du foyer et la date d'abattage des animaux qui était tolérée. En effet, notamment lors d'abattage sélectif, pour un foyer, tous les animaux ne sont pas abattus en même temps et l'assainissement peut nécessiter plusieurs mois. Pour chaque suspicion de foyers, lorsqu'aucune date d'APDI n'était renseignée mais que dans la base « animaux » au moins un animal abattu suite à la suspicion était déclaré positif par le LNR alors le foyer était considéré comme un foyer positif à la

tuberculose bovine. Enfin, les animaux pris en compte dans le calcul du nombre d'animaux infectés étaient tous les animaux abattus et déclarés positifs par le LNR entre la date de détection du foyer et la date de levée de l'APDI (Tableau 3).

Le mode de gestion des foyers de tuberculose a été déterminé à l'aide de la colonne « type d'abattage ». Dans cette colonne, trois entrées étaient possibles : « abattage diagnostic », « abattage sélectif » et « abattage total ». Pour une déclaration de foyer, il suffisait qu'au moins un animal soit enregistré en « abattage total » pour considérer que le mode de gestion du foyer avait été l'abattage total du troupeau. Si aucun animal était enregistré en « abattage total » alors il était considéré que le foyer avait été géré à l'aide d'un abattage sélectif. Enfin, les foyers pour lesquels tous les animaux abattus étaient enregistrés en « abattage diagnostic », ont été considéré comme ayant été géré par un abattage sélectif.

De plus, la variable « LNR », correspondant au résultat des tests diagnostic effectués par le LNR, a été recodé pour synthétiser les résultats saisis en deux valeurs possibles :

- « **positif** » lorsqu'il était renseigné : positif ; détecté de façon douteuse avec un spoligotype identifié, positif douteux avec une souche identifiée ;
- « **négatif** » lorsqu'il était renseigné : négatif ; douteux ; non réalisé ; N/A ; case vide ; examen en cours.

En effet pour la variable « LNR » de la base « animaux », de nombreuses données étaient manquantes. L'hypothèse a été faite que lorsqu'aucune information n'était disponible pour cette variable pour un animal c'était parce que aucune infection n'avait pu être mise en évidence chez cet animal.

Concernant la variable « souche », elle a également été recodée pour synthétiser les résultats en quatre valeurs possibles :

- « **négatif** » lorsqu'il était renseigné : N/A ; mycobactérie non tuberculeuse ; inconnue ; *M. avium*, culture contaminée ;
- « **M. bovis F1** » quand seule cette valeur était renseignée ;
- « **M. bovis BCG** » quand seule cette valeur était renseignée ;
- « **M. bovis profil partiel** » quand seule cette valeur était renseignée.

Pour la variable « spoligotype », une donnée incohérente a dû être supprimée. Il s'agissait d'un animal pour lequel la souche renseignée était SB4246. Cependant d'après Mbovis.org cette souche n'existe pas. Il s'agissait donc sans doute d'une erreur de saisie.

Après suppression des doublons et des lignes n'entrant pas dans la période d'étude, 2 139 entrées ont été conservées.

Enfin, la **base « bolus »** contenait 13 variables et 15 936 entrées. Toutes les entrées ont été conservées. À l'aide du logiciel R, le nombre de lignes pour un même numéro EDE et pour une même date d'identification ont été comptées afin d'estimer la taille du troupeau. Cela a permis de créer une base dérivée contenant le numéro EDE des élevages, la date d'identification par bolus de ses animaux et le nombre d'animaux identifiés par bolus dans cet élevage à cette date.

C. Analyses des données

a. Création de la base « étude »

Pour permettre l'analyse des données, les bases « foyers » et « animaux » ont été combinées grâce aux logiciels R et Excel. Pour ce faire, l'année inscrite dans la colonne « année » de la base « foyers » a été considérée comme la date de déclaration du foyer. En effet, la date précise de l'APDI n'était pas systématiquement disponible, en particulier pour les foyers porcins, pour lesquels la DDETSPP ne posait pas systématiquement un APDI (Chapitre II. I.4.b.b). De plus, lorsqu'elle était présente, la date de l'APDI correspondait à la date à laquelle celui-ci avait été enregistré officiellement dans la base de données ce qui, à cause des limites en moyens humains de la DDETSPP, pouvait avoir lieu longtemps après la découverte du foyer (Havet et Havet, 2024).

Ensuite, pour dater la fin du foyer, si une date de levée de l'APDI était renseignée, c'était cette date qui était utilisée. Cependant, cette information était parfois manquante en particulier pour les élevages porcins. Dans ce cas, l'information était parfois disponible dans la colonne « historique ». Si aucune information n'était présente, l'année de fin du foyer était fixée à l'année précédant l'année de découverte d'une réinfection de l'élevage considéré. Cette information était nécessaire uniquement pour l'analyse des recontaminations en élevage donc si aucune information concernant la levée de l'APDI n'était disponible et qu'aucun autre foyer n'était déclaré dans ce même élevage, la donnée manquante n'était pas problématique pour les analyses.

Enfin, pour chaque foyer, le nombre d'animaux positifs a été dénombré en considérant qu'un animal était positif si, dans la base « animaux », la variable « LNR » prenait la valeur « positif » (Tableau 4).

La nouvelle base obtenue grâce à cette combinaison appelée dans ce document **base « étude »** comprenait 14 variables et 173 entrées. Les 14 variables qui ont été utilisées sont listées dans le Tableau 5.

Tableau 5 – Variables obtenues dans la base « étude » nouvellement créée

Variables	Description	Valeurs	Qualité des données
Année de détection du foyer	Année lors de laquelle le foyer a été détecté	2014 à 2022	Exhaustif
Propriétaires	Identification individuelle d'un foyer porcin sans numéro EDE et des foyers de faune sauvage	Nom du propriétaire ou de l'entreprise. Pour la faune sauvage : « Chasseurs » ou « SAGIR »	Exhaustif
Numéro EDE	Numéro d'identification de l'exploitation ou du cheptel	Numéro composé de dix chiffres	Numéro EDE manquant pour un élevage porcin
Nom de commune	Commune sur laquelle le foyer a été découvert	Nom de la commune en toutes lettres	Exhaustif
Mixité de l'élevage	Indication sur le type d'élevage	« 0 » : élevage mono-espèce « 1 » : élevage mixte.	Exhaustif
Espèce	Espèce concernée	Bovins, porcins, sangliers	Exhaustif
Année de pose de l'APDI	Date à laquelle l'APDI a été renseigné dans la base « foyers ».	Codé en « Année » uniquement pour les foyers bovins et porcins	27 données manquantes sur les 162 foyers porcins et bovins
Nombre d'animaux positifs	Pour un foyer nombre d'animaux déclaré positif par le LNR.	S'étend de 1 à 42	Exhaustif
Souche 1	1 ^{re} souche de bacille identifiée dans le foyer	<i>M. bovis</i> , <i>M. bovis</i> F1, <i>M. bovis</i> BCG, NA.	Trois données manquantes sur les 173 foyers déclarés.
Spoligotype 1	Spoligotype identifié correspondant à la souche 1	SB0840, SB0120, SB2425, SB2426, profil partiel, NA.	Dix données manquantes, et deux profils partiels sur les 173 foyers déclarés.
Souche 2	2 ^e souche de bacille identifiée dans le foyer	NA, <i>M. bovis</i> , <i>M. bovis</i> F1.	Cas pour 5 élevages.
Spoligotype 2	Spoligotype identifié correspondant à la souche 2	NA, SB0840, SB2425, SB2426.	Une donnée exclue car aberrante (SB4246) sur les cinq foyers parmi lesquels une 2 nd souche a été identifiée
Mode de détection du foyer	Mode de surveillance aillant permis la découverte du foyer	Abattoir, Prophylaxie, Enquêtes épidémiologiques, Chasse.	Exhaustif
Mode de gestion du foyer	Indication sur le type d'abattage choisit	Abattage sélectif, abattage total	Exhaustif

Enfin, pour permettre le calcul des prévalences intra-troupeau au sein des foyers bovins, une nouvelle colonne « nombre de bovins identifiés » a été ajoutée à partir des informations disponibles dans la base « bolus ».

b. Calculs des indicateurs

L'analyse de la base « étude » a principalement été faite grâce au logiciel Excel.

Elle a permis de chiffrer le nombre de foyers bovins, porcins et de cas détectés dans la faune sauvage déclarés sur la période d'étude. Elle a également permis de décrire les différents modes de détection des foyers parmi les espèces domestiques. Aucun foyer n'a été exclu de ces analyses.

De plus, un graphique représentant le nombre de bovins et le nombre de porcins infectés par élevage foyer a pu être réalisé grâce à ces données.

Pour les calculs des pourcentages de prévalence intra-troupeau, seuls les élevages bovins déclarés infectés entre 2019 et 2022 ont été pris en compte car ce sont les seuls pour lesquels le nombre total d'animaux adultes dans le troupeau était connu. Ces pourcentages de prévalence ont été calculés à l'aide du nombre d'animaux renseigné dans la base « bolus ». Il s'agit donc de l'ensemble des bovins de plus de 6 mois ayant été identifiés à l'aide de bolus électronique depuis 2019. Dans la suite de ce manuscrit, le terme de « prévalence intra-troupeau » sera utilisé comme raccourci pour désigner le pourcentage de prévalence intra-troupeau afin d'alléger le texte.

La base « étude » a également été utilisée pour identifier les élevages victimes d'une recontamination pendant la période, sans tenir compte des foyers dans la faune sauvage. Le logiciel R a été utilisé avec une fonction de recherche de doublons pour identifier les foyers s'étant recontaminés une ou plusieurs fois. Ensuite, les pourcentages de foyers s'étant recontaminés ont été calculés sur Excel, selon qu'il s'agissait d'élevage bovin, porcine ou mixte.

c. Représentations cartographiques des foyers : données utilisées

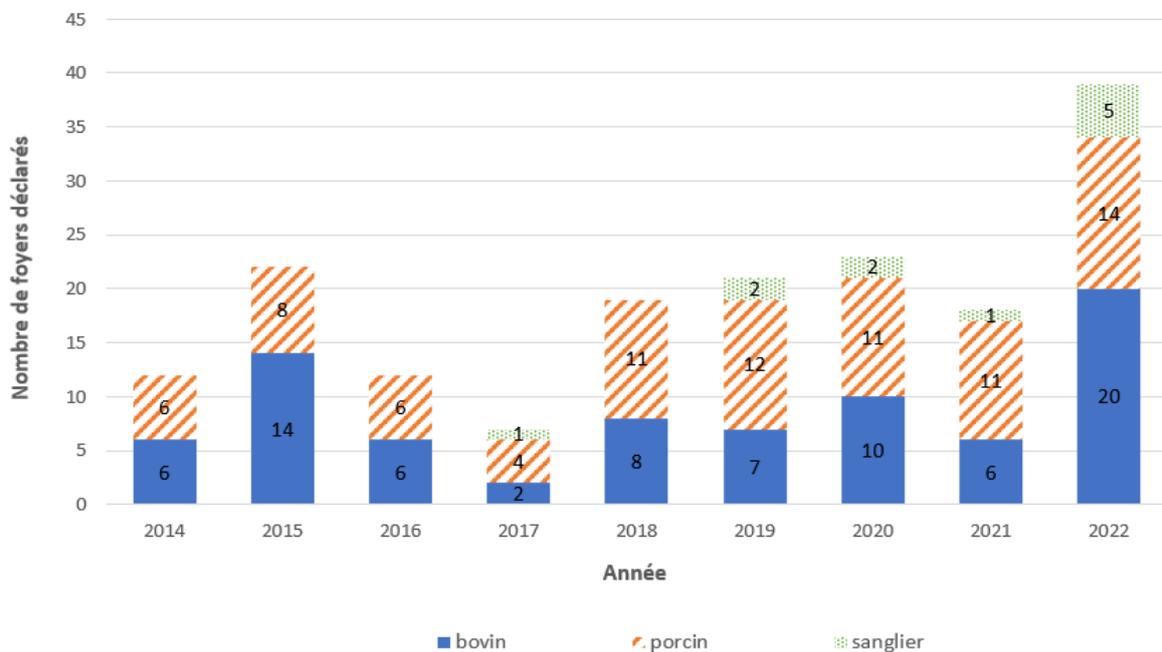
Des cartes ont été réalisées à l'aide du logiciel R pour représenter la répartition des foyers dans le département pendant la période d'étude. Pour cela, la base « étude » a été utilisée. Pour positionner les foyers sur la carte, la localisation exacte des exploitations n'étant pas disponible, c'est l'échelle de la commune qui a été utilisée.

3. Résultats

A. Foyers détectés

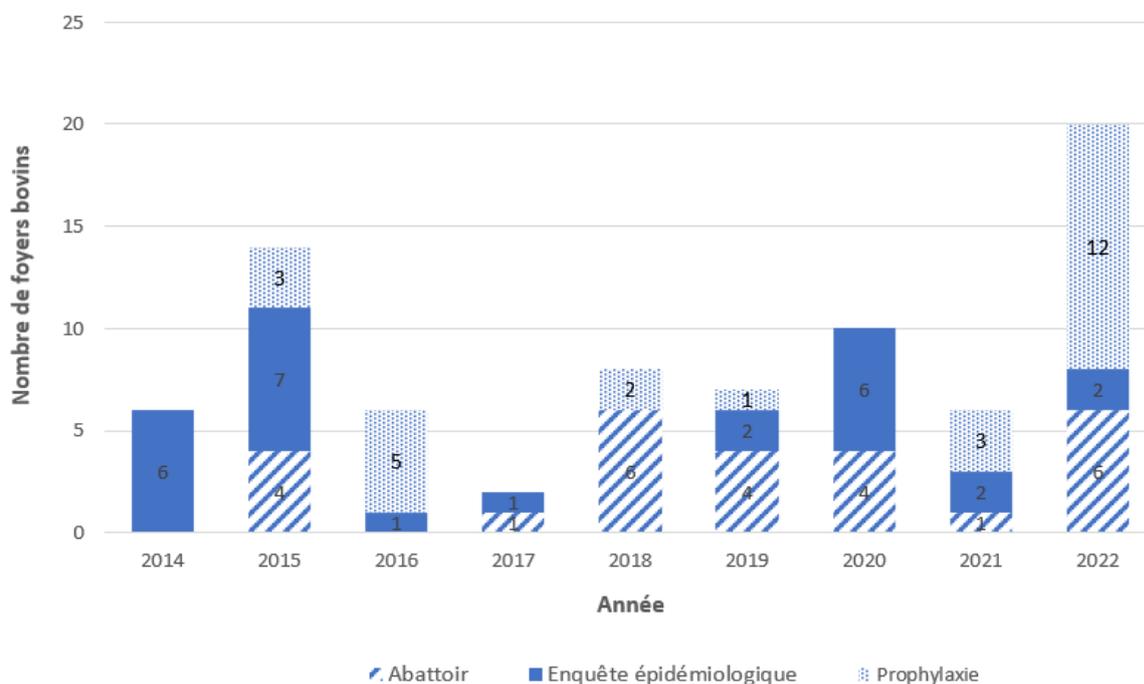
Entre 2014 et 2022, 173 foyers toutes espèces confondues ont été détectés en Haute-Corse dont 79 foyers bovins, 83 foyers porcins et 11 sangliers. Entre 2018 et 2021, le nombre de foyers détectés par espèce et par an est resté sensiblement le même pour les élevages porcins, bovins et pour les sangliers. Au contraire en 2022, il y a une augmentation du nombre de foyers détectés chez toutes ces espèces par rapport aux années précédentes (Figure 16).

Figure 16 - Nombre de foyers incidents détectés par espèce entre 2014 et 2022 en Haute-Corse



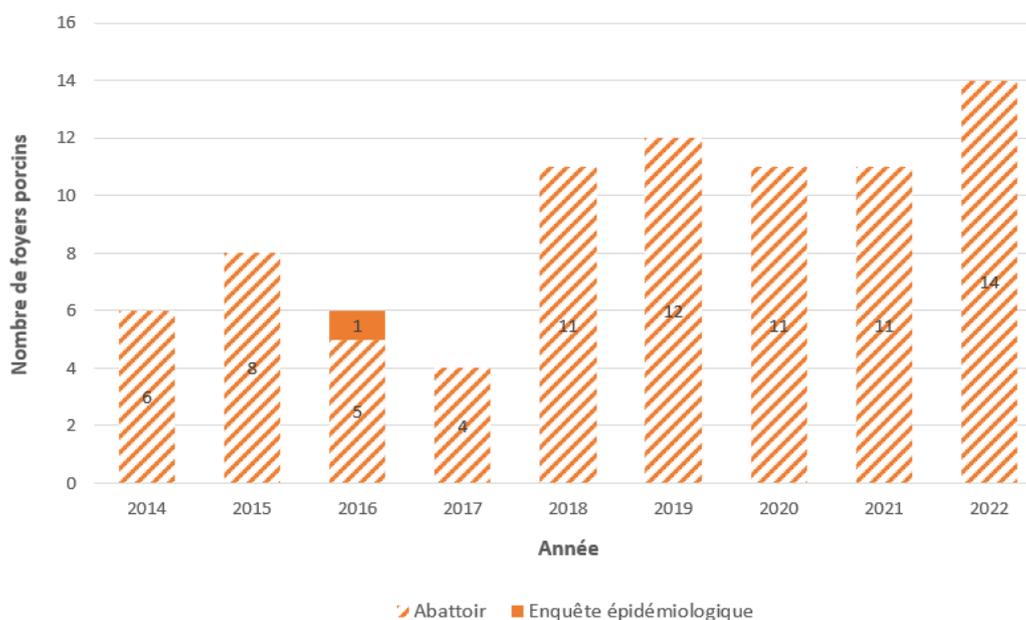
Les foyers chez les bovins ont pu être identifiés grâce à différentes modalités de surveillance (I.4.b). Sur les 79 foyers bovins, détectés sur la période, 26 l'ont été grâce à la surveillance en abattoir, 27 grâce aux enquêtes épidémiologiques et 26 lors des campagnes de prophylaxie obligatoires (Figure 17). En 2022, le nombre de foyers détectés grâce à la campagne de prophylaxie est en très nette augmentation : quatre fois plus qu'en 2021 et 12 fois plus qu'en 2019.

Figure 17 – Modalités de détection des foyers bovins incidents de Haute-Corse entre 2014 et 2022



Concernant les 83 foyers porcins étudiés, à l'exception d'une découverte via une enquête épidémiologique en 2016, seule la surveillance à l'abattoir a permis la détection de ces foyers pour cette espèce (Figure 18).

Figure 18 – Modalités de détection des foyers porcins incidents en Haute-Corse entre 2014 et 2022



B. Prévalence intra-troupeau dans les élevages bovins

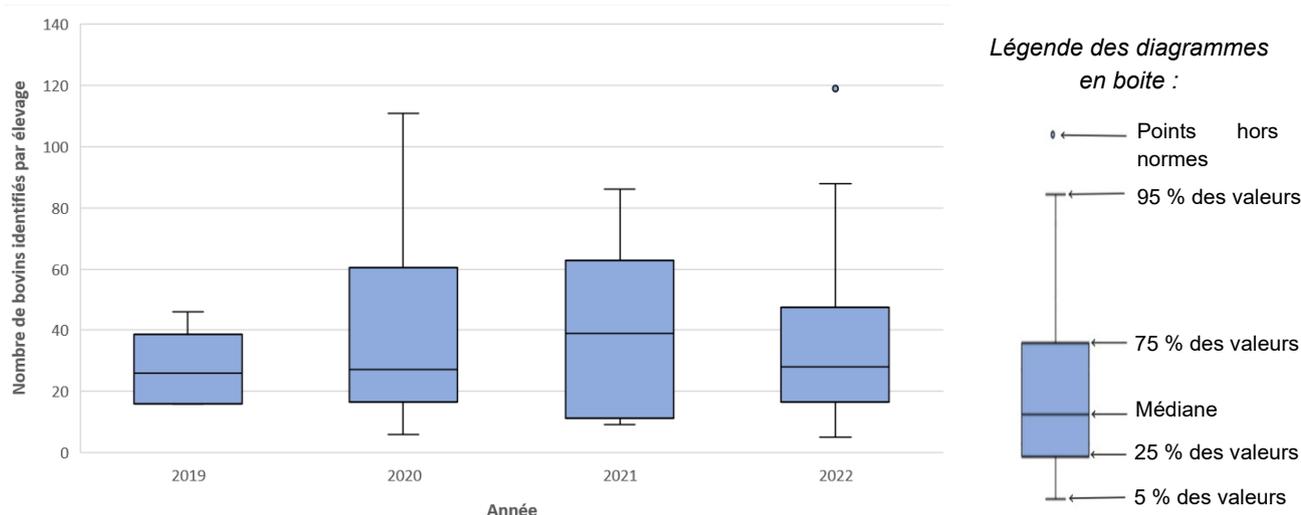
Parmi les 79 foyers bovins étudiés sur la période entre 2014 et 2019, tous les élevages ayant été déclarés infectés avant 2019 n'ont pas pu être pris en compte car l'identification à l'aide de bolus électronique n'était pas encore utilisée en Haute-Corse. Ainsi, pour l'étude de la prévalence intra-troupeau des foyers bovins, seuls les foyers déclarés entre 2019 et 2022 ont été pris en compte, ce qui représente 43 élevages. Sur ces 43 élevages, quatre ont été exclus de l'analyse des prévalences intra-troupeau car le nombre d'animaux présents n'était pas renseigné dans la base « bolus ». Enfin, deux autres élevages ont dû être exclus car leur prévalence intra-troupeau était supérieure à 100 %. **Seuls 37 élevages ont donc pu être étudiés lors de l'évaluation de la prévalence intra-troupeau.**

a. Taille des cheptels bovins

Les élevages bovins en Haute-Corse sont des élevages de faible effectif. La Figure 19 présente le nombre de bovins ayant été identifiés par bolus électroniques, parmi les 37 élevages bovins infectés entre 2019 et 2022, en fonction de l'année pendant laquelle un foyer a été déclaré dans cet élevage. La majorité des élevages sont des élevages de moins de 80 bovins adultes.

La taille médiane des effectifs par élevage bovins sur l'ensemble de la période d'étude est de 28 animaux. La moyenne est de 37 animaux tandis que le plus petit élevage compte cinq animaux et le plus gros 119.

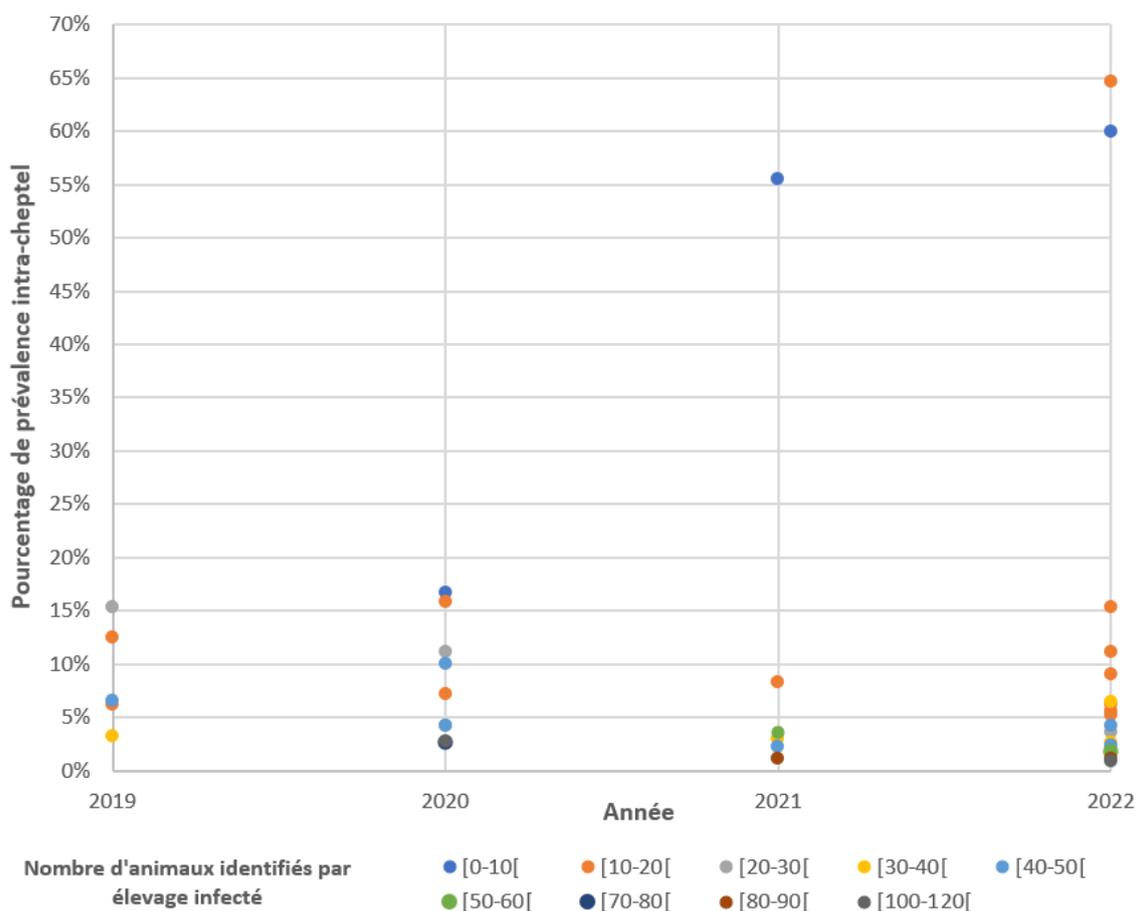
Figure 19 - Nombre de bovins identifiés par bolus électronique, par élevage et par an entre 2019 et 2022



b. Prévalences intra-troupeau

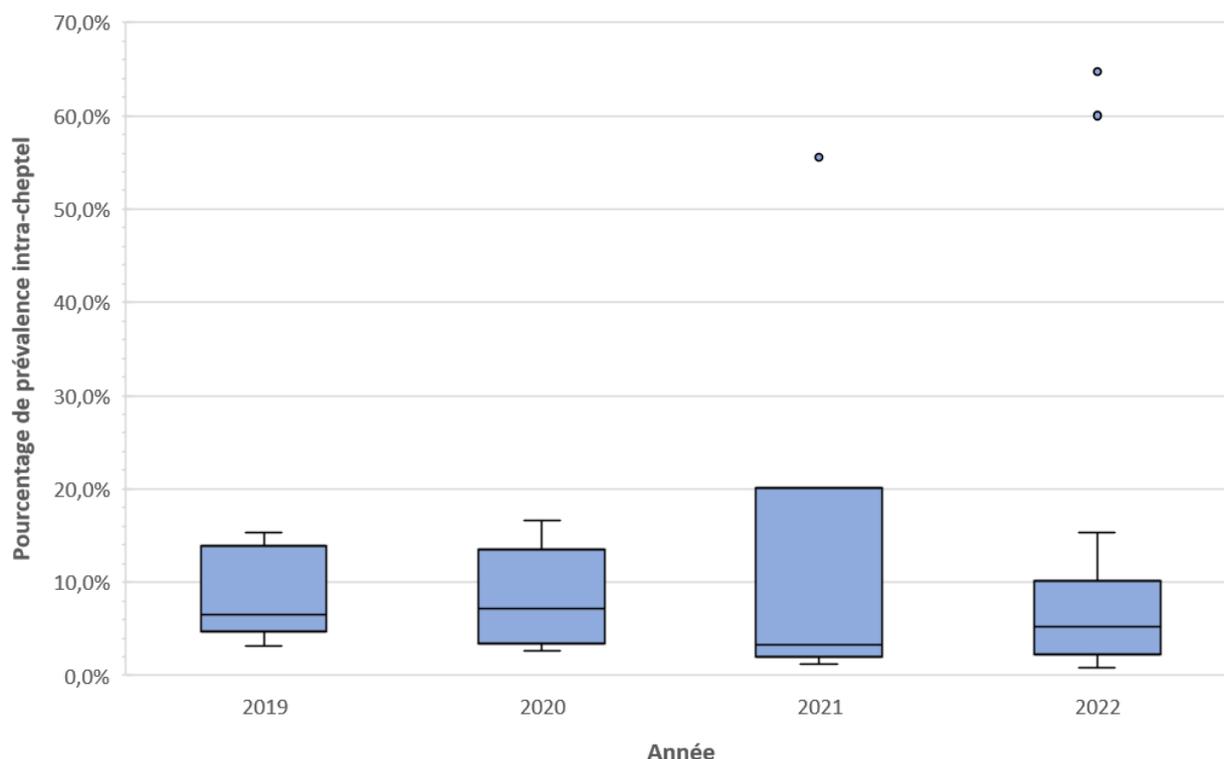
Sur la Figure 20, l'ensemble des 37 foyers bovins observés entre 2019 et 2022 sont représentés par des points en fonction de leur prévalence intra-cheptel. La couleur de ces points permet de visualiser la taille du troupeau. Cette figure montre que la majorité des élevages infectés étudiés (92 %) ont une prévalence intra-troupeau supérieure à 1 %. Les élevages avec les prévalences intra-troupeau les plus élevées (supérieurs à 55 %) étaient uniquement des élevages avec un faible nombre animaux (inférieur à 20 animaux). De plus, les élevages avec une prévalence supérieure à 5 % ne concerne également que les élevages de petite taille avec moins de 40 animaux identifiés dans l'élevage.

Figure 20 - Prévalence intra-cheptel des foyers bovins détectés entre 2019 et 2022 en Haute-Corse et taille de ces troupeaux



L'évolution de la prévalence intra-cheptel dans les foyers détectés en fonction des années entre 2019 et 2022 a également été étudiée (Figure 21). Aucune évolution significative de la prévalence intra-cheptel sur la période d'étude n'a pu être constatée, sa médiane oscillant autour de 6 %.

Figure 21 - Évolution du pourcentage de prévalence intra-cheptel dans les foyers bovins de Haute-Corse entre 2019 et 2022

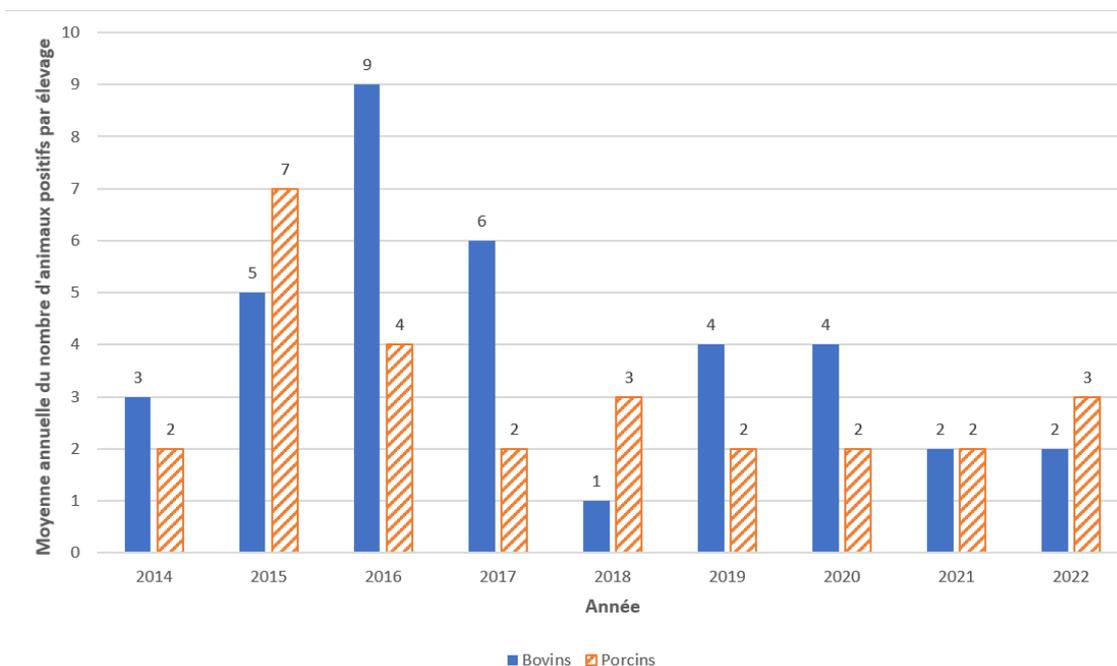


C. Nombre d'animaux infectés par foyer

Le nombre d'animaux infectés par foyer a pu être étudié pour les 79 foyers bovins et les 83 foyers porcins. Le graphique suivant présente le nombre moyen d'animaux confirmés infectés par foyer sur l'ensemble de la période d'étude en Haute-Corse dans les élevages porcins et bovins (Figure 22).

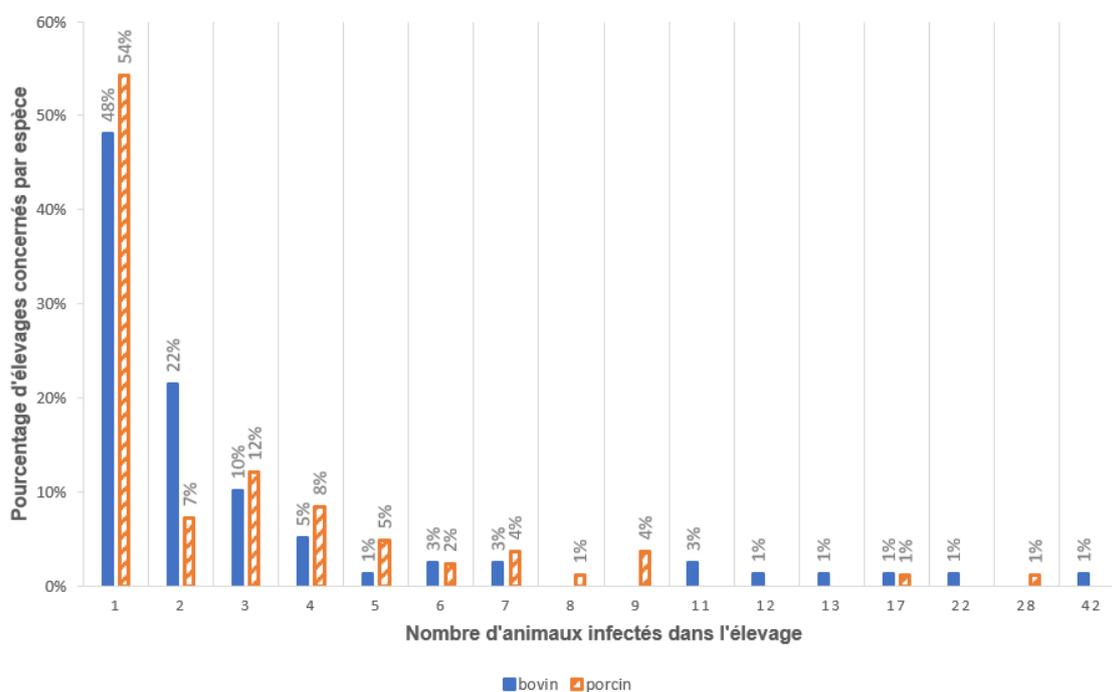
À l'exception de 2018 pour les élevages bovins, la moyenne annuelle du nombre d'animaux infectés par élevage est strictement supérieure à 1 en élevage bovin et porcin. Cependant, à partir de 2017, le nombre moyen d'animaux confirmés infectés par élevage semble diminuer, dans les élevages bovins et porcins (Figure 22).

Figure 22 - Moyenne annuelle du nombre d'animaux confirmés infectés par foyers en Haute-Corse



La Figure 23, représente le nombre d'animaux confirmés infectés par foyers en fonction de l'espèce sur l'ensemble de la période d'étude.

Figure 23 - Distribution du pourcentage d'élevages bovins et d'élevages porcins infectés par la tuberculose bovine en fonction du nombre d'animaux confirmés infectés dans l'élevage



Dans la majorité des foyers bovins et porcins, un faible nombre d'animaux ont été confirmés infectés par le LNR. En effet, dans 48 % des foyers bovins et dans 54 % des foyers

porcins, seul un animal était déclaré infecté. Deux animaux avaient été déclarés infectés pour 22 % des foyers bovins et 7 % des foyers porcins (Figure 23). Enfin, un petit nombre d'élevage, présentent un nombre d'animaux infectés très important. Dans 8 % des élevages bovins et 2 % des élevages porcins, plus de dix animaux ont été déclarés infectés.

D. Recontaminations des élevages

L'ensemble des foyers bovins et porcins ont été inclus dans l'analyse. Deux élevages mixtes ont déclaré chacun un foyer porcin et un foyer bovin la même année, sur la même commune et à partir de la même souche de bacille tuberculeux. Dans ce cas, il n'a pas été compté de recontamination.

Entre 2014 et 2022, 132 élevages ont été déclarés infectés au moins une fois. Il s'agissait de 51 élevages bovins, 34 élevages porcins et 47 élevages mixtes. Sur ces 132 élevages, entre 2014 et 2022, 18 % ont été recontaminés au moins une fois. Parmi les 34 élevages porcins, près d'un tiers ont été recontaminés au moins une fois. Les élevages bovins sont ceux ayant subi le moins de recontamination sur la période d'étude (Tableau 6).

Tableau 6 - Synthèse des recontaminations constatées dans les élevages foyers entre 2014 et 2022 en fonction du type d'élevage.

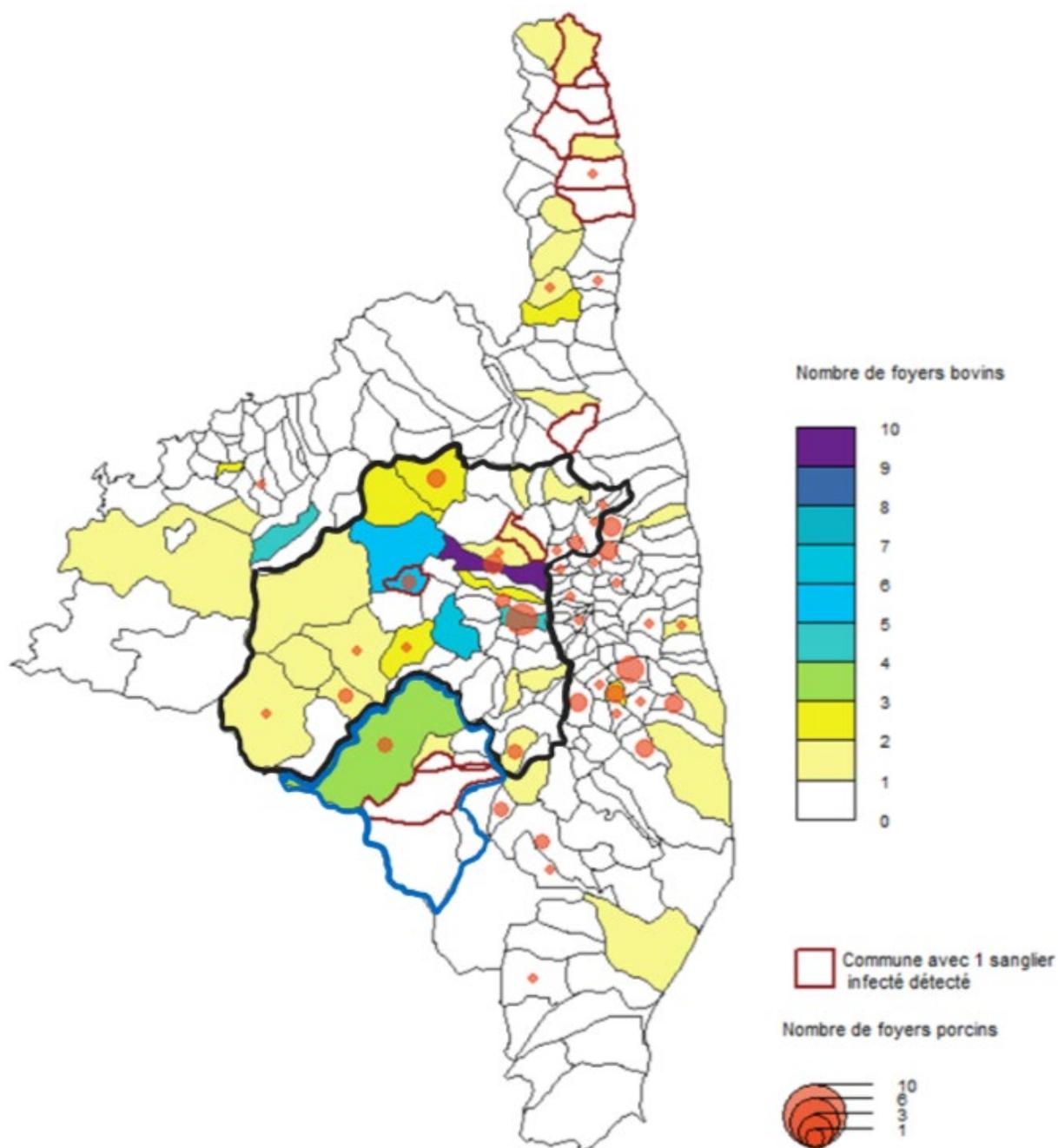
Type d'élevage	Nombre d'élevages foyers	Pourcentage (nombre) de ces élevages concernés par :		
		1 recontamination	2 recontaminations	Au moins une recontamination
Bovins	51	8 % (4)	0 % (0)	8 % (4)
Porcins	34	27 % (9)	6 % (2)	32 % (11)
Mixtes	47	15 % (7)	4 % (2)	19 % (9)
Tous	132	15 % (20)	3 % (4)	18 % (24)

E. Répartition spatiale des foyers de tuberculose bovine

La répartition des foyers de tuberculose bovines détectés est disparate sur le département dans les élevages bovins et porcins et sur des sangliers. Toutes les communes ne sont pas touchées. Cependant, la majorité des foyers détectés semble se concentrer dans les cantons de Golo-Morosaglia (entouré en noir) et du nord de Corte (entouré en bleu) (Figure 24).

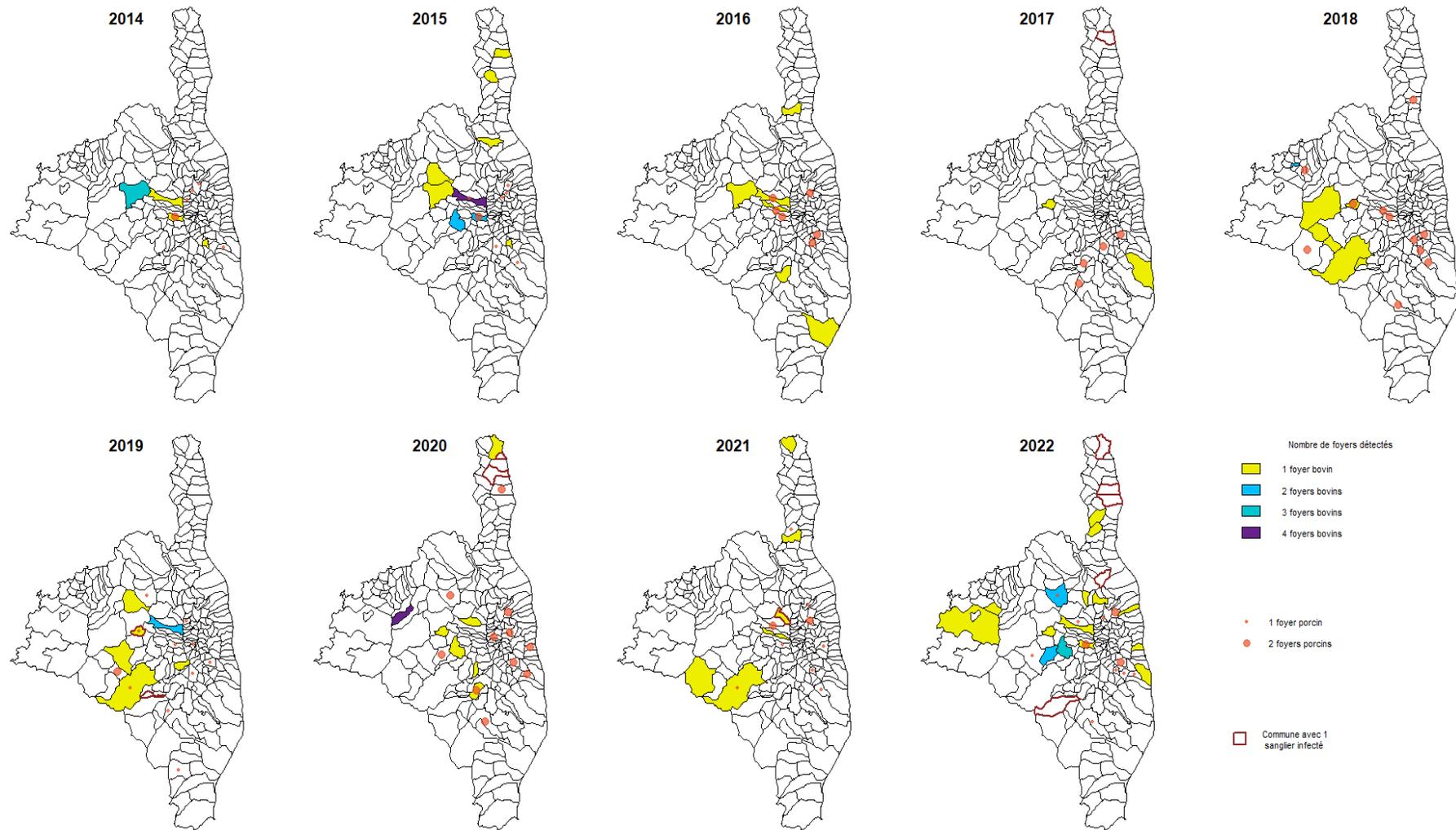
De plus, dans plusieurs communes, des cas ont pu être découverts chez au moins deux espèces différentes. Dans certaines communes, des foyers bovins, porcins et des cas chez des sangliers ont été découverts.

Figure 24 - Foyers incidents détectés entre 2014 et 2022, en Haute-Corse



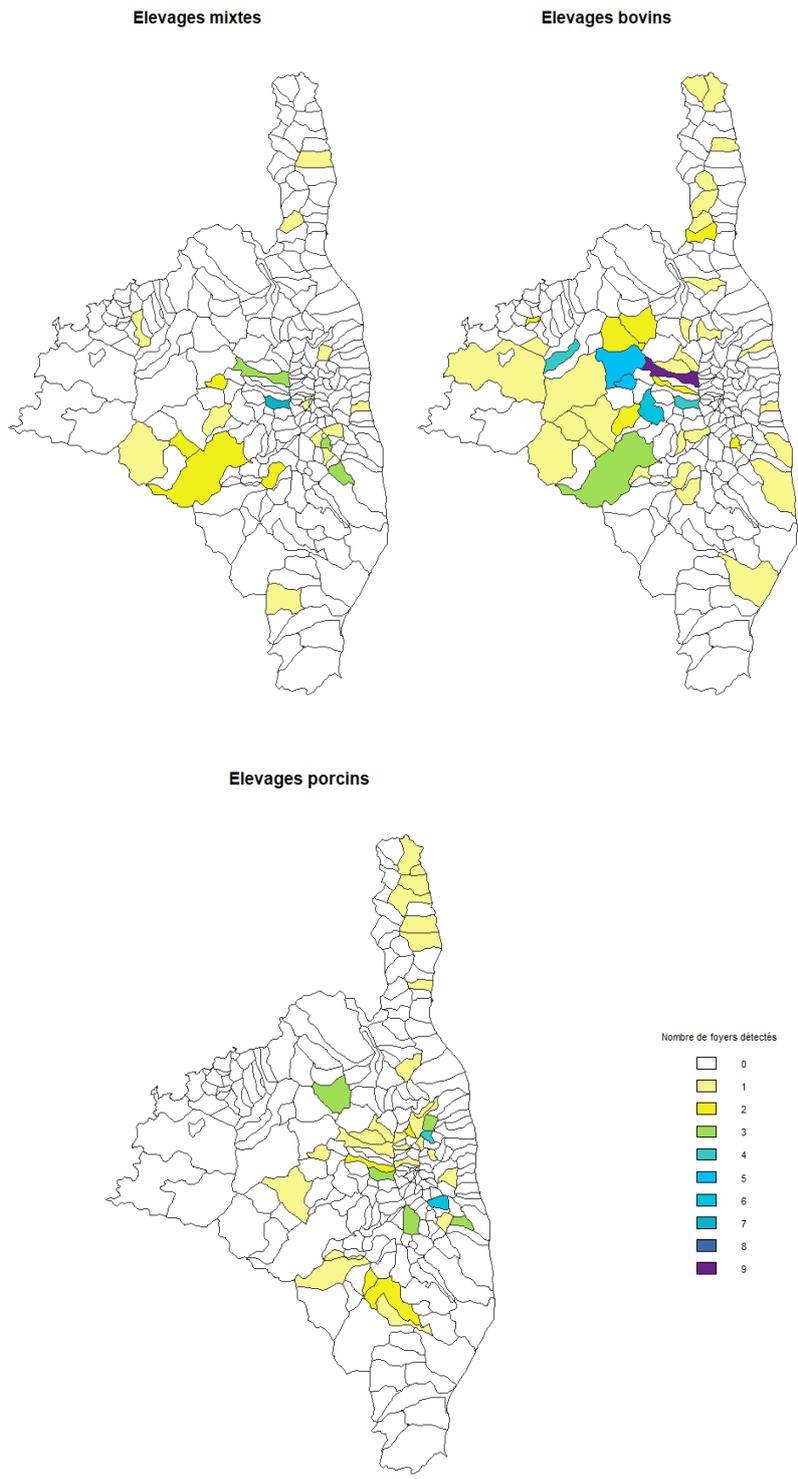
La Figure 25 montre la détection, au fil du temps, des foyers de tuberculose bovine, parmi les bovins, les porcins et les sangliers. Les foyers semblent principalement groupés au centre du départements. Les premiers foyers détectés dans le canton du Cap Corse n'apparaissent qu'en 2015 et sont peu nombreux d'abord en élevage bovins puis en 2017 un sanglier infecté y est détecté.

Figure 25 – Localisation des foyers de tuberculose détectés en Haute-Corse chaque année entre 2014 et 2022



Enfin, la répartition des foyers de tuberculose bovine semble être similaire qu'il s'agisse d'élevages mixtes bovins et porcins ou d'élevages de bovins ou de porcins uniquement avec une forte concentration des foyers au centre du département (Figure 26).

Figure 26 - Répartition des foyers détectés en Haute-Corse en fonction du type d'élevage entre 2014 et 2022



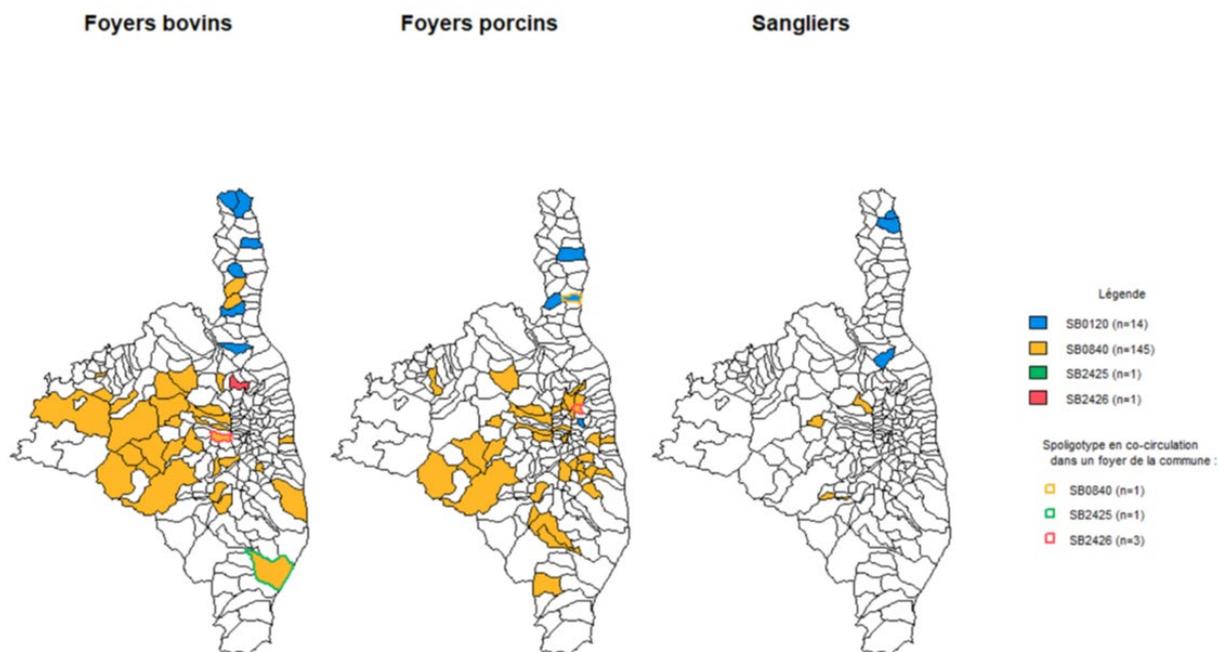
F. Spoligotypes détectés entre 2014 et 2022

Une et parfois plusieurs souches avec un spoligotype complet ont pu être identifiés dans 161 des 173 foyers. Les 12 foyers pour lesquels le spoligotype n'était pas renseigné ont été exclus pour cette partie de l'analyse. Dans un foyer pour lequel deux souches avaient été renseignées, la seconde souche n'a pas été prise en compte car le spoligotype renseigné dans la base de données (SB4246) n'existe pas.

Dans cinq foyers, une deuxième souche avec un spoligotype différent a été retrouvée et pour l'un de ces foyers une troisième souche était également présente mais n'a pas été représenté sur la figure suivante.

Le spoligotype SB0840 (F001 de la famille F4) est la souche de *M. bovis* la plus fréquemment détectée en Haute-Corse sur la période d'étude, suivi par le spoligotype SB0120 (BCG). Les spoligotypes SB2426 et SB2425, ont aussi été ponctuellement détectés dans des élevages bovins et porcins. Ces derniers sont très proches du SB0840. Le spoligotype SB0120 semble circuler principalement au nord de l'île tandis que la souche SB0840 est essentiellement détectée au Sud-Ouest du département (Figure 27). La répartition des souches sur le département semble similaire quel que soit l'espèce observée.

Figure 27 - Répartition des spoligotypes des souches détectées en Haute-Corse



4. Discussion

A. Méthode

a. Exhaustivité des bases de données

Les bases de données fournies par la DDETSPP sont des bases opérationnelles. Elles sont complétées au fur et à mesure par les techniciens de la DDETSPP en fonction des informations qui leur sont transmises. L'exhaustivité des données complétées dépend donc notamment du technicien qui les a retranscrites mais également du temps qu'ils ont à accorder à ces bases. De plus, comme plusieurs personnes ont participé au remplissage des données, celles-ci n'étaient pas complétées de façon systématique et similaire. L'homogénéisation de certaines données comme le mode de détection, le mode de gestion des foyers, ainsi que les souches et les spoligotypes identifiés a donc été nécessaire.

Ces bases opérationnelles ne sont initialement pas conçues pour être analysées. Elles sont complétées par les techniciens de la DDETSPP avant tout pour permettre le suivi des suspicions et des foyers. Ainsi, les bases contiennent de nombreuses données non nécessaires à l'analyse descriptive réalisée et au contraire, d'autres données qui nous auraient été très utiles pour l'étude n'étaient pas disponibles ou pas renseignées de façon exhaustives (comme les profils VNTR ou la localisation GPS exacte des foyers par exemple).

Toutefois, les données présentes dans la base et qui ont été conservées pour les analyses étaient assez complètes pour une base de données opérationnelle. Lors des analyses, assez peu d'entrées ont dû être écartées à cause d'un manque d'information :

- 4 pour le calcul de la prévalence intra-troupeau ;
- 12 pour l'étude de la répartition des spoligotypes ;
- 1 pour l'étude des spoligotypes (à cause d'une erreur de saisie).

Pour le calcul de la prévalence intra-troupeau deux entrées ont également été supprimées car le pourcentage obtenu était supérieur à 100 %. Ces résultats aberrants peuvent s'expliquer soit par le renseignement incomplet de la base bolus, soit par le fait qu'une partie des bovins avait déjà été envoyés à l'abattoir avant que le troupeau ne soit identifié par bolus.

De nombreuses erreurs de frappe dans la saisie dans les noms des communes ont été identifiées mais ont pu être corrigées facilement.

Pour le résultat « LNR » de la base « animaux », l'hypothèse a été faite que lorsqu'aucune information n'était disponible pour cette variable pour un animal c'était parce qu'aucune infection n'avait pu être mise en évidence chez cet animal. Cette hypothèse peut être considérée comme raisonnable. En effet, dans le cadre d'une base de données opérationnelle ce sont surtout les résultats positifs qui sont utiles car ils conditionnent la suite de la gestion de la suspicion ou de la gestion du foyer. Ils sont donc renseignés plus exhaustivement que les résultats négatifs. De plus, pour chaque résultat manquant, dans cette colonne, dans le cas des élevages ayant été déclaré infecté, il a été vérifié qu'aucune autre analyse réalisée (inspection de carcasse, histologie et PCR non spécifique d'espèce) pour l'animal aurait pu faire suspecter une infection. Aucune contradiction entre les résultats de ces dernières analyses et l'absence de résultat dans la colonne « LNR » n'a été observé, ce qui a

permis d'appuyer cette hypothèse. En conséquence, il est peu probable que cette interprétation des résultats conduise à une mauvaise estimation du nombre d'animaux infectés par élevage.

Pour certains foyers s'étant recontaminés, les bases fournissaient des dates de poses d'APDI mais aucune date de levée d'APDI. Dans ce cas, l'année de levée du premier APDI était alors considérée comme étant l'année n-1 de la date de pose du nouvel APDI. En effet, notamment pour ces dates, la DDETSPP nous avait informé qu'elles n'étaient pas toujours complétées, généralement par manque de temps des techniciens, mais qu'il fallait bien compter ces foyers comme des foyers s'étant recontaminés. Cela n'a donc à priori pas eu d'impact sur nos résultats.

b. Incertitudes

- *Calculs des prévalences intra-troupeau*

La prévalence intra-troupeau est un paramètre rarement calculé lors des études sur la tuberculose bovine en France. Il se heurte généralement à de nombreux éléments manquants dont notamment, en Corse, l'absence d'information sur le nombre d'animaux exactement présents dans l'élevage au moment de la détection du foyer. De plus, tous les animaux présents dans l'élevage ne sont pas systématiquement abattus à la suite d'une confirmation d'infection dans un élevage (I.4.c.c). Sur l'ensemble de la période d'étude, seuls 13 élevages bovins ont été gérés par abattage total. Donc 86 % des élevages bovins en Haute-Corse, entre 2014 et 2022 ont été assainis par abattage sélectif. Or, seuls les résultats des analyses post-mortem réalisées par le LNR (qu'il s'agisse de la mise en culture ou de la PCR spécifique d'espèce) permettent de conclure sur l'infection ou non de l'animal. Ainsi, dans ces élevages, le statut infectieux réel des animaux non abattus ne peut pas être connu. Ils sont supposés indemnes de tuberculose bovine ce qui peut conduire à une légère sous-estimation de la prévalence intra-troupeau. De plus, même en cas d'abattage total, les prélèvements ne sont effectués sur les carcasses que lorsque la présence de lésions évocatrices de tuberculose est détectée. Or (I.2.b.a), certains animaux peuvent être infectés sans que l'inspection de leur carcasse ne mette en évidence de lésion macroscopique. Dans ce cas, l'envoi d'échantillon n'est pas systématique. Ainsi, la prévalence intra-troupeau a pu être légèrement sous-estimée.

L'identification des animaux en Haute-Corse est assez difficile, certaines boucles se perdent et sont parfois remises sur un autre animal. En effet, certains animaux, dans cette base de données, avaient une date de mort antérieure à la date de mise en place du bolus électronique. Cet élément confirme le manque de fiabilité de la boucle en Haute-Corse. Nous nous sommes donc appuyés sur les identifications par bolus car elles sont effectuées par la DDETSPP et sont donc estimées plus fiables que les identifications par boucles uniquement. Cependant, cette base de données n'existe que depuis 2019, et n'est pas exhaustive ce qui a conduit, pour le calcul des prévalences intra-troupeau, à l'exclusion de 42 foyers sur les 79 foyers bovins identifiés.

De plus, ces bolus sont posés au moment de la police sanitaire lors de la première détection de la tuberculose bovine dans l'élevage. Les moyens humains étant limités, celle-ci peut parfois être mise en œuvre quelques semaines après la déclaration d'infection, certains

animaux ont donc probablement déjà été abattus. Cela peut entre-autre expliquer le cas des deux élevages ayant présentés des valeurs de prévalence intra-troupeau supérieure à 100 %. Cet élément a donc pu entraîner une surestimation des valeurs de prévalence intra-troupeau.

Le nombre d'animaux adultes présents dans l'élevage au moment de la police sanitaire a été estimé à partir du nombre de bovins avec une date de pose de bolus enregistrée dans la base. Or, cela ne concerne que les bovins d'âgés d'au moins six mois. Il y a donc une sous-estimation du nombre de bovins présents dans l'élevage entraînant un risque de surestimer la prévalence intra-troupeau. Cependant, considérant le contexte épidémiologique de la tuberculose bovine en France, le risque de transmission verticale, et de transmission via le lait, de cette affection est faible. De plus, en France métropolitaine, les jeunes de moins de six mois ne sont pas dépistés car la probabilité que ces animaux soient atteints est considérée comme faible. Nos résultats peuvent donc être comparés aux résultats obtenus à l'échelle de la France.

- *Recontaminations*

Pour l'étude des recontaminations, il a été choisi de considérer, l'année de détection comme la date de début de foyer. En effet, et notamment pour les élevages porcins, la date de pose d'APDI n'était pas toujours renseignée (Havet et Havet, 2024). De plus, il pouvait y avoir un délai important entre la découverte des foyers puis la date de pose de l'APMS et de l'APDI. En effet, la DDETSPP met bien en place les mesures nécessaires (I.4.a.a) dans les élevages infectés mais les dates des poses de ces APMS et APDI peuvent être différées souvent par manque de personnels pour s'en occuper (Havet et Havet, 2024). Ces délais étaient en particulier plus longs avant 2017 car un seul technicien était dédié au suivi des foyers de tuberculose bovine sur le département. Cela signifie par exemple, que pour les foyers détectés en fin d'année civile, ce délai a pu, dans nos analyses, faire basculer un foyer détecté l'année n à l'année $n+1$.

Par ailleurs, la date de levée des APDI n'était pas toujours renseignée dans la base de données. Dans ce cas, pour les élevages pour lesquels plusieurs années de détection de foyers étaient enregistrées, la date de fin du premier foyer a été considérée comme l'année $n-1$ du second foyer. Ce raisonnement aurait pu entraîner une surestimation du nombre d'élevages se recontaminant. Cependant d'après la DDETSPP (Havet et Havet, 2024), les techniciens chargées de la saisie ne rentrait une nouvelle date d'APDI qu'en cas de nouvelle infection. Il est donc raisonnable de considérer que cette méthode d'analyse n'a pas eu d'impact sur l'estimation des recontaminations des élevages en Haute-Corse.

Dans notre thèse, les foyers découverts avant 2014 n'ont pas été pris en compte car l'exhaustivité des données ne pouvait être garantie. Cela a pour conséquence la non-identification de certaines recontaminations entre 2014 et 2022. En effet, à titre d'exemple, si un élevage avait été déclaré infecté en 2012 (donc en dehors de la période d'étude) puis en 2015 (pendant la période d'étude), il n'est alors pas considéré dans notre étude comme un foyer s'étant recontaminé. Le nombre de foyers s'étant recontaminé entre 2014 et 2022 est donc sous-estimé.

B. Résultats

a. Foyers et situation épidémiologique en Haute-Corse

Les campagnes de prophylaxie sont menées à cheval sur deux années civiles, alors que les chiffres présentés dans cette thèse le sont par année civile. Cela signifie que des détections en prophylaxie en fin d'année n peuvent avoir eu lieu lors de la même campagne de prophylaxie que des foyers comptabilisés au début de l'année $n+1$.

Le nombre de foyers découverts en élevage bovins, en Haute-Corse, entre 2016 et 2017, était en discrète augmentation. Puis entre 2021 et 2022 une augmentation importante est observée (Figure 16). Contrairement à l'échelle du pays, où le nombre de foyers incidents semble se stabiliser depuis 2018 suite au renforcement des mesures de surveillance (Figure 6).

Cette augmentation depuis 2017 s'explique grâce à différents éléments. Avant cette année, un seul technicien sur le terrain, était spécialisé dans la tuberculose bovine et y consacrait tout son temps de travail. Deux autres personnes y participaient mais en menant d'autres activités en parallèle. Ce personnel était alloué à la surveillance en abattoir, la réalisation d'enquêtes épidémiologiques et la gestion des campagnes de prophylaxie. Ils priorisaient donc leurs actions et ciblaient les cheptels les plus infectés. D'où la présence d'un plus grand nombre d'animaux infectés dans les troupeaux avec un nombre de foyers moins important par rapport à après 2017 (Figure 22). De plus, avant la campagne 2017, les campagnes de prophylaxies en Haute-Corse étaient biennales donc seule la moitié des élevages étaient testés chaque année, ce qui explique le plus faible nombre de foyers détectés.

Enfin, à partir de la campagne de dépistage 2021-2022, l'utilisation du test IFN- γ a sans doute permis une amélioration de la sensibilité du dépistage, entraînant la détection d'un plus grand nombre de foyers en 2022. Ainsi, l'augmentation du nombre de foyers détectés dans les élevages bovins sur la période d'étude s'explique certainement plutôt par une meilleure détection des foyers grâce à l'évolution des protocoles utilisés et des moyens humains et financiers déployés sur le terrain qu'à une réelle augmentation de la prévalence de l'infection dans le département.

Concernant les foyers porcins, la Figure 16 ne montre pas d'augmentation majeure du nombre de foyers découverts sur la période. Contrairement à la France continentale, la Haute-Corse déclare des foyers porcins. Leur nombre semble stable dans le temps, sans qu'il n'y ait eu de modification dans les modalités de détection. Cette stabilité serait donc en faveur d'une circulation enzootique de la maladie. Cette circulation pourrait s'expliquer par le manque de biosécurité dans ces élevages avec une circulation faiblement maîtrisée des animaux facilitant les contacts entre ces derniers, ainsi qu'avec les bovins et la faune sauvage (Relun *et al.*, 2015).

Enfin, le faible nombre de cas détectés dans la faune sauvage, entre 2014 et 2022 (11 cas au total), ne reflète pas nécessairement la situation épidémiologique réelle de l'infection dans cette population. En effet, le recensement des cas suspects, et l'envoi de prélèvement pour analyses de confirmation dépend principalement des acteurs départementaux et en particulier des chasseurs qui doivent signaler les animaux sauvages trouvés morts ainsi que

les animaux abattus et présentant des lésions. Il est difficile pour la DDETSPP de convaincre ces acteurs locaux de l'importance et de la présence de la tuberculose bovine en Haute-Corse (Havet et Havet, 2024). Ainsi, il existe probablement un sous-signalment important entraînant probablement une sous-estimation du nombre de sangliers infectés.

En comparaison, la Corse du Sud semble moins touchée par l'infection que la Haute-Corse. En effet, entre 2013 et 2023, seules deux communes ont déclaré des cas parmi la faune sauvage contre une vingtaine de communes en Haute-Corse. De plus, concernant les animaux d'élevage, lors de la campagne 2020 – 2021, la Corse du Sud ne déclarait qu'un seul foyer de tuberculose bovine contre dix en Haute-Corse (Forfait *et al.*, 2023). Enfin, en Haute-Corse la détection d'un foyer en élevage caprins et d'un cas chez un chat témoigne de l'importance majeure de cette infection dans ce département (Vallet, 2023). Cependant, les résultats obtenus en Haute-Corse et ceux obtenus en Corse du Sud sont difficilement comparables. En effet, la Corse du Sud compte moins d'élevages (Figure 12 et Figure 13). Donc dans l'hypothèse où la tuberculose bovine circulerait avec le même pourcentage de prévalence dans les deux départements, cela représente un nombre de foyers moins important en Corse du Sud. De plus, les animaux sont peut-être moins concentrés et se rencontrent donc moins souvent ce qui peut entraîner une circulation moins importante de l'infection. Enfin, sur la période d'étude, les modalités de surveillance en élevage bovin entre ces départements est différente. La Corse du Sud utilisait en effet un rythme de dépistage biennal pour l'ensemble de la période (contrairement à la Haute-Corse qui appliquait, à partir de la campagne 2017-2018, un dépistage annuel) et utilisait uniquement l'IDS. Ainsi la sensibilité du dépistage peut y être considérée comme moins importante, ce qui expliquerait un plus faible nombre de foyers détectés.

b. Modalités de détections des foyers

Après la découverte du cas de tuberculose bovine chez des caprins dans un élevage mixte bovins et caprins, la DGAI a produit un graphique (Figure 14) similaire à la Figure 17 réalisée pour cette thèse. Des différences sont observables entre ces deux figures. Cependant, le même nombre de foyers bovins a bien été compté entre 2014 et 2022. La répartition de ces foyers par an est légèrement différente ce qui pourrait s'expliquer par le choix de la date de déclaration du foyer. Dans cette thèse, le choix a été fait d'utiliser la date de détection du foyer. Cependant, la méthode d'analyse des données utilisée par la DGAI n'est pas précisée et il est donc possible qu'un autre choix méthodologique les ai amenés à classer certains foyers dans des années différentes.

De plus, dans ces deux figures, un même nombre de foyers détectés à l'abattoir a été compté sur la période : 26. Cependant concernant les détections par prophylaxie et par enquêtes épidémiologiques, les valeurs sont légèrement différentes. La DGAI compte respectivement 30 et 23 détections quand dans cette thèse il en est compté 26 et 27. Le risque qu'il y ait eu une sous-estimation du nombre de foyers détectés grâce aux campagnes de prophylaxie dans cette étude à cause d'une erreur de classement des données semble peu probable et a été vérifié à la suite de l'observation de cette différence entre les deux études. L'article cite comme source des données la DGAI. Ils ont donc probablement utilisé des données centralisées. Il est possible qu'il y ait eu des erreurs de classement de certains foyers

entre la prophylaxie et les enquêtes épidémiologique au moment de la centralisation des données.

La Figure 17, montre qu'il y avait, en Haute-Corse, encore beaucoup de dépistages tardifs à l'abattoir contrairement à la moyenne française chez les bovins. En 2022, 30 % des foyers bovins détectés en Haute-Corse, l'ont été grâce à la surveillance en abattoir contre 18 %, en France métropolitaine la même année (Figure 11). Cependant, la Figure 17 met également en évidence une forte augmentation entre 2014 et 2022 du nombre de foyers détectés grâce à la surveillance programmée en élevage, passant de 0 % à 60 % des détections. Cette augmentation est cohérente avec la mise en place des prophylaxies à l'aide du test IFN- γ depuis la campagne 2021 – 2022. Cette dernière avait vocation à faciliter la réalisation des campagnes de prophylaxie (I.2.a.c), ce qui semble avoir été efficace vu la forte augmentation des foyers détectés grâce à la prophylaxie. Pour le moment, l'utilisation du test IFN- γ ne montre pas d'impact sur le nombre de foyers détectés en abattoir (détection considérée comme tardive par rapport à la détection grâce au dépistage en élevage), cependant, une diminution des détections à l'abattoir sur les prochaines années est à espérer si la prophylaxie continue à être efficace.

Dans les élevages porcins, la surveillance se fait majoritairement grâce au contrôle des carcasses à l'abattoir : 82 des 83 foyers découverts entre 2014 et 2022 l'ont été lors de l'inspection à l'abattoir. Ce qui est cohérent avec l'absence de surveillance programmée en élevage pour cette espèce.

c. Calculs des prévalences intra-troupeau et nombre d'animaux infectés par foyers

Comme évoqué dans la partie I.4.a.b, les valeurs de prévalence intra-troupeau obtenues sont à prendre avec précaution. Parmi les 79 foyers identifiés, 42 foyers ont été exclus pour cette analyse qui n'est donc pas exhaustive des foyers bovins en Haute-Corse sur l'ensemble de la période d'étude.

La comparaison de nos résultats à ceux obtenus dans les troupeaux de France continentale est délicate. En effet, les pratiques d'assainissement en Haute-Corse sont un peu différentes de celles observées dans les autres départements français. L'abattage sélectif est le mode d'assainissement privilégié par la DDETSPP de Haute-Corse, là où en France continentale, c'est plutôt l'abattage total qui est majoritaire. Or comme évoqué dans les parties précédentes (I.2.a), aucun test sur animal vivant n'est véritablement satisfaisant pour diagnostiquer l'infection et la modalité d'assainissement choisie a une influence sur le nombre d'animaux qui seront abattus et concernés par des analyses post-mortem permettant le diagnostic et donc potentiellement sur le nombre d'animaux identifiés comme infecté dans l'élevage.

Les prévalences intra-troupeau semblaient plus élevées dans les élevages infectés en Haute-Corse (prévalence intra-troupeau moyenne égale à 11 % entre 2019 et 2022) par rapport aux moyennes françaises. En effet, le nombre d'animaux infectés par foyers est estimé entre un et trois bovins en France métropolitaine (Guétin-Poirier *et al.*, 2023) ce qui représente une prévalence intra-troupeau moyenne d'environ 1 à 3 %.

Toutefois, plus de la moitié des foyers de Haute-Corse étudiés (54 %) présentaient une prévalence intra-cheptel supérieure ou égale à 5 %. Cette valeur est à mettre en perspective avec le nombre d'animaux par élevage. En effet, l'ensemble des élevages avec de fortes valeurs de prévalence intra-cheptel (supérieurs à 5 %) étaient des élevages avec peu d'animaux (maximum 40 bovins adultes identifiés par bolus électronique dans l'élevage). Tandis que les troupeaux infectés de plus gros effectif (supérieurs à 75 bovins adultes), présentaient tous des prévalences intra-cheptel inférieures à 5 %. Or en France continentale, la prévalence intra-troupeau moyenne est estimée à partir de troupeaux moyens de 100 bovins adultes, la comparaison des prévalences intra-troupeau moyennes en Haute-Corse avec celles en France continentale est donc à envisager avec précaution.

Les valeurs médianes des prévalences intra-cheptel par années ont également pu être calculées (Figure 21). Celles-ci oscillaient entre 4 et 7 % pendant l'ensemble de la période sans qu'il n'y ait de variation significative d'une année à l'autre. Cependant, l'étude de la Figure 22 semble montrer une diminution du nombre d'animaux confirmés infectés par élevage depuis l'amélioration récente de l'efficacité de la surveillance. Cette évolution favorable, permet d'espérer une diminution la pression d'infection dans les troupeaux grâce à l'adaptation de ces mesures de surveillances.

La distribution du pourcentage d'élevage infectés de tuberculose selon le nombre d'animaux ayant été confirmés infectés dans le foyer était similaire entre les élevages porcins et bovins. Dans la moitié des élevages (48 % des élevages de bovins et 54 % des élevages porcins) seulement un animal était déclaré positifs par le LNR. Ces pourcentages sont divisés par deux dès lors que deux bovins sont déclarés infectés et par quatre lorsque dans un foyer porcin trois animaux infectés ont été détectés (Figure 23).

Une thèse décrivant les élevages bovins foyers entre 2014 et 2017 soumis à un abattage sélectif, dans les principaux départements concernés par la tuberculose bovine, avait mis en évidence que dans la majorité (74 %, IC₉₅ = [57 % - 88 %]) des 75 élevages étudiés un seul animal infecté avait pu être mis en évidence (Poirier, 2017). Cette étude montrait également que dans 95 % de ces foyers (IC₉₅ = [87 % - 98 %]), moins de quatre bovins avaient été confirmés infectés de tuberculose bovine en dehors du ou des cas index (nombre inconnu dans cette étude) (Poirier, 2017). Le nombre d'animaux infectés par élevage bovin en Haute-Corse semble légèrement supérieur avec une moins grande proportion d'élevage ne comptabilisant qu'un seul animal infecté (48 %) et seulement 86 % avec moins de 5 bovins infectés (cas index compris) (Figure 23). La comparaison de ces résultats avec ceux de la Haute-Corse semble plus judicieuse car l'abattage sélectif y a été utilisé (modalité d'assainissement largement majoritaire en Haute-Corse) et la comparaison en nombre plutôt qu'en pourcentage de prévalence permet de mettre de côté les différences de taille de troupeau. Cependant, l'accès à l'abattage sélectif est règlementairement conditionné par certaines règles qui limitent l'inclusion des élevages avec un fort taux d'infection intra-cheptel. Ces règles sont appliquées plus ou moins drastiquement en fonction des départements. La très forte proportion d'élevages assainis par abattage sélectif en Haute-Corse (Figure 15) par rapport aux départements inclus dans la thèse de Poirier V. en 2017 peut laisser supposer que les règles d'accès à l'abattage sélectif y sont appliquées différemment et qu'*in fine* les résultats obtenus sont donc difficilement comparables.

d. Étude des recontaminations

Dans cette étude, 132 élevages, toutes espèces confondues, ont été déclarés infectés au moins une fois. Parmi eux, 18 % se sont recontaminés au moins une fois. Les élevages porcins semblaient plus fréquemment se recontaminer : 32 % d'entre eux s'étant recontaminés au moins une fois et 6 % deux fois sur la période d'étude. La deuxième typologie d'élevages ayant été le plus fréquemment recontaminés sur la période d'étude sont les élevages mixtes. Enfin ce sont les élevages bovins qui étaient le moins fréquemment recontaminés sur la période d'étude.

Une étude de l'ANSES en Côtes d'Or et en Dordogne, dans douze élevages bovins ayant été déclarés plusieurs fois infectés par la tuberculose bovine malgré un assainissement par abattage total, souligne que dans ces élevages la recontamination s'est probablement faite en extérieur, au pâturage lorsque les risques, notamment vis-à-vis de la faune sauvage, ne sont pas maîtrisés (Courcoul *et al.*, 2013). Les points d'eau et les zones de distribution de la nourriture (en particulier lorsque celle-ci est distribuée à même le sol) constituent des zones particulièrement à risques. Ce point est d'autant plus vrai en Haute-Corse où les pâtures ne sont pas systématiquement clôturées de façon adéquate et la rencontre entre animaux domestiques et espèces sauvages est probable voire fréquente. Cette libre circulation des animaux toutes espèces confondues représente un risque majeur de contamination et également de recontamination de ces élevages malgré l'assainissement du foyer. De plus, le manque important de biosécurité autour des élevages porcins de Haute-Corse et les contacts aisés avec les sangliers qui peuvent être attirés auprès des porcs par la nourriture distribuée et les truies en chaleur, pourrait expliquer la recontamination plus fréquente des élevages de porc constatée dans notre étude (Relun *et al.*, 2015 ; Vallet, 2023).

Cependant, le nombre de foyers bovins étudiés était légèrement supérieur au nombre d'élevages porcins et d'élevages mixtes. Cette différence de pourcentage de recontamination entre les différentes typologies d'élevages est donc à prendre avec précaution.

La modalité de gestion des foyers pourrait partiellement participer au fort taux de recontamination constaté en Haute-Corse. La Haute-Corse fait en effet partie des trois départements sur 18 ayant déclarés des foyers en 2021 et choisissant principalement l'abattage sélectif dans ses élevages foyers (pour plus de trois quart de ses foyers bovins) (Figure 15) (Forfait *et al.*, 2023). Cette modalité d'assainissement est supposée entraîner un plus fort risque de résurgence dans l'élevage. Cependant, il n'a pas été clairement montré, à ce jour, que l'abattage sélectif tel qu'il est actuellement pratiqué augmentait le risque de résurgence par rapport à l'abattage total (Poirier, 2017). De plus, la DDETSPP étant déjà fortement confrontée à la difficulté de faire accepter les mesures de prophylaxie et de police sanitaire visant à éradiquer la tuberculose bovine ; imposer un abattage total de tous les élevages déclarés infectés, semble être une mesure qui serait considérée comme inacceptable pour les éleveurs. Le parti pris de la DDETSPP de Haute-Corse a donc été d'accepter l'utilisation majoritaire de l'abattage sélectif pour gérer les élevages infectés tout en recommandant la mise en place de mesures de biosécurité plus strictes. Ces dernières se heurtent tout de même au contexte de l'élevage dans ce département où la plupart des animaux sont élevés en extérieur. Pour les élevages porcins, par exemple, la DDETSPP demande à minima l'isolement des reproducteurs dans des parcs clos à l'aide de clôtures électriques pour limiter au maximum leur contact avec la faune sauvage. La DDETSPP

souhaite provoquer une prise de conscience des acteurs de terrain (éleveurs, vétérinaires...) quant à l'importance de la tuberculose dans le département. Cette prise de conscience motiverait des changements de pratique d'élevage (biosécurité) permettant de limiter les contaminations et améliorerait la surveillance et l'acceptabilité des mesures de gestion (Havet et Havet, 2024).

Il aurait pu être intéressant d'étudier l'origine des recontaminations dans les foyers. Cependant, les données disponibles ne permettaient pas cette analyse. Les recontaminations pouvant être dues à une vraie résurgence, à une nouvelle contamination liée à du voisinage ou à un contact avec la faune sauvage. L'étude des profils VNTR des différentes souches identifiées auraient pour cette partie été très intéressantes, car elle aurait probablement fourni des éléments de réponse à cette question.

e. Étude cartographique des foyers

L'étude de la répartition cartographique des foyers révèle une concentration majoritaire des foyers dans le canton de Golo-Morosaglia (Figure 24). Cette répartition est cohérente avec la concentration des élevages bovins et porcins dans ce même canton (Figure 12 et Figure 13). La Figure 24 permet d'observer une superposition des foyers d'espèces différentes. Elle permet également de suspecter que dans cette zone avec une forte densité de foyers, il y a des transmissions multi-espèces de la tuberculose bovine.

Enfin, il n'y avait pas de différences au niveau de la localisation des foyers entre les différents types d'élevages (mixtes, bovins uniquement et porcins uniquement) (Figure 26). Cette observation est cohérente avec l'hypothèse qu'il existerait en Haute-Corse des transmissions multi-espèces de l'infection notamment dans les zones où la pression d'infection dans l'environnement est importante

Les principaux spoligotypes observés en Haute-Corse étaient le SB0840 (F001 de la famille F4), le SB0120, le SB2426 et le SB2425. La souche SB0840 était la plus fréquemment rencontrée dans les foyers de Haute-Corse. Elle était principalement observée dans le centre et l'ouest du département. La souche SB0120 était un peu moins fréquemment retrouvée et présente uniquement dans les foyers du Cap Corse (à l'exception d'un foyer porcin). Les souches SB2426 et SB2425 détectées au centre du département sont génétiquement très proches de la souche SB0840 présente dans cette même zone (Figure 27). Ces résultats sont cohérents avec ceux observés dans la littérature (I.2). Les souches présentes en Haute-Corse ne semblent pas avoir été observée dans d'autres départements français et aucune souche présente en France continentale n'a été observée en Haute-Corse. Le caractère insulaire du département permet d'expliquer cela. De plus, lors des enquêtes épidémiologiques menées par la DDETSPP, aucun lien épidémiologique avec des foyers de France continentale n'avait été déclaré (Havet et Havet, 2024). L'étude des spoligotypes permettent de confirmer ces résultats d'enquêtes épidémiologiques.

Il aurait été intéressant d'étudier les profils VNTR des souches identifiées dans le département. En effet, l'étude des profils VNTR permet de comparer l'origine géographique des souches et donc d'étudier l'épidémiologie de l'infection dans le département (I.2.c.c). Cependant, sur les 539 animaux déclarés positifs par le LNR, le profil VNTR des souches n'a

été renseignée que pour 57 d'entre eux. Ce faible nombre ne permettant pas d'être représentatif vis-à-vis des souches présentes sur l'île, l'analyse des profils VNTR des souches présentes n'a donc pas été réalisée.

Conclusion

La tuberculose à *Mycobacterium bovis* est une zoonose qui constitue encore à l'heure actuelle un enjeu majeur, à la fois économique dans les échanges avec l'Europe mais également dans la protection de la santé humaine. Malgré la lutte entreprise il y a presque soixante-dix ans contre cette affection, cette dernière n'a jamais été complètement éradiquée en France et persiste dans un petit nombre de départements. La Haute-Corse fait partie de ces départements fortement touchés par la tuberculose bovine. Toutes espèces confondues, entre 2014 et 2022, la Haute-Corse a détecté en moyenne 19 foyers de tuberculose par an. De plus, il s'agit du seul département de France métropolitaine détectant des foyers en élevage porcins mais également en 2023 dans un élevage de caprins.

Notre étude descriptive a permis de fournir des chiffres démontrant l'importance et la nécessité de la gestion de la tuberculose bovine en Haute-Corse. En effet, la prévalence intra-cheptel dans les élevages bovins, est préoccupante avec une médiane oscillant autour de 5 %. De plus, entre 2014 et 2022, 18 % des élevages (bovins, porcins et mixtes) ayant présenté une première contamination se sont recontaminés au moins une fois. Un pourcentage important, bien que sans doute sous-estimé, et qui témoigne de la difficulté à limiter la diffusion de l'infection probablement à cause des modalités d'élevages particulières à la Corse qui rendent difficile la mise en place de mesures de biosécurité efficaces. Ces données chiffrées pourront servir de support de sensibilisation afin de mobiliser les acteurs de terrain (particulièrement les vétérinaires, les éleveurs et les chasseurs) en les convaincant de l'importance de cette infection au sein du département.

Par ailleurs, l'évolution du nombre de foyers bovins détectés et du mode de détection semble témoigner de l'efficacité des évolutions des modalités de surveillance et des moyens humains et financiers déployés par la DDETSPP de Haute-Corse. En effet, jusqu'en 2020, les foyers étaient principalement détectés tardivement à l'abattoir. L'utilisation de l'IFN- γ a permis une nette augmentation du nombre de foyers détectés par prophylaxie. Les efforts au niveau de ces campagnes sont donc à maintenir. Ils devraient à terme permettre une détection plus précoce des foyers et donc la diminution de la prévalence intra-troupeau et de la pression d'infection sur le territoire.

Enfin, l'analyse cartographique de la répartition des spoligotypes a confirmé ce qui était déjà connu concernant la répartition des différentes souches dans le département. Faute de données, les profils VNTR n'ont pas pu être analysés, ils auraient pu permettre une analyse plus fine de la répartition des souches et peut être fournir des éléments de réponse quant aux origines des recontaminations constatées dans les élevages.

La lutte contre la tuberculose bovine est encore aujourd'hui un enjeu majeur pour la France nécessitant l'implication de nombreux acteurs et notamment des acteurs présents sur le terrain (éleveurs, vétérinaires et chasseurs) avec le soutien des représentants gouvernementaux. Elle doit être adaptée aux territoires touchés et aux contraintes singulières de certains départements. Cela est d'autant plus vrai en Haute-Corse, département encore très atteint, dans lequel plusieurs espèces différentes sont touchées et avec des modalités d'élevage particulièrement favorables au cycle épidémiologique de la tuberculose bovine.

Liste des références bibliographiques

- BENET, J.-J., BOSCHIROLI, M.-L., DUFOUR, B., *et al.* (2006) Lutte contre la tuberculose bovine en France de 1954 à 2004 : Analyse de la pertinence épidémiologique de l'évolution de la réglementation. *Epidémiologie et santé animale* vol. 50, n° Janvier, p. 127-143.
- BOSCHIROLI, M.L., MICHELET, L., HAUER, A., *et al.* (2015) Tuberculose bovine en France : cartographie des souches de *Mycobacterium bovis* entre 2000-2013. *Bulletin épidémiologique, Santé animale et alimentation* n° 70.
- CARBONNELLE, B., CARPENTIER, E. (1995) Diagnostic bactériologique de la tuberculose: hiérarchisation actuelle des méthodes. *La Revue de Médecine Interne* vol. 16, n° 7, p. 518-523. [[https://doi.org/10.1016/0248-8663\(96\)80747-8](https://doi.org/10.1016/0248-8663(96)80747-8)]
- CARDOSO-TOSET, F., LUQUE, I., CARRASCO, L., *et al.* (2017) Evaluation of five serologic assays for bovine tuberculosis surveillance in domestic free-range pigs from southern Spain. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 137, n° Février, p. 101-104. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.12.016>]
- COURCOUL, A., MOUTON, F., VIALARD, J. (2013) Tuberculose bovine : investigations épidémiologiques au sein de troupeaux bovins infectés à plusieurs reprises. *Bulletin épidémiologique, Santé animale et alimentation* n° 56, p. 10-13.
- COURCOUL, A., MOYEN, J.-L., BRUGÈRE, L., *et al.* (2014) Estimation of Sensitivity and Specificity of Bacteriology, Histopathology and PCR for the Confirmatory Diagnosis of Bovine Tuberculosis Using Latent Class Analysis. *PLoS ONE* vol. 9, n° 3. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090334>]
- DE LA RUA-DOMENECH, R., GOODCHILD, A.T., VORDERMEIER, H.M., *et al.* (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* vol. 81, n° 2, p. 190-210. [<https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2005.11.005>]
- DELAVENNE, C. (2021) Bilan des foyers de tuberculose bovine déclarés en France métropolitaine en 2020. In *Plateforme ESA*. [<https://www.plateforme-esa.fr/fr/bilan-des-foyers-de-tuberculose-bovine-declares-en-france-metropolitaine-en-2020>] (consulté le 11/12/2023).
- DELAVENNE, C., DESVAUX, S., BOSCHIROLI, M.-L., *et al.* (2021) Surveillance de la tuberculose due à *mycobacterium bovis* en France métropolitaine en 2018 : résultats et indicateurs de fonctionnement. *Bulletin Epidémiologique, Santé animale et alimentation* n° 94, p. 13-21.
- DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ALIMENTATION (2023) Liste des kits validés par le laboratoire national de référence pour la réalisation des analyses sérologiques de diagnostic de la tuberculose chez les suidés. In *Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire*. [<https://agriculture.gouv.fr/laboratoires-officiels-et-reconnus-en-sante-animale>]
- DOMINGO, M., VIDAL, E., MARCO, A. (2014) Pathology of bovine tuberculosis. *Research in Veterinary Science, Bovine tuberculosis* vol. 97, n° Octobre, p. S20-S29. [<https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2014.03.017>]
- DRAAF CORSE (2016) Compte rendu du Conseil Régional d'Orientation de la Politique Sanitaire Animale et Végétale (CROPSAV) Section Animale. In *DRAAF de Corse*. [<https://www.corse-du-sud.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Securite-protection-des-populations/Securite-sanitaire-et-alimentaire/Sante-et-protection-des-animaux-et-des-vegetaux/Organisation-de-la-politique-sanitaire-animale-et-vegetale/CROPSAV-du-4-mai-2016>] (consulté le 11/12/2023).

- DRAAF OCCITANIE (2021) LSA: les maladies des bovins. *In DRAAF Occitanie*. [https://draaf.occitanie.agriculture.gouv.fr/02-lsa-les-maladies-des-bovins-a5790.html] (consulté le 01/06/2023).
- DUMONT, Y., LOUNNAS, M., CARRIÈRE, C., *et al.* (2018) Tuberculose bovine : une maladie globalisée à l'interface homme-animal. *Revue Francophone des Laboratoires* vol. 2018, n° 503, p. 58-63. [https://doi.org/10.1016/S1773-035X(18)30179-5]
- EFSA PANEL ON ANIMAL HEALTH AND WELFARE (AHAW) (2012) Scientific Opinion on the use of a gamma interferon test for the diagnosis of bovine tuberculosis. *EFSA Journal* vol. 10, n° 12, p. 2975. [https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2975]
- FONTAINE, J.J., REYES GOMEZ, E. (2021) Pathologie de l'appareil respiratoire. Polycopié., 3ème édition. Maisons-Alfort, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité d'Histologie et d'Anatomie Pathologique.
- FORFAIT, C., BOSCHIROLI, M.-L., GIRARD, S., *et al.* (2023) Surveillance de la tuberculose due à *Mycobacterium bovis* en France métropolitaine pour la campagne 2020-2021 : résultats et indicateurs de fonctionnement. *Bulletin Épidémiologique, Santé animale et alimentation* vol. 100, n° 5, p. 1-30.
- GDS CORSE (2023) Tuberculose bovine. *In GDS Corse*. [https://www.gdscorse.fr/frgdsb20/actus-2-2/tuberculose-bovine-2/] (consulté le 11/12/2023).
- GTV CORSE (2023) Contrôle de la tuberculose bovine. *In GTV Corse*. [http://www.gtvcorse.fr/article-60-contrôle_de_la_tuberculose_bovine.html] (consulté le 11/12/2023).
- GUÉTIN-POIRIER, V., PRAUD, A., CROZET, G. (2023) La tuberculose animale. Polycopié. Lyon, Unités de maladies contagieuses des Ecoles Nationales Vétérinaires française.
- HADDAD, N., BOULIER, S., CASAL, J., *et al.* (2019) Saisine n°2017-SA-0121 - Dépistage de la tuberculose bovine par le test interféron. *Avis de l'Anses - Rapport d'expertise collective* n° décembre, p. 10-80.
- HARS, J., RICHOMME, C., RIVIÈRE, J., *et al.* (2013) La tuberculose bovine dans la faune sauvage en France. Risques pour l'élevage bovin. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France* vol. 166, n° 3, p. 222-228. [https://doi.org/10.4267/2042/51801]
- HAUER, A., CRUZ, K.D., COCHARD, T., *et al.* (2015) Genetic Evolution of *Mycobacterium bovis* Causing Tuberculosis in Livestock and Wildlife in France since 1978. *PLOS ONE* vol. 10, n° 2. [https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117103]
- HAVET, P., HAVET, A. (2024) Réunion de thèse, communication orale.
- INSEE (2024) Cheptel présent dans les exploitations agricoles en fin d'année 2022. *In Insee*. [https://www.insee.fr/fr/statistiques/2012795#tableau-TCRD_073_tab1_departements] (consulté le 27/05/2024).
- INSEE (2018) La filière viande en Corse : un rôle prépondérant de l'élevage - Insee Analyses Corse. *In Insee*. [https://www.insee.fr/fr/statistiques/3646287#graphique-figure1] (consulté le 27/05/2024).
- KECK, N., MOYEN, J.-L., GUENEAU, E., *et al.* (2014) Particular features of screening and diagnosis of bovine tuberculosis. *Epidémiologie et santé animale* vol. 65, n° Janvier, p. 5-19.
- LIEBANA, E., JOHNSON, L., GOUGH, J., *et al.* (2008) Pathology of naturally occurring bovine tuberculosis in England and Wales. *The Veterinary Journal* vol. 176, n° 3, p. 354-360. [https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.07.001]
- MCKENZIE, R.A., DONALD, B.A. (1979) Lymphadenitis in cattle associated with *Corynebacterium equi*: A problem in bovine tuberculosis diagnosis. *Journal of Comparative Pathology* vol. 89, n° 1, p. 31-38. [https://doi.org/10.1016/0021-9975(79)90005-7]
- MICHELET, L., DE CRUZ, K., KAROUI, C., *et al.* (2018) Second line molecular diagnosis for bovine tuberculosis to improve diagnostic schemes. *PLOS ONE* vol. 13, n° 11. [https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207614]
- MICHELET, L., DURANT, B., BOSCHIROLI, M.L. (2019) Tuberculose bovine : bilan génotypique de *M. bovis* à l'origine des foyers bovins entre 2015 et 2017 en France

- métropolitaine. *In Plateforme ESA*. [<https://www.plateforme-esa.fr/fr/trois-articles-de-bilan-sur-la-tuberculose-bovine-en-france-entre-2015-et-2017-dans-le-bulletin>] (consulté le 19/06/2024).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT (2014) Instruction technique DGAL/SDSPA/2014-541 relative aux dérogations à l'abattage total de certains troupeaux de bovins infectés de tuberculose – Critères d'éligibilité et protocole applicable. *In Bulletin Officiel - agri*. [<https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2014-541>] (consulté le 12/12/2023).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT (2013) Note de service DGAL/SDSPA/SDSSA/N2013-8123 relative à la tuberculose bovine : Dispositions techniques à mettre en oeuvre à l'abattoir en application de l'arrêté du 15 septembre 2003 modifié. *In Bulletin Officiel - agri*. [<https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-N2013-8123>] (consulté le 07/07/2023).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ÉNERGIE ET DE LA MER, CHARGÉE DES RELATIONS INTERNATIONALES SUR LE CLIMAT (2016) Arrêté du 7 décembre 2016 relatif à certaines mesures de surveillance et de lutte contre la tuberculose lors de la mise en évidence de cette maladie dans la faune sauvage. *In Légifrance*. [<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000033623870>] (consulté le 24/05/2024).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION, DE LA PÊCHE ET DES AFFAIRES RURALES (2003) Arrêté du 15 septembre 2003 fixant les mesures techniques et administratives relatives à la prophylaxie collective et à la police sanitaire de la tuberculose des bovins et des caprins. *In Légifrance*. [<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000429222>] (consulté le 23/05/2024).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE (2006) Note de service DGAL/SDSPA/N2006-8051 relative aux dérogation aux tests de dépistage brucellose et tuberculose lors de mouvements de bovins. *In Bulletin Officiel - agri*. [<https://info.agriculture.gouv.fr/boagri/instruction-N2006-8051>] (consulté le 04/07/2024).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE (2024a) Instruction technique DGAL/SDPRS/2024-333 - Dispositions applicables au réseau de laboratoires agréés pour la réalisation des analyses sérologiques de dépistage de la tuberculose chez les suidés par ELISA. *In Bulletin Officiel - agri*. [<https://info.agriculture.gouv.fr/boagri/instruction-2024-333>] (consulté le 03/07/2024).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE (2024b) Les enjeux de la lutte contre la tuberculose bovine. *In Agriculture.gouv*. [<https://agriculture.gouv.fr/les-enjeux-de-la-lutte-contre-la-tuberculose-bovine>] (consulté le 03/06/2024).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE (2023a) Instruction technique DGAL/SDSBEA/2023-52 relative à l'assainissement des troupeaux bovins infectés de tuberculose. *In Bulletin Officiel - agri*. [<https://info.agriculture.gouv.fr/boagri/instruction-2023-52>] (consulté le 10/04/2024).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE (2023b) Instruction technique DGAL/SDSBEA/2023-682 relative à la prophylaxie tuberculose : précisions sur les modalités techniques de mise en oeuvre de la campagne de surveillance de la tuberculose bovine 2023-2024. *In Bulletin Officiel - agri*. [<https://info.agriculture.gouv.fr/boagri/instruction-2023-682>] (consulté le 24/05/2024).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE (2023c) Arrêté du 3 avril 2023 modifiant l'arrêté du 6 août 2013 relatif à l'identification des animaux de l'espèce bovine. *In Légifrance*.

- [<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2023/4/3/AGRG2305847A/jo/texte>] (consulté le 05/06/2024).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE (2022) Instruction technique DGAL/SDSBEA/2022-846 relative à la prophylaxie tuberculose : précisions sur les modalités techniques de mise en oeuvre de la campagne de surveillance de la tuberculose bovine 2022-2023. *In Bulletin Officiel - agri.* [<https://info.agriculture.gouv.fr/boagri/instruction-2022-846>] (consulté le 07/07/2023).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION (2022) Instruction technique DGAL/SDSBEA/2022-199 relative aux dispositions techniques concernant le dépistage sur animaux vivants, modification des modalités d'interprétation des résultats dosage de l'interféron gamma. *In Bulletin Officiel - agri.* [<https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2022-199>] (consulté le 27/04/2023).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION (2021a) Arrêté du 8 octobre 2021 fixant les mesures techniques et administratives relatives à la prévention, la surveillance et la police sanitaire de l'infection par le complexe Mycobacterium tuberculosis des animaux des espèces bovine, caprine et porcine ainsi que des élevages de camélidés et de cervidés. *In Légifrance.* [<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000044206674/>] (consulté le 07/07/2023).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION (2021b) Instruction technique DGAL/SDSBEA/2021-792 relative la prophylaxie tuberculose : précisions sur les modalités techniques de mise en oeuvre de la campagne de surveillance de la tuberculose bovine 2021-2022. *In Bulletin Officiel - agri.* [<https://info.agriculture.gouv.fr/boagri/instruction-2021-792>] (consulté le 23/05/2024).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION (2021c) Instruction technique DGAL/SDSBEA/2021-817 relative aux modalités techniques de gestion des suspicions de tuberculose bovine et des investigations des cheptels en lien épidémiologique avec un foyer de tuberculose bovine. *In Bulletin Officiel - agri.* [<https://info.agriculture.gouv.fr/boagri/instruction-2021-817>] (consulté le 07/07/2023).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION (2021d) Instruction technique DGAL/SDSBEA/2021-797 relative à l'assainissement des troupeaux bovins infectés de tuberculose. *In Bulletin Officiel - agri.* [<https://info.agriculture.gouv.fr/boagri/instruction-2021-797>] (consulté le 07/07/2023).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION (2021e) Instruction technique DGAL/SDSBEA/2021-798 relative à la tuberculose bovine et aux dispositions techniques au dépistage sur animaux vivants, modification des modalités d'interprétation des résultats dosage de l'interféron gamma. *In Bulletin Officiel - agri.* [<https://info.agriculture.gouv.fr/boagri/instruction-2021-798>] (consulté le 12/10/2023).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION (2020) Instruction technique DGAL/SDSPA/2020-654 relative à la prophylaxie tuberculose : précisions sur les modalités techniques de mise en oeuvre de la campagne de surveillance de la tuberculose bovine 2020-2021. *In Bulletin Officiel - agri.* [<https://info.agriculture.gouv.fr/boagri/instruction-2020-654>] (consulté le 06/06/2024).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION (2018) DGAL/SDSPA/2018-598 relative aux modalités techniques et financières de mise en œuvre de la campagne de surveillance de la tuberculose bovine 2018-2019. *In Bulletin Officiel - agri.* [<https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2018-598>] (consulté le 10/05/2024).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION (2017) Note de service DGAL/SDSPA/2017-863 relative aux dérogations aux tests de dépistage brucellose et tuberculose lors de mouvements de bovins afin d'allonger la durée de validité de l'IDC dans les cheptels à risque. *In Bulletin Officiel - agri.* [<https://info.agriculture.gouv.fr/boagri/instruction-2017-863>] (consulté le 04/07/2024).

- NEILL, S.D., BRYSON, D.G., POLLOCK, J.M. (2001) Pathogenesis of tuberculosis in cattle. *Tuberculosis* vol. 81, n° 1, p. 79-86. [<https://doi.org/10.1054/tube.2000.0279>]
- OFFICE FÉDÉRAL DE LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE ET DES AFFAIRES VÉTÉRINAIRES OSAV (2014) Manuel de dépistage de la tuberculose bovine - anomalies décelables lors du contrôle des viandes. In *Animauxderente.ch*. [https://www.blv.admin.ch/dam/blv/fr/dokumente/lebensmittel-und-ernaehrung/lebensmittelsicherheit/verantwortlichkeiten/hb_rindertuberkulose.PDF.download.PDF/md_tuberculose%20bovine-lors-contrrole-des-viandes.PDF] (consulté le 18/05/2024).
- ORGANISATION MONDIALE EN CHARGE DE LA SANTÉ ANIMALE (2018) OIE Terrestrial Manual 2018 - Bovine tuberculosis. In *World Organisation for Animal Health*. [<https://www.woah.org/fr/maladie/tuberculose-bovine/>] (consulté le 24/04/2023).
- PALMER, M.V., KANIPE, C., BOGGIATTO, P.M. (2022) The Bovine Tuberculoid Granuloma. *Pathogens* vol. 11, n° 1, p. 61. [<https://doi.org/10.3390/pathogens11010061>]
- PLATEFORME ESA (2024) Bilan synthétique des actions Sylvatub : Novembre 2023. In *Plateforme ESA*. [<https://www.plateforme-esa.fr/fr/bilan-synthetique-des-actions-sylvatub-novembre-2023>] (consulté le 04/07/2024).
- POIRIER, V. (2017) Elevages foyers de tuberculose bovine ayant fait l'objet d'un assainissement par abattage partiel depuis son autorisation sur tout le territoire national en 2014 : Typologie des élevages concernés, étude de l'efficacité du dispositif. Thèse de Médecine Vétérinaire. Maisons-Alfort, Faculté de médecine de Créteil.
- POLLOCK, J.M., NEILL, S.D. (2002) Mycobacterium bovis Infection and Tuberculosis in Cattle. *The Veterinary Journal* vol. 163, n° 2, p. 115-127. [<https://doi.org/10.1053/tvjl.2001.0655>]
- 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*, 7th International Veterinary Immunology Symposium vol. 108, n° 1, p. 37-43. [<https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2005.08.012>]
- PRAUD, A., BOURÉLY, C., BOSCHIROLI, M.-L., *et al.* (2019) Assessment of the specificity of a gamma-interferon test performed with specific antigens to detect bovine tuberculosis, after non-negative results to intradermal tuberculin testing. *Veterinary Record Open* vol. 6, n° 1, p. 1-6. [<https://doi.org/10.1136/vetreco-2019-000335>]
- RELUN, A., CHARRIER, F., TRABUCCO, B., *et al.* (2015) Multivariate analysis of traditional pig management practices and their potential impact on the spread of infectious diseases in Corsica. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 121, n° 3, p. 246-256. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2015.07.004>]
- RICHOMME, C., BOSCHIROLI, M.L., HARS, J., *et al.* (2010) Bovine Tuberculosis in Livestock and Wild Boar on the Mediterranean Island, Corsica. *Journal of Wildlife Diseases* vol. 46, n° 2, p. 627-631. [<https://doi.org/10.7589/0090-3558-46.2.627>]
- RICHOMME, C., RÉVEILLAUD, E., MOYEN, J.-L., *et al.* (2020) Mycobacterium bovis Infection in Red Foxes in Four Animal Tuberculosis Endemic Areas in France. *Microorganisms* vol. 8, n° 7, p. 1070. [<https://doi.org/10.3390/microorganisms8071070>]
- RIVIÈRE, J., FEDIAEVSKY, A., HARS, J., *et al.* (2012) SYLVATUB : Dispositif national de surveillance de la tuberculose bovine dans la faune sauvage. *Bulletin Épidémiologique, Santé animale et alimentation* n° 52, p. 7-8.
- RIVIÈRE, J., LE STRAT, Y., HENDRIKX, P., *et al.* (2017) Cost-effectiveness evaluation of bovine tuberculosis surveillance in wildlife in France (Sylvatub system) using scenario trees. *PLOS ONE* vol. 12, n° 8. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183126>]
- ROCHE, M., OLAGNON, L., PAGES, A., *et al.* (2023) An Indirect ELISA for the detection of Anti-M. bovis Porcine Antibodies. Présenté à International Symposium of the World Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians, Congress Center Lyon, p. 1.
- VALLET, B. (2023) Demande n° « 2023-AST-0130 » - Avis de l'Anses relatif "aux modalités de surveillance et de lutte contre l'infection par le complexe Mycobacterium tuberculosis des cheptels caprins en Corse ». *Avis de l'Anses - Appui scientifique et technique de l'Anses* n° Septembre, p. 1-18.

- VARELLO, K., PEZZOLATO, M., MASCARINO, D., *et al.* (2008) Comparison of histologic techniques for the diagnosis of bovine tuberculosis in the framework of eradication programs. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* vol. 20, n° 2, p. 164-169. [<https://doi.org/10.1177/104063870802000204>]
- WATERS, W.R., NONNECKE, B.J., PALMER, M.V., *et al.* (2004) Use of recombinant ESAT-6:CFP-10 fusion protein for differentiation of infections of cattle by *Mycobacterium bovis* and by *M. avium* subsp. *avium* and *M. avium* subsp. *paratuberculosis*. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology* vol. 11, n° 4, p. 729-735. [<https://doi.org/10.1128/CDLI.11.4.729-735.2004>]

Annexes

Annexe 1 - Grilles de l'Anses pour l'interprétation des tests de dosages de l'INF-γ (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021e).



Les deux tests agréés pour la réalisation du dosage d'interféron gamma sont le test Bovigam® et le test ID Screen® Ruminant IFN-g (utilisation autre que pour Camargue-Landes, dilution 1/10)

	Bovigam ratio	IDVet (1/10) S/P %
PPD	0,05	8
PPD fort	0,3	45
MIX	0,03	5

L'interprétation sera réalisée comme suit :

Bovigam®

Interprétation	Ratio PPD	Ratio MIX
NEGATIF	PPD < 0,05	MIX < 0,03
POSITIF	0,05 ≤ PPD < 0,3	MIX ≥ 0,03
POSITIF FORT	PPD ≥ 0,3	Sans objet

IDVet (1/10)

Interprétation	S/P% PPD	S/P% MIX
NEGATIF	PPD < 8	MIX < 5
POSITIF	8 ≤ PPD < 45	MIX ≥ 5
POSITIF Fort	PPD ≥ 45	Sans objet

L'interprétation du résultat du test dépend désormais du contexte épidémiologique :

1/ interprétation sévère : IFN-g réalisé à l'injection ou à la lecture d'une intradermatuberculination

PPD	MIX	INTERPRETATION DU TEST
NEGATIF	Négatif	NEGATIF
POSITIF	POSITIF	POSITIF
POSITIF FORT	POSITIF	POSITIF
NEGATIF	POSITIF	POSITIF
POSITIF	Négatif	POSITIF
POSITIF FORT	Négatif	POSITIF
ININTERPRETABLE*	ININTERPRETABLE*	ININTERPRETABLE

*Si les critères de validation du PBS ne sont pas valides, les ratios PPD et EC sont rendus « ININTERPRETABLE ». Si le PWM est en dessous du seuil sur un échantillon dont l'interprétation du test est « POSITIF » sur la base des valeurs de PPD et EC, l'échantillon doit être interprété comme « POSITIF ».

En revanche, les échantillons dont l'interprétation du test est « NEGATIF » avec un PWM négatif seront rendus « ININTERPRETABLE ».

Dans le cas de résultats ininterprétables, il est impératif de répéter des prises de sang pour une nouvelle analyse IFN-g.

Voici les grilles qui devront donc être utilisées pour procéder à l'interprétation du test Bovigam® :

		Ratio PPD		
		< 0,05	≥ 0,05	≥ 0,3
Ratio Mix	< 0,03	NEGATIF	POSITIF	POSITIF
	≥ 0,03	POSITIF	POSITIF	POSITIF

Voici les grilles qui devront être utilisées pour procéder à l'interprétation du test ID Screen® Ruminant IFN-g :

		S/P%PPD		
		< 8	≥ 8	≥ 45
S/P%MIX	< 5	NEGATIF	POSITIF	POSITIF
	≥ 5	POSITIF	POSITIF	POSITIF

2/ Interprétation intermédiaire : IFN-g réalisé à la suite d'une ID non négative

PPD	MIX	INTERPRETATION DU TEST
Négatif	Négatif	NEGATIF
POSITIF	POSITIF	POSITIF
POSITIF FORT	POSITIF	POSITIF
NEGATIF	POSITIF	POSITIF
POSITIF	Négatif	NEGATIF
POSITIF FORT	Négatif	POSITIF
ININTERPRETABLE*	ININTERPRETABLE*	ININTERPRETABLE

*Si les critères de validation du PBS ne sont pas valides, les ratios PPD et EC sont rendus « ININTERPRETABLE ». Si le PWM est en dessous du seuil sur un échantillon dont l'interprétation du test est « POSITIF » sur la base des valeurs de PPD et EC, l'échantillon doit être interprété comme « POSITIF ».

En revanche, les échantillons dont l'interprétation du test est « NEGATIF » avec un PWM négatif seront rendus « ININTERPRETABLE ».

Dans le cas de résultats ininterprétables, il est impératif de répéter des prises de sang pour une nouvelle analyse IFN-g.

Voici les grilles qui devront donc être utilisées pour procéder à l'interprétation du test Bovigam® :

		Ratio PPD		
		< 0,05	≥ 0,05	≥ 0,3
Ratio Mix	< 0,03	NEGATIF	NEGATIF	POSITIF
	≥ 0,03	POSITIF	POSITIF	POSITIF

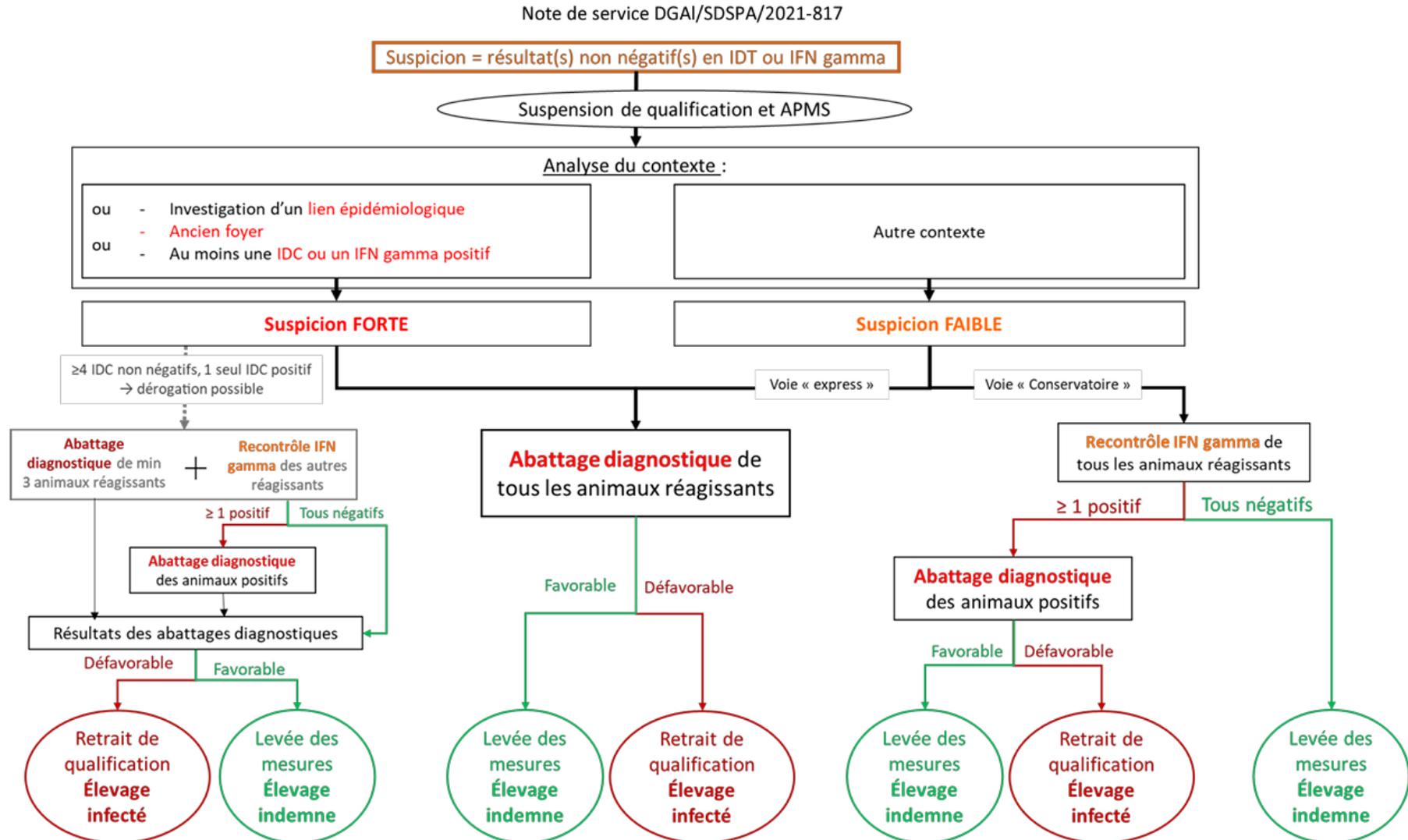
Voici les grilles qui devront être utilisées pour procéder à l'interprétation du test ID Screen® Ruminant IFN-g :

		S/P%PPD		
		< 8	≥ 8	≥ 45
S/P%MIX	< 5	NEGATIF	NEGATIF	POSITIF
	≥ 5	POSITIF	POSITIF	POSITIF

Annexe 2 - Classification des maladies bovines par la Loi Santé Animal et mesures correspondantes (DRAAF Occitanie, 2021)

Classification	Maladies	Obligations
ADE	Fièvre aphteuse Peste bovine Fièvre de la vallée du Rift Dermatose nodulaire contagieuse Péripleurite contagieuse bovine	Obligation de déclaration, de surveillance, de prévention, de certification. Ce sont les maladies à PISU (Plan d'Intervention Sanitaire d'Urgence) pour une éradication immédiate dès détection.
BDE	<i>Brucella abortus melitensis, suis</i> Complexe mycobactérium tuberculosis Rage	Obligation de déclaration, de surveillance, de prévention, de certification, d'éradication.
CDE	FCO (sérotypes 1-24) Rhino-trachéite infectieuse bovine (IBR) Diarrhée virale bovine (BVD) Leucose bovine enzootique	Obligation de déclaration, de surveillance, de prévention et de certification, mais l'éradication est facultative.
DE	Maladie hémorragique épizootique Fièvre charbonneuse Surra Campylobactériose génitale bovine Trichomonas	Obligation de déclaration, de surveillance et de certification.
E	Paratuberculose Fièvre Q	Obligation de déclaration et de surveillance.

Annexe 3 - Arbre décisionnel en cas de suspicion en élevage (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021c)



ÉTUDE DESCRIPTIVE DE LA TUBERCULOSE BOVINE EN HAUTE-CORSE ENTRE 2014 ET 2022

AUTEUR : Marine GUÉRIN

RÉSUMÉ :

La tuberculose bovine est une zoonose, d'évolution chronique, causée par les bactéries du complexe *Mycobacterium tuberculosis* et principalement par *Mycobacterium bovis*. Cette affection touche majoritairement les bovins mais de nombreuses autres espèces sont aussi réceptives. La Haute-Corse fait partie des sept départements français encore atteints par la tuberculose bovine et pour lesquels la gestion de cette affection est un enjeu majeur. De plus, il s'agit du seul département français dans lequel a été observé des foyers en élevages porcins et caprins.

Cette thèse consistait à réaliser une étude descriptive de la situation épidémiologique des élevages de Haute-Corse vis-à-vis de la tuberculose bovine entre 2014 et 2022 afin de fournir des indicateurs témoignant de l'importance de l'affection dans le département.

L'étude s'est appuyée sur l'analyse des bases de données fournies par la DDETSPP de Haute-Corse. Celles-ci recensaient l'ensemble des foyers suspects et confirmés entre 2014 et 2022 ainsi que l'ensemble des animaux abattus sur la période et les résultats des tests et observations effectués. Le nombre d'animaux identifiés par bolus électroniques entre 2019 et 2022 était également fourni.

L'étude a montré une prévalence intra-cheptel médiane oscillant autour de 5 % entre 2019 et 2022, avec 92 % des 37 élevages étudiés montrant une prévalence intra-cheptel supérieure à 1 %. De plus, le taux d'élevages bovins, porcins et mixtes se recontaminant au moins une fois sur la période était élevé (18 %). Par ailleurs, les spoligotypes détectés sont propres à la Corse, et sont identifiés chez les bovins, les porcins et la faune sauvage.

Cette thèse a montré la présence encore importante de la tuberculose bovine en Haute-Corse. Il est possible que les foyers détectés récemment (ou que des foyers non-encore identifiés) soient infectés depuis longtemps expliquant la prévalence intra-cheptel supérieure à celle attendue dans les élevages français. Cependant, avec la mise en place d'une prophylaxie s'appuyant sur le test de dosage de l'IFN- γ , le nombre de foyers découverts par an augmente. Cette évolution bien qu'encore difficile à évaluer à cause du manque de recul, serait en faveur d'une amélioration à long terme de la situation en Haute-Corse avec un dépistage plus précoce des foyers.

MOTS CLÉS :

TUBERCULOSE BOVINE, *MYCOBACTERIUM BOVIS*, BOVIN, PORCIN, FAUNE SAUVAGE, PRÉVALENCE, HAUTE-CORSE, INTERFERON GAMMA

JURY :

Président : Pr ADJOU Karim

Directrice de thèse : Dr GUÉTIN-POIRIER Valentine

Examinatrice : Dr DE PAULA REIS Alline

DESCRIPTIVE STUDY OF BOVINE TUBERCULOSIS IN HAUTE-CORSE BETWEEN 2014 AND 2022

AUTHOR: Marine GUÉRIN

SUMMARY:

Bovine tuberculosis is a chronic zoonosis caused by bacteria of the *Mycobacterium tuberculosis* complex, mainly *Mycobacterium bovis*. The disease mainly affects cattle, but many other species are also receptive. Haute-Corse is one of seven French administrative area still infected. The control of this infection is a major challenge, as it is the only French department in which outbreaks have been observed on pig and goat farms.

The aim of this work was to carry out a descriptive study of the epidemiological situation of cattle and pig farms in Haute-Corse regarding bovine tuberculosis between 2014 and 2022, to provide indicators of the extent of the infection in the area.

Databases were provided by the local state animal health services. They contained all suspected and confirmed outbreaks between 2014 and 2022, as well as animals slaughtered over the period and their diagnostic tests' results. The number of animals identified by electronic boluses between 2019 and 2022 was also provided.

The study showed a median intra-herd prevalence of around 5 % between 2019 and 2022, with 92 % of the 37 outbreaks studied having an intra-herd prevalence greater than 1 %. In addition, the rate of cattle, pig and mixed farms with at least one recontamination over the period was high (18 %). Spoligotypes detected were specific to Corsica, and have been identified in cattle, pigs and wildlife.

This work has shown that bovine tuberculosis is still very prevalent in Haute-Corse. The outbreaks recently detected have probably been infected for a long time, which explains why the intra-herd prevalence is higher than in mainland French herds. However, with the introduction of the IFN- γ test for programmed screening of cattle herds, it seems that the number of outbreaks discovered each year is increasing. Although this trend is still difficult to assess due to the lack of hindsight. It would suggest a long-term improvement in the situation in Haute-Corse, with earlier detection of outbreaks.

KEYWORDS:

BOVINE TUBERCULOSIS, *MYCOBACTERIUM BOVIS*, CATTLE, PIG, WILDLIFE, PREVALENCE, HAUTE-CORSE, GAMMA INTERFERON

JURY:

Chairperson: Pr ADJOU Karim

Thesis Director: Dr GUÉTIN-POIRIER Valentine

Reviewer: Dr DE PAULA REIS Alline