



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale
- Pas de Modification 4.0 France (CC BY-NC-ND 4.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2025 - Thèse n° 123

ETUDE RETROSPECTIVE DE LA PROPORTION DE RESULTATS NON NEGATIFS EN INTRADERMOTUBERCULINATION COMPAREE DE 2018 A 2023 DANS LE CADRE DE LA PROPHYLAXIE DE LA TUBERCULOSE BOVINE EN NOUVELLE-AQUITAINE

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 20 novembre 2025
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

THERIAS Margaux

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2025 - Thèse n° 123

ETUDE RETROSPECTIVE DE LA PROPORTION DE RESULTATS NON NEGATIFS EN INTRADERMOTUBERCULINATION DE 2018 A 2023 DANS LE CADRE DE LA PROPHYLAXIE DE LA TUBERCULOSE BOVINE EN NOUVELLE-AQUITAINE

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 20 novembre 2025
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

THERIAS Margaux

Liste des enseignants-chercheurs au 27/10/2025

NOM	Prénom	Statut
ABITBOL	Marie	Professeur
ALVES DE OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences
ARCANGIOLI	Marie-Anne	Professeur
AYRAL	Florence	Maître de conférences
BECKER	Claire	Professeur
BELLUCO	Sara	Professeur
BENAMOU - SMITH	Agnès	Maître de conférences
BERNY	Philippe	Professeur
BLONDEL	Margaux	Maître de conférences
BONNET	Jeanne-Marie	Professeur Émérite
BOURGOIN	Gilles	Maître de conférences
BRASSARD	Colline	Maître de conférences
BRUTO	Maxime	Maître de conférences
BRUYERE	Pierre	Professeur
BUFF	Samuel	Professeur
BURONFOSSE	Thierry	Professeur
CACHON	Thibaut	Maître de conférences
CADORE	Jean-Luc	Professeur Émérite
CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	Professeur
CANNON	Leah	Maître de conférences
CHABANNE	Luc	Professeur
CHALVET-MONFRAY	Karine	Professeur
CHANOIT	Guillaume	Professeur
CHETOT	Thomas	Maître de conférences
DE BOYER DES ROCHES	Alice	Professeur
DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	Professeur
DJELOUADJI	Zorée	Professeur
ESCRIOU	Catherine	Maître de conférences
GALIA	Wessam	Maître de conférences
GILLET	Benoit	Maître de conférences
GILOT	Emmanuelle	Professeur
GONTHIER	Alain	Maître de conférences
HUGONNARD	Marine	Maître de conférences
HUMBERT	Alexandre	Maître de conférences Stagiaire
JUNOT	Stéphane	Professeur
KIM	Mark	Maître de conférences Stagiaire
KODJO	Angeli	Professeur
KRAFFT	Émilie	Maître de conférences

NOM	Prénom	Statut
LAABERKI	Maria-Halima	Professeur
LE GRAND	Dominique	Professeur
LEBLOND	Agnès	Professeur
LEDOUX	Dorothée	Maître de conférences
LEFEBVRE	Sébastien	Maître de conférences
LEGROS	Vincent	Maître de conférences
LEPAGE	Olivier	Professeur
LOUZIER	Vanessa	Professeur
LURIER	Thibaut	Maître de conférences
MAGNIN	Mathieu	Maître de conférences
MARCHAL	Thierry	Professeur
MOSCA	Marion	Maître de conférences
MOUNIER	Luc	Professeur
PEROZ	Carole	Maître de conférences
PIN	Didier	Professeur
PONCE	Frédérique	Professeur
PORPHYRE	Thibaud	Professeur Stagiaire
PORSMOQUER	Charles	Maître de conférences Stagiaire
PORTIER	Karine	Professeur
POUZOT-NEVORET	Céline	Professeur
PROUILLAC	Caroline	Professeur
RACHED	Antoine	Maître de conférences
REMY	Denise	Professeur
RENE MARTELLET	Magalie	Maître de conférences
ROGER	Thierry	Professeur
SAWAYA	Serge	Maître de conférences
SCHRAMME	Michaël	Professeur
SERGEANTET	Delphine	Professeur
STORCK	Fanny	Professeur
TORTEREAU	Antonin	Maître de conférences
VICTONI	Tatiana	Maître de conférences
ZENNER	Lionel	Professeur

Remerciements au jury

À Madame la Professeure Emmanuelle GILOT-FROMONT,

Professeure en épidémiologie, biologie des populations et statistiques à Vetagro Sup – campus vétérinaire

Pour m’avoir fait l’honneur d’accepter la présidence de ce jury de thèse,

Mes sincères remerciements.

À Monsieur le Docteur Thibaut LURIER,

Maitre de conférence en pathologie du bétail à Vetagro Sup – campus vétérinaire

Pour m’avoir donné l’opportunité de réaliser cette thèse et de la mener à terme,

Mes sincères remerciements.

À Madame la Professeure Maria-Halima LAABERKI,

Professeure en pathologies infectieuses et médecine préventive à Vetagro Sup – campus vétérinaire

Pour m’avoir fait l’honneur d’accepter de devenir le second assesseur de cette thèse,

Mes sincères remerciements.



Table des matières

Liste des annexes	9
Liste des figures.....	11
Liste des tableaux.....	13
Liste des abréviations.....	15
Introduction.....	17
Partie 1 - Mise en contexte : étude bibliographique	19
I. Généralités sur la tuberculose bovine	19
a) Agents infectieux, pathogénie et transmission.....	19
i) Agents infectieux.....	19
ii) Pathogénie.....	21
iii) Transmission intraspécifique.....	23
b) Rôle de la faune sauvage dans la chaîne de contagion.....	24
c) Aspect zoonotique.....	25
II. Surveillance de la tuberculose bovine en France.....	26
a) Principe et acteurs.....	27
i) Déroulé	27
ii) Tests de dépistage disponibles.....	30
(1) L'intradermotuberculation simple	30
(2) L'intradermotuberculation comparée	30
(3) Interféron gamma.....	31
iii) Arrêté préfectoral de mise sous surveillance et portant déclaration d'infection	32
iv) Zones à prophylaxie renforcée.....	33
b) Taux d'incidence de la tuberculose bovine en France	34
i) Avant 2018.....	35
ii) Entre 2018 et 2023	36
c) Cas de la Nouvelle-Aquitaine	38
III. L'intradermotuberculation comparée	40
a) Réalisation en pratique	40
b) Sensibilité et spécificité.....	41
Partie 2 - Étude descriptive et statistique des données de nouvelle aquitaine	45
I. Objectifs et hypothèses.....	45
II. Matériels et méthodes.....	46
a) Récupération des données.....	46
b) Préparation des données	46

c)	Analyse des données	47
i)	Structure des données	47
ii)	Description des foyers	47
iii)	Description de la proportion de résultats non négatifs	48
iv)	Analyse statistique	48
III.	Résultats	49
a)	Description des données	50
i)	Par élevage	50
ii)	Par ZPR.....	51
iii)	Par vétérinaire	52
iv)	Par zone géographique.....	54
v)	Par campagne	58
b)	Description des proportions de résultats non négatifs à l'IDC parmi les bovins sains	59
i)	Par atelier	59
ii)	Par type d'atelier de production	62
iii)	Par vétérinaire	64
iv)	Par département	71
v)	Par commune	76
vi)	Par campagne	81
vii)	Par ZPR.....	82
IV.	Discussion	84
a)	Description des facteurs.....	85
b)	Description des résultats non négatifs.....	86
i)	Facteur type d'atelier	86
ii)	Contexte de réalisation des IDC	87
iii)	Facteur vétérinaire	87
iv)	Facteur département	87
c)	Perspectives	88
	Conclusion	91
	Bibliographie	93
	Annexes	99

Liste des annexes

ANNEXE 1 – CHEPTELS CLASSES A RISQUE SANITAIRE AU REGARD DE LA TUBERCULOSE BOVINE – SURVEILLANCE COMPLEMENTAIRE ... 99

Liste des figures

FIGURE 1 - SCHEMA DE LA PATHOGENICITE DE LA TUBERCULOSE BOVINE	22
FIGURE 2 - FACTEURS DE RISQUE DE CONTAMINATION ENTRE ELEVAGES EN FONCTION DU STATUT CONNU OU INCONNU DES ELEVAGES	24
FIGURE 3 - ÉVOLUTION DES MODES DE DETECTION DES FOYERS DE TUBERCULOSE BOVINE DE 1955 A 2020	28
FIGURE 4 - LOGIGRAMME DES MESURES A METTRE EN ŒUVRE LORS DE LA DECOUVERTE D'UN FOYER EN ELEVAGE OU DANS LA FAUNE SAUVAGE	34
FIGURE 5 - ÉVOLUTION DU POURCENTAGE DE PREVALENCE INSTANTANEE DES CHEPTELS INFECTES DE TUBERCULOSE BOVINE EN FRANCE, DE 1954 A 2004.....	35
FIGURE 6 - ÉVOLUTION DE LA PREVALENCE ET DE L'INCIDENCE DE LA TUBERCULOSE BOVINE DE 1995 A 2017	36
FIGURE 7 - ÉVOLUTION DE L'INCIDENCE ET DE LA PREVALENCE DE LA TUBERCULOSE BOVINE DEPUIS 1995	37
FIGURE 8 - DISTRIBUTION SPATIALE AU NIVEAU COMMUNAL DES SUSPICIONS EN ELEVAGE ET A L'ABATTOIR NON CONFIRMÉES ET DES FOYERS INCIDENTS DE TUBERCULOSE BOVINE EN FRANCE POUR L'ANNEE 2021	38
FIGURE 9 - RYTHMES DE PROPHYLAXIE DEPARTEMENTAUX ET ZONES DE PROPHYLAXIE RENFORCEE POUR LA SURVEILLANCE PROGRAMMEE DE LA TUBERCULOSE BOVINE LORS DE LA CAMPAGNE 2017-2018 (A GAUCHE), ET NIVEAUX DE SURVEILLANCE SYLVATUB ET ZONES DE SURVEILLANCE DE LA FAUNE SAUVAGE (A DROITE).	40
FIGURE 10 – REPARTITION DES ATELIERS SELON LE NOMBRE DE CAMPAGNES DE PROPHYLAXIE AUXQUELLES ILS ONT PARTICIPE. CHAQUE ELEVAGE EST COLORE EN FONCTION DU TYPE D'ATELIER.	50
FIGURE 11 - NOMBRE DE NOUVEAUX FOYERS DEPUIS LE 1ER OCTOBRE 2018 EN FONCTION DU TYPE D'ATELIER.....	51
FIGURE 12 – REPARTITION DES ATELIERS SELON LE NOMBRE DE CAMPAGNES DE PROPHYLAXIE AUXQUELLES ILS ONT PARTICIPE.....	51
FIGURE 13 - DENSITE DE LA PROPORTION DE CAMPAGNES DURANT LESQUELLES LES ATELIERS SONT EN ZPR.....	52
FIGURE 14 - HISTOGRAMME DU NOMBRE D'ATELIERS (PAR CLASSE DE 50) TESTES PAR VETERINAIRE AU COURS DES CINQ CAMPAGNES DE PROPHYLAXIE	52
FIGURE 15 - NOMBRE DE VETERINAIRES DIFFERENTS DECLARES COMME AYANT REALISE LA PROPHYLAXIE PAR ATELIER AU COURS DES CINQ CAMPAGNES DE PROPHYLAXIES.....	53
FIGURE 16 - NOMBRE DE VETERINAIRES PAR DEPARTEMENT	54
FIGURE 17 - REPARTITION DU NOMBRE DE FOYERS PAR VETERINAIRE SELON LES DEPARTEMENTS	54
FIGURE 18 – BOXPLOT DU NOMBRE D'ATELIERS PAR COMMUNE EN FONCTION DES DEPARTEMENTS	55
FIGURE 19 – BOXPLOT DU NOMBRE MOYEN D'IDC REALISE PAR CAMPAGNE ET PAR ATELIER AU COURS DES 5 CAMPAGNES ETUDIE DANS CHACUN DES ONZE DEPARTEMENTS.	55
FIGURE 20 - NOMBRE D'ATELIERS PAR DEPARTEMENT COLORE EN FONCTION DU TYPE D'ATELIER	56
FIGURE 21 - NOMBRE D'ATELIERS DONT L'APDI A ETE PRIS AU COURS DES CAMPAGNES DE 2018 A 2023 PAR DEPARTEMENT, COLORES EN FONCTION DU TYPE D'ATELIER..	56
FIGURE 22 – NOMBRE DE FOYERS PAR COMMUNE, POUR LES COMMUNES DANS LESQUELLES AU MOINS UN FOYER A ETE IDENTIFIE AU COURS DES CINQ CAMPAGNES DE PROPHYLAXIE, EN FONCTION DU DEPARTEMENT	57
FIGURE 23 - NOMBRE D'ATELIERS PAR CAMPAGNE COLORE SELON LE TYPE D'ATELIER	58
FIGURE 24 - NOMBRE D'ATELIERS DECLARES SOUS ADPI AU COURS DES CAMPAGNES DE PROPHYLAXIE DE 2018 A 2023, PAR CAMPAGNE ET COLORE SELON LE TYPE D'ATELIER.....	58
FIGURE 27 - HISTOGRAMME DU TAUX DE RESULTATS NON NEGATIFS PAR ATELIER AUTOUR DE 0,5 %	60
FIGURE 28 - NOMBRE DE BOVINS AVEC UN RESULTAT NON NEGATIF EN FONCTION DU NOMBRE DE TESTS REALISES PAR ATELIER.	61
FIGURE 29 - BOXPLOT DE LA PROPORTION DE RESULTATS NON NEGATIFS PAR ATELIER, SELON LE STATUT DE L'ATELIER (CAMPAGNE CORRESPONDANT A LA DECLARATION DE L'APDI EXCLUE).	61
FIGURE 30 - POURCENTAGE GLOBAL DE BOVINS NON NEGATIFS PARMI L'ENSEMBLE DES BOVINS TESTES PAR TYPE D'ATELIER.	62
FIGURE 31 - POURCENTAGE D'ATELIERS DANS LESQUELS IL Y A EU AU MOINS UN RESULTAT NON NEGATIF EN FONCTION DU TYPE D'ATELIER.	62
FIGURE 32 - POURCENTAGE DE BOVINS NON NEGATIFS DANS LES ATELIERS NON NEGATIFS EN FONCTION DU TYPE D'ATELIER.....	63
FIGURE 33 – ÉVOLUTION DE LA PROPORTION GLOBALE DE BOVINS NON NEGATIFS PARMI L'ENSEMBLE DES BOVINS TESTES, PAR CAMPAGNE ET COLORE EN FONCTION DU TYPE DE PRODUCTION.	63
FIGURE 34 - BOXPLOT DU POURCENTAGE GLOBAL DE BOVINS NON NEGATIFS PARMI L'ENSEMBLE DES BOVINS TESTES PAR VETERINAIRE.	65
FIGURE 35 – BOXPLOT DU POURCENTAGE D'ATELIERS DANS LESQUELS DES BOVINS NON NEGATIFS ONT ETE IDENTIFIES, PAR VETERINAIRE	65
FIGURE 36 – BOXPLOT DU POURCENTAGE DE BOVINS NON NEGATIFS AU SEIN DES CHEPTELS NON NEGATIFS, PAR VETERINAIRE.....	65
FIGURE 37 - DISTRIBUTION DU TAUX DE RESULTATS NON NEGATIFS DES VETERINAIRES AUTOUR DE 0,5 %	66

FIGURE 39 – BOXPLOT DE LA PROPORTION GLOBALE DE BOVINS NON NEGATIFS PARMI L'ENSEMBLE DES BOVINS TESTES PAR VETERINAIRE EN FONCTION DES CAMPAGNES.	67
FIGURE 40 – ÉVOLUTION DU POURCENTAGE DE BOVINS TESTES NON NEGATIFS PARMI L'ENSEMBLE DES BOVINS TESTES DE CHAQUE VETERINAIRE AU COURS DES CINQ CAMPAGNES DE PROPHYLAXIE.	68
FIGURE 41 – BOXPLOT DE LA PROPORTION DE RESULTATS NON NEGATIFS PAR VETERINAIRE EN FONCTION DES DEPARTEMENTS.	69
FIGURE 42 – NOMBRE DE BOVINS AVEC UN RESULTAT NON NEGATIF EN FONCTION DU NOMBRE DE TESTS REALISES PAR VETERINAIRE.	69
FIGURE 43 – CORRELATION ENTRE LE NOMBRE DE FOYERS ET TAUX DE RESULTATS NON NEGATIFS PAR VETERINAIRE	70
FIGURE 44 – DISTRIBUTION DE LA PROPORTION DE RESULTATS NON NEGATIFS PAR VETERINAIRE, SELON LA PRESENCE OU NON DE FOYERS DANS LA CLIENTELE.	70
FIGURE 45 – POURCENTAGE GLOBAL DE BOVINS NON NEGATIFS PARMI L'ENSEMBLE DES BOVINS TESTES DANS CHAQUE DEPARTEMENT.	72
FIGURE 46 – POURCENTAGE D'ATELIERS DANS LESQUELS DES BOVINS NON NEGATIFS ONT ETE IDENTIFIES DANS CHAQUE DEPARTEMENT	72
FIGURE 47 – POURCENTAGE DE BOVINS NON NEGATIFS DANS LES ATELIERS NON NEGATIFS, PAR DEPARTEMENT	72
FIGURE 48 – NOMBRE DE BOVINS NON NEGATIFS EN FONCTION DU NOMBRE DE BOVINS TESTES DANS CHAQUE DEPARTEMENT	73
FIGURE 49 – ÉVOLUTION DE LA PROPORTION DE BOVINS NON NEGATIFS PARMI L'ENSEMBLE DES BOVINS TESTES PAR DEPARTEMENT ET PAR CAMPAGNE DE PROPHYLAXIE.	74
FIGURE 50 – ÉVOLUTION DE LA PROPORTION D'ATELIERS NON NEGATIFS PAR DEPARTEMENT ET PAR CAMPAGNE DE PROPHYLAXIE.	74
FIGURE 51 – ÉVOLUTION DE LA PROPORTION DE RESULTATS NON NEGATIFS DANS LES ATELIERS NON NEGATIFS PAR DEPARTEMENT, AU COURS DES CAMPAGNES	75
FIGURE 52 – CORRELATION ENTRE LE NOMBRE DE FOYERS ET LE TAUX DE NON NEGATIFS PAR DEPARTEMENT	76
FIGURE 53 – DESCRIPTION DES DIFFERENTS RESULTATS OBTENUS PAR COMMUNE SUR LES CINQ CAMPAGNES, SELON LE DEPARTEMENT	77
FIGURE 54 – BOXPLOT DU POURCENTAGE GLOBAL DE BOVINS NON NEGATIFS PARMI L'ENSEMBLE DES BOVINS TESTES PAR COMMUNE.	78
FIGURE 55 – BOXPLOT DU POURCENTAGE D'ATELIERS DANS LESQUELS DES BOVINS NON NEGATIFS ONT ETE IDENTIFIES, PAR COMMUNE	78
FIGURE 56 – BOXPLOT DU POURCENTAGE DE BOVINS NON NEGATIFS AU SEIN DES CHEPTELS NON NEGATIFS, PAR COMMUNE	78
FIGURE 57 – NOMBRE DE BOVINS AVEC UN RESULTAT NON NEGATIF EN FONCTION DU NOMBRE DE TESTS REALISES PAR COMMUNE ..	79
FIGURE 58 – CORRELATION ENTRE LE NOMBRE DE FOYERS ET LE TAUX DE NON NEGATIFS PAR COMMUNE	79
FIGURE 59 – BOXPLOT DES PROPORTIONS DE BOVINS NON NEGATIFS PAR COMMUNES EN SEPARANT LES COMMUNES DANS LESQUELLES AU MOINS UN ELEVAGE A ETE MIS SOUS APDI ET CELLES QUI N'ONT PAS EU D'ELEVAGES SOUS APDI DEPUIS 2013.	80
FIGURE 60 – POURCENTAGE GLOBAL DE BOVINS NON NEGATIFS PARMI L'ENSEMBLE DES BOVINS TESTES PAR CAMPAGNE	81
FIGURE 61 – POURCENTAGE D'ATELIERS DANS LESQUELS IL Y A EU AU MOINS UN RESULTAT NON NEGATIF EN FONCTION PAR CAMPAGNE	81
FIGURE 62 – POURCENTAGE DE RESULTATS NON NEGATIFS DANS LES ATELIERS NON NEGATIFS, PAR CAMPAGNE	82
FIGURE 63 – POURCENTAGE GLOBAL DE BOVINS NON NEGATIFS PARMI L'ENSEMBLE DES BOVINS TESTES EN FONCTION DE LEUR PRESENCE EN ZPR	82
FIGURE 64 – POURCENTAGE D'ATELIERS DANS LESQUELS IL Y A EU AU MOINS UN RESULTAT NON NEGATIF EN FONCTION DE LEUR PRESENCE EN ZPR	83
FIGURE 65 – POURCENTAGE DE RESULTATS NON NEGATIFS DANS LES ATELIERS NON NEGATIFS, EN FONCTION DE LEUR PRESENCE EN ZPR	83

Liste des tableaux

TABLEAU 1 - PRINCIPALES MYCOBACTERIES ACTUELLEMENT RECONNUES.....	19
TABLEAU 2 - POUVOIR PATHOGENE DES PRINCIPAUX BACILLES TUBERCULEUX POUR LES DIFFERENTES ESPECES ANIMALES ET L'HOMME	20
TABLEAU 3 - NOMBRE ET PROPORTION DE CAS DE TUBERCULOSE À MYCOBACTERIUM BOVIS CHEZ L'HOMME	26
TABLEAU 4 - AVANTAGES ET INCONVENIENTS DU TEST DE DOSAGE DE L'IFN- γ PAR RAPPORT A L'IDC.	32
TABLEAU 5 - ÉVOLUTION DU TAUX D'INCIDENCE APPARENT DE TUBERCULOSE BOVINE DE 2017 A 2024	37
TABLEAU 6 - RYTHME DE DEPISTAGE HORS ZPR ET AGE DES BOVINS SOUMIS AU DEPISTAGE	39
TABLEAU 7 - CAUSES POTENTIELLES DE REACTIONS FAUSSEMENT POSITIVES POUR LES TESTS D'INTRADERMOTUBERCULINATION ET D'INTERFERON GAMMA.....	42
TABLEAU 8 – PERFORMANCES DES TESTS DANS DIFFERENTES SITUATIONS EPIDEMIOLOGIQUES.....	43
TABLEAU 9 - PROPORTION DE FOYERS PAR COMMUNE	57
TABLEAU 10 - DESCRIPTION DES RESULTATS NON NEGATIFS SELON LES VETERINAIRES	64

Liste des abréviations

ANSES – Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

APDI – Arrêté préfectoral portant déclaration d'infection

APMS – Arrêté préfectoral de mise sous surveillance

CNR-MyRMA - Centre National de Référence des Mycobactéries et de la Résistance des Mycobactéries aux Antituberculeux

DAP – Document d'accompagnement des prélèvements

DDPP – Direction départementale de la protection des populations

DGAL – Direction générale de l'alimentation

DRAFF – Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt

GDS – Groupement de défense sanitaire

IDC – Intradermotuberculation comparative

IFG – Interféron gamma

OVS – Organisation à vocation sanitaire

PCR – Polymerase chain reaction

Plateforme ESA – Plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale

Se – Sensibilité

SIGAL – Société d'informatique de gestion d'assistance et de logiciel

SNVEL – Syndicat national des vétérinaires d'exercice libéral

Sp – Spécificité

SRAL – Service régional de l'alimentation

UE – Union européenne

VPP – Valeur prédictive positive

ZPR – Zone de prophylaxie renforcée

INTRODUCTION

La tuberculose bovine est une maladie infectieuse qui touche principalement les bovins, mais qui peut également affecter les hommes. Cette maladie fut caractérisée par Robert Koch dans les années 1880. À cette époque, on estime en Europe qu'environ 30 % des cas de tuberculose humaine étaient dus à une infection par le bacille de la tuberculose bovine (Rodwell, 2010). Historiquement, la Nouvelle-Aquitaine a toujours été une région concentrant une grande partie des foyers de tuberculose bovine. Aujourd'hui, La France possède le statut indemne de tuberculose. Ce statut a pu être obtenu grâce à la mise en place de mesures de lutte telles que le dépistage préventif des potentiels foyers, organisés lors des campagnes de prophylaxie. L'intradermotuberculation comparée (IDC) est la méthode de référence dans la majorité des territoires de France, notamment en Nouvelle-Aquitaine. Ce test permet de qualifier les individus de positifs, négatifs, grands-douteux ou petits-douteux. Ainsi, l'ensemble des résultats non négatifs contient les résultats positifs, grands-douteux et petits-douteux. Comme tout test, il possède une sensibilité (probabilité d'observer un résultat non négatif chez un individu infecté) et une spécificité (probabilité d'observer un résultat négatif chez un individu non infecté) qui lui sont propres. Dans le cas de l'IDC, sa spécificité estimée est de 99,5 %, on s'attend donc à observer à minima 0,5 % de bovins non négatifs, y compris parmi les cheptels sains. Néanmoins, depuis quelques années, le taux de résultats non négatifs observé est en dessous du taux attendu. L'objectif de ce travail est alors de décrire le taux de résultats non négatifs en fonction de plusieurs facteurs pouvant l'influencer : les élevages, le type d'atelier, les cliniques vétérinaires, la zone géographique, la présence en zone de prophylaxie renforcée et la campagne de prophylaxie.

Ce travail s'ouvre avec une synthèse bibliographique sur la tuberculose bovine, sa surveillance en France et sur l'intradermotuberculation comparée. Il continue avec une étude descriptive des données des campagnes de prophylaxie de 2018 à 2023 en Nouvelle-Aquitaine ainsi que de la proportion de résultats non négatifs sur cette période d'étude.

PARTIE 1 - MISE EN CONTEXTE : ETUDE

BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur la tuberculose bovine

a) Agents infectieux, pathogénie et transmission

i) Agents infectieux

La tuberculose est une maladie infectieuse bactérienne commune à de nombreuses espèces vertébrées. La famille bactérienne appartient au genre *Mycobacterium*. On y retrouve des mycobactéries pathogènes, opportunistes ou saprophytes comme présentées sur le tableau 1. Les mycobactéries pathogènes sont celles à l'origine du développement de la maladie. Les mycobactéries opportunistes provoquent des infections peu ou pas contagieuses. Cliniquement, elles sont difficilement différenciables des infections à mycobactéries pathogènes, et peuvent engendrer un résultat positif lors du dépistage allergique des tuberculoses pathogènes (Guérin-Poirier *et al.*, 2025). Les mycobactéries saprophytes sont des bactéries que l'on peut retrouver dans l'environnement mais qui ne sont pas à l'origine d'une maladie.

Tableau 1 - Principales mycobactéries actuellement reconnues, source : Guérin-Poirier *et al.* (2025)

Noms d'espèce	Signification pathologique
MYCOBACTERIES PATHOGENES	
<u>Complexe <i>M. tuberculosis</i> (ou MTC)</u>	
<i>M. tuberculosis</i>	++++ Homme, autres mammifères
<i>M. bovis</i>	++++ Bovins, autres mammifères
<i>M. caprae</i>	+++ Caprins, bovins, animaux sauvages
<i>M. microti</i>	+ Micromammifères, chat, lama, chien, Homme.
<i>M. africanum</i>	++++ Homme, singe
<i>M. bovis</i> (souche BCG*)	0 Souche vaccinale modifiée
<u>Complexe <i>M. avium intracellulare</i> (ou MA.C)</u>	
<i>M. avium-intracellulare</i>	++++ Oiseaux
<i>M. hominissuis</i>	+++ Porcs, Homme
<i>M. avium paratuberculosis</i>	++++ Ruminants (Maladie de Johne)
<i>M. leprae</i>	++++ (Lèpre humaine)
<i>M. lepreum</i>	+ (Lèpre murine)
<i>M. farcinogenes</i>	+ (Farcin du bœuf)
MYCOBACTERIES OPPORTUNISTES	
<u>Complexe MAC</u>	
<i>M. avium-intracellulare</i>	± Homme
<i>M. chelonae</i> , <i>M. fortuitum</i> , <i>M. gordonae</i> , <i>M. kansasii</i> ...	±
<i>M. intracellulare</i> , <i>M. marinum</i> , <i>M. ulcerans</i> , <i>M. xenopi</i> ...	+
MYCOBACTERIES SAPROPHYTES	
<i>M. flavescens</i> , <i>M. phlei</i> , <i>M. smegmatis</i> , <i>M. vaccae</i> , Complexe <i>M. terrae</i> ...	–

Dans le cas de la tuberculose bovine, la mycobactérie pathogène retrouvée est *Mycobacterium bovis* (*M. bovis*) (tableau 2). Il peut occasionnellement y avoir des cas d'infections des bovins à *M. avium paratuberculosis*, engendrant alors une paratuberculose (Guérin-Poirier *et al.*, 2025). Bien que *M. tuberculosis* (appelé aussi bacille de Koch) soit la bactérie responsable de la tuberculose humaine (Antoine et Jarlier, 2010), on peut éventuellement retrouver des infections humaines à *M. bovis* (environ 2 % des cas humains en France) mais dont l'origine des contaminations provient de pays tiers. Cette transmission possible des bovins à l'humain justifie une surveillance particulière de la tuberculose bovine dans les cheptels français. En 1955, on estime que plus de 10 % des bovins et 25 % des cheptels bovins français étaient infectés (Bénet *et al.*, 2006). Les pertes pour la filière bovine liées à la tuberculose étaient majeures (environ 400 millions d'euros), liées aux saisies en abattoir, à la mortalité ou aux productions laitières.

Tableau 2 - Pouvoir pathogène des principaux bacilles tuberculeux pour les différentes espèces animales et l'Homme, source : Guérin-Poirier *et al.* (2025)

	<i>M. TUBERCULOSIS</i>	<i>M. BOVIS</i>	<i>M. AVIUM</i>
HOMMES	P	P	(O)
BOVINS	(O)	P	(O)
PORCS	P	P	P
OVINS, CAPRINS	(O)	P	P
CHIENS, CHATS	P	P	(O)

Pathogénie élevée : P ; occasionnelle : (O)

Par ailleurs, les bacilles tuberculeux présentent une grande résistance aux traitements antibiotiques à la fois naturelle, et à la fois liée à des mutations engendrant des mycobactéries multirésistantes (Palomino et Martin, 2014). Ainsi, les antibiotiques le plus couramment utilisés en médecine vétérinaire ou humaine ne sont pas efficaces, sauf peut-être la Streptomycine. Aujourd'hui, il existe des antibiotiques antituberculeux efficaces comme la rifampicine, l'isoniazide, l'éthambutol et le pyrazinamide. En médecine humaine, il est alors recommandé d'effectuer une antibiothérapie à l'aide de

plusieurs antibiotiques en simultané (jusqu'à 4 antibiotiques en même temps) et sur très long terme (de 6 à 24 mois) (Palomino et Martin, 2014). Malgré cela, on peut encore observer des échappements thérapeutiques. Les antibiotiques antituberculeux ont alors été strictement réservés à l'usage humain et « le traitement des animaux [tuberculeux] par antibiotiques [antituberculeux] est interdit en France et dans le reste de l'Union européenne pour des raisons de santé publique » (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2020). La prévention et le dépistage sont alors les deux principaux piliers de lutte contre la tuberculose bovine. D'un point de vue hygiénique, les mycobactéries sont sensibles à la chaleur (20 minutes à 60°C ou 20 secondes à 75°C), à la lumière, aux rayons X et UV, à l'iode et à l'alcool à 70° et 90°. Elles sont cependant résistantes au froid, à la dessiccation et peuvent persister plusieurs jours dans des produits contaminés comme le lait par exemple. Elles sont également résistantes aux acides et bases diluées et sont plus résistantes aux antiseptiques et désinfectants chimiques que les bactéries usuelles (Guérin-Poirier *et al.*, 2025).

ii) Pathogénie

Le plus souvent, l'infection reste inapparente, les symptômes arrivent tardivement et évoluent lentement car l'incubation peut prendre des mois à des années. La contamination se fait le plus souvent par voie respiratoire, occasionnellement par voie digestive (ANSES, 2021). Les bovins les plus sensibles sont les jeunes, les bovins âgés et les bovins en mauvais état général.

Au premier contact avec la bactérie, un chancre d'inoculation se forme et rapidement, une lésion apparaît au niveau de nœud lymphatique périphérique drainant la zone appelée complexe primaire dissocié, c'est la Loi « d'adénopathie satellite » de Parrot. À ce stade, la maladie peut évoluer vers une stabilisation dans la majorité des cas, ou bien vers une généralisation (Whipple *et al.*, 1996). Une guérison peut également avoir lieu, mais est peu observée en pratique (maladie inexpressive, sans lésion majeure persistante).

Dans le cas où la primo-infection se stabilise, on a disparition du chancre mais persistance du complexe primaire dissocié. Cela peut entraîner une tuberculose

chronique d'organe, très localisée, sans forcément de signe clinique associé. Une réactivation de l'infection est également possible avec multiplication des bactéries et une dissémination à tous les organes, entraînant alors une tuberculose généralisée (Guérin-Poirier *et al.*, 2025).

Dans le cas où la primo-infection se généralise, il y a multiplication puis dissémination des bactéries par les voies lymphatiques ou sanguines de manière plus ou moins rapide, provoquant des lésions disséminées à tous les organes, de stades d'évolution proches (en cas de dissémination rapide) ou bien différents (en cas de dissémination lente). La tuberculose est alors généralisée, avec apparition de signes cliniques possible (toux, perte d'état général, ...), repérable à l'abattoir (figure 1). L'évolution clinique est lente, progressive et alterne entre des phases de poussées aiguës et des phases de rémission. En fonction de la localisation des lésions tuberculeuses, l'expression clinique va être très différente ce qui donne à cette maladie un grand polymorphisme clinique (Guérin-Poirier *et al.*, 2025).

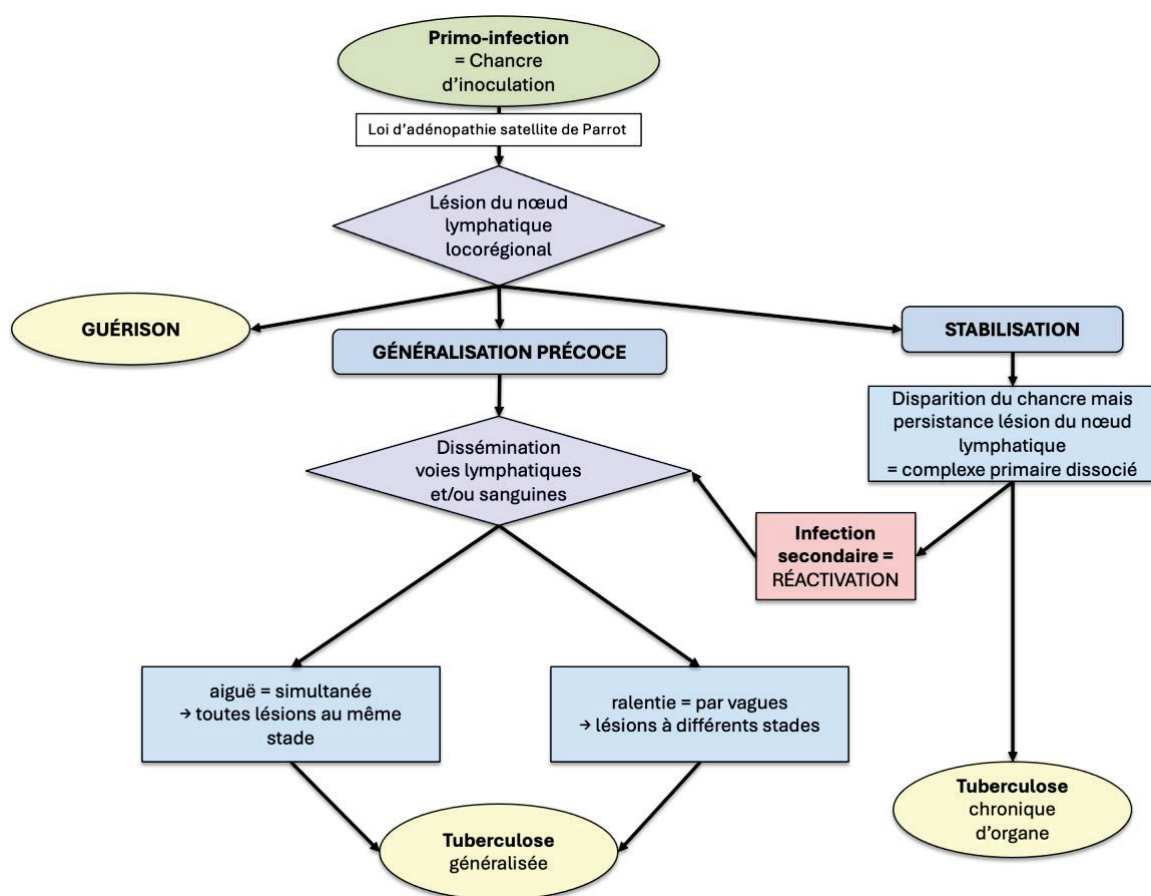


Figure 1 - Schéma de la pathogénicité de la tuberculose bovine, d'après Dubois (2002)

Majoritairement, les signes cliniques ne sont alors pas révélateurs de l'infection en cours, avec le plus souvent une hypertrophie des nœuds lymphatiques pulmonaires (dans 95 % des cas, d'après Guérin-Poirier *et al.*, 2025). Avec le temps apparaissent un amaigrissement et une diminution de l'état général. Ces cas sont alors dépistés fortuitement à l'abattoir. Cela marque l'importance de la mise en place de mesure de dépistage.

D'après Guérin-Poirier *et al.* (2025), plus la quantité de bactéries est importante et les contacts réguliers (pression pathogène), plus la maladie est d'évolution rapide et les lésions importantes. En comparaison, un contact unique avec la bactérie favoriserait des lésions bénignes et une stabilisation de la maladie.

L'immunité cellulaire est facilement contournée car les mycobactéries ont développé des mécanismes d'échappement. Mais il y a mise en place d'une hypersensibilité retardée en 15 jours à 6 mois, sur laquelle est basée le test d'intradermotuberculation. Les anticorps antituberculeux persistent quelques semaines à quelques mois (Waters *et al.*, 2006), (Johnson *et al.*, 2007). Leur présence permet de témoigner d'une infection active mais ne peut être utilisée pour le dépistage des formes chroniques.

iii) Transmission intraspécifique

La tuberculose bovine se transmet d'abord et avant tout de bovins infectés à bovins sains. On les appelle hôtes de maintien principaux. La maladie peut alors persister au sein d'un troupeau, sans qu'il n'y ait de source extérieure, et peut se transmettre à d'autres espèces réceptives avec lesquelles le troupeau est en contacts rapprochés et fréquents. Il est donc primordial de lutter contre la contamination initiale d'un élevage en limitant le risque d'une exposition (ANSES, 2013).

Les bovins contaminés peuvent infecter leurs congénères de manière précoce, durable, importante et régulière. En effet, la période la plus à risque est celle de la phase d'excrétion clinique (mise en suspension des bactéries par expectation) car les bovins excrètent alors une très grande quantité de germes dans l'environnement. Pour autant,

les bovins infectés peuvent être contagieux pendant toute l'évolution de la maladie, y compris lorsqu'ils sont cliniquement inexpressifs.

Les sources d'infection possibles sont principalement les excréments des bovins infectés : salive, jetage, expectorations, excréments et urine, lait et sperme. On peut avoir une transmission directe (contact entre bovins, allaitement) ou indirecte due à la persistance des bacilles dans l'environnement (locaux, pâturages, aliments, boissons).

Les voies de contamination possible inter-élevages sont résumées sur la figure 2.

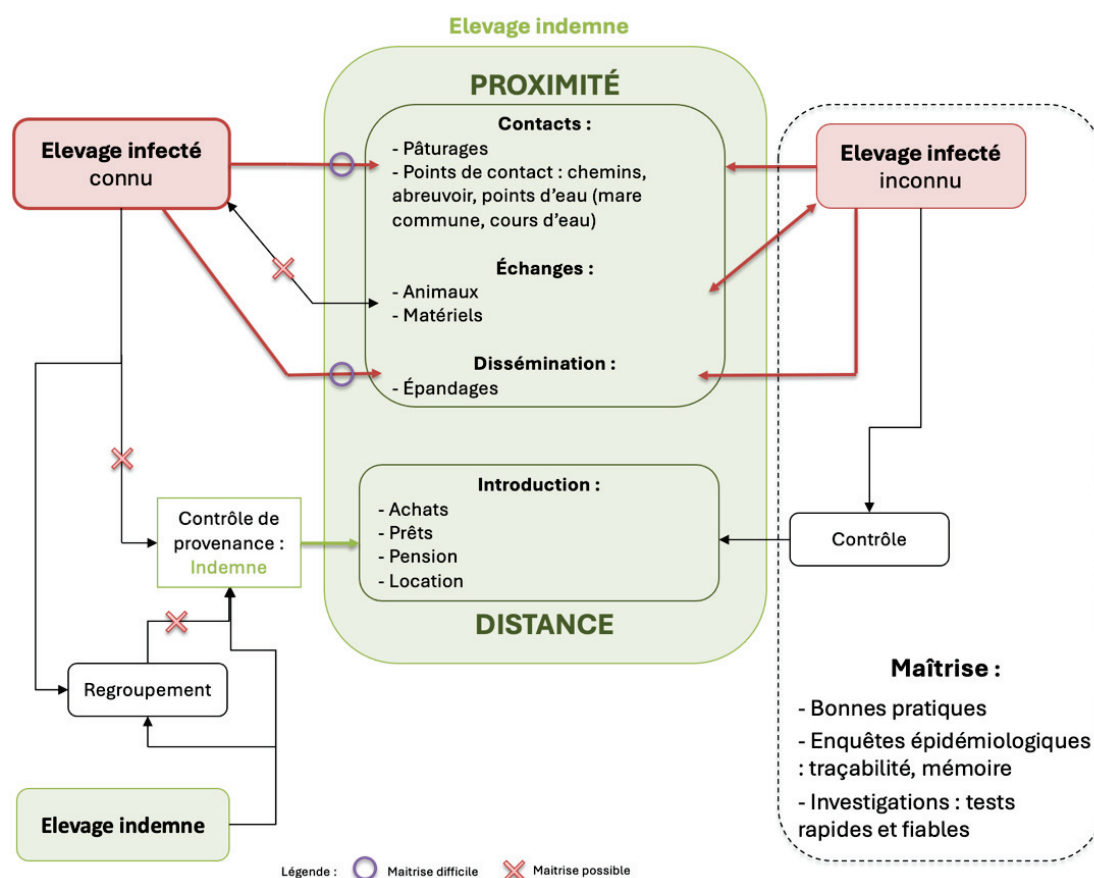


Figure 2 - Facteurs de risque de contamination entre élevages en fonction du statut connu ou inconnu des élevages, d'après : Bénet et al. (2006)

b) Rôle de la faune sauvage dans la chaîne de contagion

Comme vu précédemment, *M. bovis* n'est pas spécifique de l'espèce bovine et peut également être source de contamination d'autres espèces, particulièrement les cervidés, sangliers, blaireaux ou renards de la faune sauvage. Lors de contacts

rapprochés entre la faune sauvage et les élevages contaminés, on peut avoir contamination de la faune sauvage (principalement via les aérosols et les matières organiques contaminés). Ainsi, la bactérie peut survivre au sein de ces populations qui vont par la suite pouvoir recontaminer des bovins de cheptels sains. Ces populations sauvages sont considérées comme « hôtes de liaison, incapables de maintenir l'infection de manière pérenne sans source de contamination extérieure, mais toutefois capables de la transmettre à une autre population, domestique ou sauvage » (ANSES, 2013).

Les mesures de lutte contre la contamination de la faune sauvage et la recontamination des troupeaux par la faune sauvage ne sont pas facilement réalisables et sont basées sur de la biosécurité principalement (mise hors d'accès des points d'alimentation et d'abreuvement, évitement des zones humides et des zones de pâturage à proximité de forêts par exemple). Les espèces principalement concernées sont les blaireaux et les sangliers (ANSES, 2013).

Le réseau de surveillance de la tuberculose Sylvatub effectue une surveillance de la faune sauvage afin de limiter la contamination de ces populations, et prévenir les recontaminations des troupeaux bovins à proximité (Fediaevsky *et al.*, 2013).

c) Aspect zoonotique

Entre 1912 et 1951, avant la mise en place des mesures de lutttes contre la tuberculose bovine, la prévalence des infections humaines à *M. bovis* était de 15 % (Dufour & Benet, 2013) et environ 10 % des bovins étaient infectés. Grace à la pasteurisation du lait (mise en place en 1955), au dépistage prophylactique, à l'abattage systématique des cheptels infectés (mise en place en 1963), et la surveillance en abattoir, le taux de contamination humaine par *M. bovis* est relativement faible et stable proche de 2 % depuis 2011 (tableau 3). Dès 30 ans après la mise en place de ces mesures de lutte, une absence de cas chez les enfants de moins de 15 ans et nés en France a pu être mise en évidence (Boulaïbal *et al.*, 1998). Aujourd'hui, le nombre d'infections humaines de tuberculose causées par *M. bovis* identifiées en France est stable, bien qu'il y ait quelques cas d'enfants de moins de 15 ans et nés en France qui ont pu être mis en

évidence en 2022 (CNR MyRMA, 2023). Dans près de 80 % des cas humains à *M. bovis* détectés en 2022, les infectés provenaient de pays tiers (CNR MyRMA, 2023).

Tableau 3 - Nombre et proportion de cas de tuberculose à *Mycobacterium bovis* chez l'Homme, d'après CNR MyRMA – Rapport d'activité 2024

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Nombre total de cas <i>M. bovis</i> humain			31	37	32	45	44	29	27	29
Nombre de cas <i>M. bovis</i> *humain	10	16	19	26	23	33	34	24	23	25
Nombre de tuberculose à culture+*	1119	1179	1131	1241	1487	1354	1408	1101	1261	1163
Pourcentage de <i>M. bovis</i> * humain	0,9	1,4	1,7	2,1	1,6	2,4	2,4	2,2	1,8	2,1

* Laboratoires poursuivant systématiquement l'identification jusqu'à l'espèce

D'après Vayr *et al.* (2018), on peut distinguer trois catégories de personnes à risque de contamination par *M. bovis*. Les personnes de haut risque (en contact direct avec le bétail en espace clôt) : travailleurs en abattoir, vétérinaires pratiquants des autopsies sur le bétail, les éleveurs et les laitiers. Les personnes de moyen risque (en contact direct avec le bétail en espace ouvert) : conducteur de machines agricoles, personnel agricole présent sur l'exploitation, techniciens de maintenance et membres de la famille vivants sur l'exploitation. Les personnes de faible risque (pas en contact direct avec le bétail) : employés administratifs et les personnes impliquées dans les activités commerciales de l'exploitation.

À la fois le risque zoonotique, la difficulté de gestion des chaînes de contagion, l'absence de traitement possible et l'impact économique lié à la tuberculose bovine justifient une surveillance de la maladie en France, afin de préserver son statut indemne.

II. Surveillance de la tuberculose bovine en France

Depuis la décision de la commission européenne du 27 décembre 2000, la France est reconnue « officiellement indemne » de tuberculose bovine. Pour l'obtention de ce statut, la prévalence annuelle de troupeaux infectés doit être inférieure à 0,1 % pendant trois ans (Union Européenne, 2019). Pour atteindre et maintenir ce statut, un système de

surveillance a été mis en place dans les années cinquante afin de détecter les foyers de tuberculose et d'éradiquer l'infection à l'échelle nationale. Un troupeau est considéré comme infecté dès lors qu'un animal est identifié comme infecté. Les critères pour confirmer l'infection d'un bovin sont multiples :

- Isolement de *M. bovis* ou *M. tuberculosis* (PCR ou bactériologie),
- Ou présence de signes cliniques avec un test d'intradermotuberculation simple ou comparée positif,
- Ou présence d'un test d'intradermotuberculation comparée positif confirmé par une histologie positive,
- Ou présence de lésions histologiques avec confirmation PCR positive,
- Ou présence d'un test d'intradermotuberculation simple ou comparée et/ou dosage de l'interféron gamma positif avec confirmation PCR positive.

Un troupeau est considéré comme suspect dès lors qu'un animal est identifié comme suspect : résultat aux tests de prophylaxie non négatif ou présence de lésions évocatrices de tuberculose à l'abattoir.

a) Principe et acteurs

i) Déroulé

La surveillance de la tuberculose bovine en France est basée sur plusieurs axes : la surveillance en abattoir, le dépistage programmé en élevage, les enquêtes épidémiologiques et le contrôle à l'introduction (figure 3).

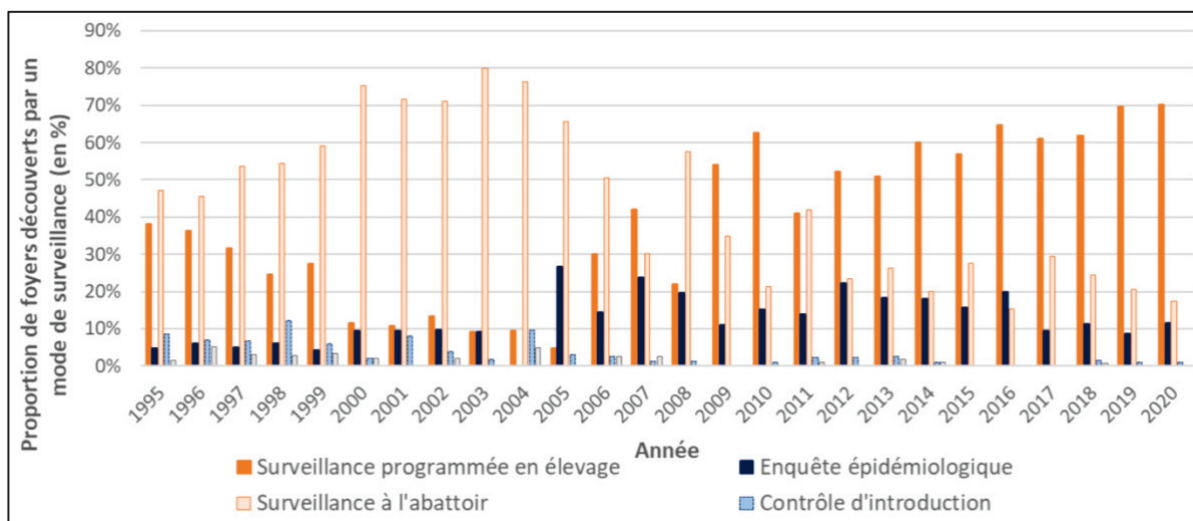


Figure 3 - Évolution des modes de détection des foyers de tuberculose bovine de 1955 à 2020, source : Boschioli (2021)

Lors de l'abattage, une inspection systématique des carcasses est effectuée à l'abattoir pour écarter les viandes impropres à la consommation. Lors de cette inspection, les sites privilégiés de la tuberculose sont regardés : les poumons et les nœuds lymphatiques rétropharyngiens, trachéo-bronchiques et médiastinaux (Cavalerie *et al.*, 2014). Des incisions systématiques de ces organes sont réalisées et en cas de suspicion de lésions évocatrices de tuberculose, des prélèvements sont envoyés à un laboratoire agréé pour une recherche de mycobactéries par PCR et culture bactériologique, ainsi qu'une analyse histologie des tissus lésionnels (Arrêté du 8 octobre 2021, art. 8).

La surveillance programmée en élevage consiste à un dépistage régulier à un rythme variant d'annuel à quinquennal. Ce dépistage est réalisé à l'aide de tests d'intradermotuberculation ou de dosage de l'interféron gamma. Les modalités de réalisation de ces tests et leur fréquence dépendent du risque évalué des élevages pouvant être foyers de tuberculose. Des campagnes de prophylaxie sont alors organisées lors desquelles, le vétérinaire sanitaire de l'élevage procède au test individuel sur chaque bovin âgé de plus de vingt-quatre mois. L'âge minimum du bovin à tester peut varier localement (en Dordogne, il est historiquement à dix-huit mois). Lorsque le cheptel est évalué à risque épidémiologique avec un foyer, l'âge minimum pour le test est de douze mois (DGAL, 2024).

Des enquêtes épidémiologiques sont réalisées lorsqu'un cas est détecté dans un élevage. Les objectifs de cette enquête sont de « déterminer la source et les conditions dans lesquelles l'infection tuberculeuse s'est propagée à l'élevage infecté et d'identifier les élevages suspects ou susceptibles d'avoir été infectés à partir du troupeau infecté » (Arrêté du 8 octobre 2021, art. 20). Ces enquêtes permettent de détecter de nouveaux foyers en examinant tous les contacts et possibles liens de contamination entre l'élevage contaminé et les autres élevages (enquête de terrain et consultation des documents d'élevage). À la suite de ces enquêtes, des dépistages sont organisés dans les élevages suspectés (DGAL, 2017).

La surveillance à l'introduction correspond à la réalisation d'un test de dépistage afin de déterminer le statut de l'animal en question. Cette surveillance est réalisée dans un cadre sanitaire particulier : lorsque le bovin provient d'une exploitation classée à risque pour la tuberculose ou lorsque l'exploitation d'origine présente un taux de rotation supérieur à 40 % et qu'il appartient à un département dont la prévalence de la tuberculose cumulée sur cinq ans est supérieure à la moyenne nationale (DGAL, 2017b). Tous les bovins de plus de six semaines répondant à l'un de ces critères sont concernés par le dépistage. Il correspond à la réalisation d'un test d'intradermotuberculation simple ou comparée 30 jours avant l'introduction du bovin dans l'exploitation de destination. Ces mesures ne concernent pas toutes les exploitations. Sont exclues les exploitations qui ont été classées à risque suite à une visite sanitaire ou suite à la découverte d'un lien épidémiologique après introduction d'un nouveau bovin, avec une enquête épidémiologique favorable. Les bovins destinés à l'engraissement en mouvement vers un atelier d'engraissement ou les bovins en déplacement direct vers un abattoir en vue d'être abattus ne sont pas concernés par ces mesures. Occasionnellement, un double dépistage peut avoir lieu car le statut « à risque » n'est pas connu des autres exploitations. Tout test de dépistage de la tuberculose à une durée reconnue de quatre mois (DGAL, 2017b).

Tous les élevages sont concernés par la surveillance en abattoir et à l'introduction. Seuls les élevages qui sont en zone de prophylaxie renforcée (ZPR) ou bien les cheptels considérés à risque sont concernés par le dépistage systématique lors des campagnes de prophylaxie. D'après Crozet (2020), « en 2020, 60 départements français ont alors

cessé tout dépistage, dix avaient adopté un rythme quadriennal, cinq triennal, sept biennal et quatre annuel ». Les détails des recommandations à suivre dans le cas des troupeaux à risque se trouvent en annexe 1.

ii) Tests de dépistage disponibles

Il existe trois types de tests de dépistage de la tuberculose bovine utilisés en prophylaxie en France : l'intradermotuberculation simple (IDS), l'intradermotuberculation comparée (IDC) et le dosage de l'interféron gamma (IFN- γ).

(1) L'intradermotuberculation simple

L'intradermotuberculation simple consiste en une injection intradermique de tuberculine bovine (protéine purifiée de *M. bovis*) au niveau de l'encolure du bovin. Son pli de peau au site d'injection est alors mesuré à l'aide d'un cutimètre le jour de l'injection puis 72h après l'injection. Par réaction allergique, un gonflement local intradermique va pouvoir être observé. La différence entre les deux mesures d'épaisseur de peau va permettre d'identifier une réaction allergique et donc, une probable infection. Si la différence d'épaisseur est inférieure à deux millimètres, le résultat est négatif. Entre deux et quatre millimètres, le résultat est considéré comme douteux. Au-delà de quatre millimètres d'épaisseur de différence, le résultat est positif.

(2) L'intradermotuberculation comparée

L'intradermotuberculation comparée est semblable à l'IDS dans sa réalisation. Elle consiste en une injection intradermique de tuberculine bovine et de tuberculine aviaire (protéine purifiée d'une mycobactérie de l'espèce *avium*) au niveau de l'encolure du bovin le même jour. Le pli de peau est mesuré le jour des injections puis 72h après. Un pli de peau au niveau de l'injection de tuberculine bovine inférieur à deux millimètres est toujours considéré comme un résultat négatif. Autrement, c'est la différence d'épaisseur de la peau au niveau de l'injection de tuberculine bovine par rapport à celle de tuberculine aviaire qui est observée. Si la différence entre le site de la tuberculine

bovine et aviaire est inférieure à un millimètre, alors le résultat est négatif. Si la différence est comprise entre un et quatre millimètres, alors le résultat est douteux. On distinguera le cas où seul le site d'injection à la tuberculine bovine a réagi (épaisseur comprise entre deux et quatre millimètres) qu'on appellera petit douteux, du cas où les deux sites d'injections réagissent (épaisseurs des deux sites supérieures à quatre millimètres), qu'on appellera grand douteux. En revanche, si la différence d'épaisseur de peau entre les deux sites est supérieure à quatre millimètres, le résultat est positif.

Le fait de comparer avec la tuberculine aviaire, qui n'est pas responsable de la tuberculose bovine, permet d'identifier les bovins qui pourraient réagir de manière excessive lors de la stimulation à la tuberculine bovine à cause d'une réaction croisée liée à une autre mycobactérie (en particulier pour celles du genre *avium*), et donc d'écarter de potentiels résultats faux positifs. Cela fait de L'IDC un test plus spécifique mais moins sensible que l'IDS.

(3) Interféron gamma

L'interféron gamma (IFN- γ) est une molécule produite par les cellules sanguines de l'immunité cellulaire (en particulier les lymphocytes T). Lorsqu'un bovin a été préalablement sensibilisé à un antigène (ici infecté par *M. bovis*), ses cellules produiront *in vitro* plus d'IFN- γ une fois exposées à cet antigène que celles d'un individu non sensibilisé. Le succès de ce test nécessite cependant que les lymphocytes soient encore capables de répondre à une stimulation au moment de sa réalisation en laboratoire. En pratique, un vétérinaire se rend en élevage et réalise des prises de sang. Ces échantillons sont alors remontés à un laboratoire dans les 8h après leur prélèvement pour faire la mise en contact avec la tuberculine et le dosage de l'IFN- γ .

Ce test est particulièrement utilisé en Camargue et en Corse, lors de recontrôle de bovins suspects à l'IDC ou en association avec l'intradermotuberculation pour les procédures d'assainissements (Arrêté du 25 juillet 2022, annexe). Les avantages et inconvénients de l'IFN- γ par rapport à l'IDC sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 - Avantages et inconvénients du test de dosage de l'IFN- γ par rapport à l'IDC, source : Haddad et al. (2025)

Avantages	- Un seul déplacement du vétérinaire - Réponse légèrement plus rapide que IDC - Pas de délai entre deux opérations de dépistage (6 semaines dans le cas de l'IDC) - Lecture objective (test ELISA) - Sensibilité > IDC - Spécificité $\approx$ IDC
Inconvénients	- Coût unitaire = 50-60 € (IDC = 7,50-10 €, mais y ajouter le coût du 2^{ème} déplacement du vétérinaire) - Délai acheminement du sang au laboratoire < 8h avec maintien à 20°C

Les résultats des dépistages prophylactiques de la tuberculose bovine sont remontés à la Direction départementale de la protection des populations (DDPP) ou à l'organisme à vocation sanitaire (OVS, GDS) en fonction du département. Ils s'occupent alors de veiller à la bonne réalisation du dépistage ainsi qu'à faire remonter les suspicions de cas positifs.

iii) Arrêté préfectoral de mise sous surveillance et portant déclaration d'infection

Lors de l'apparition d'un résultat de dépistage par IDC non négatif, l'élevage en question est alors placé sous arrêté préfectoral de mise sous surveillance (APMS). Sauf dérogation pour réaliser un recontrôle à l'IDC ou à l'IFN- γ , un abattage diagnostique est réalisé afin de confirmer l'infection. Si l'infection n'est pas confirmée, le cas est qualifié de faux-positif, l'élevage conserve son statut indemne de tuberculose et l'arrêté préfectoral de mise sous surveillance (APMS) est levé. Dans le cas contraire, l'APMS se transforme en arrêté préfectoral portant déclaration d'infection (APDI) et des mesures d'assainissement sont mises en place : abattage total du troupeau suivi d'une désinfection totale des locaux et d'un vide sanitaire. En parallèle, une enquête épidémiologique est menée afin de chercher une source de contamination et de potentielles contaminations d'autres troupeaux (Guérin-Poirier *et al.*, 2025). Depuis 2014, un abattage partiel du cheptel est possible selon certaines conditions exposées dans l'instruction technique DGAL/SDSBEA/2023-52.

iv) Zones à prophylaxie renforcée

Les zones à prophylaxie renforcées (ZPR) sont des zones classées « à risque » pour la contagion d'élevages. La fréquence du dépistage prophylactique y est augmentée et se produit annuellement durant une période donnée de trois à cinq ans. Il y a deux types de ZPR : les ZPR de prospection et les ZPR historiques.

Les ZPR historiques sont des zones géographiques établies autour de foyers répétés de tuberculose bovine due à la même souche. Elles sont définies par la Direction générale de l'alimentation (2024) comme les « communes incluses dans un rayon de 10 km autour des parcelles pâturées des foyers de tuberculose bovine découverts depuis moins de 5 ans ». Et les « communes incluses dans un rayon de 10 km autour des lieux de capture ou terriers des blaireaux déclarés infectés de tuberculose bovine depuis moins de 5 ans ».

Les ZPR sont dessinées par les épidémiologistes des services régionaux de l'alimentation (SRAL) puis validées par un référent national. D'après Crozet *et al.* (2021), « En 2020, 23 départements présentaient au moins une ZPR dont 10 en arrêt des dépistages à l'échelle départementale ». La figure 4 résume les mesures à mettre en place en cas de détection d'un nouveau foyer.

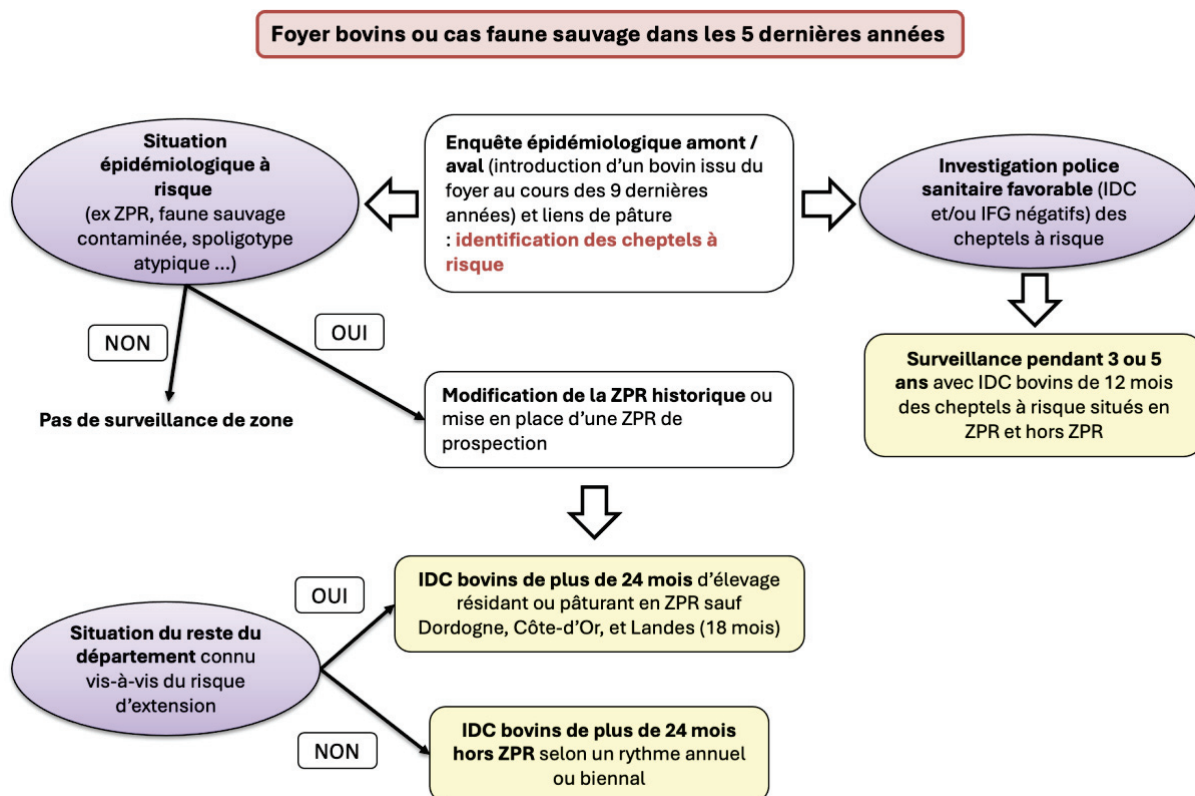


Figure 4 - Logigramme des mesures à mettre en œuvre lors de la découverte d'un foyer en élevage ou dans la faune sauvage, d'après DGAL (2024)

b) Taux d'incidence de la tuberculose bovine en France

Malgré son statut officiellement indemne de tuberculose bovine conservé depuis 2001, quelques foyers persistent dans certaines régions. C'est le cas en Nouvelle-Aquitaine par exemple (ANSES, 2013). D'après Delavenne *et al.* (2021), « *pour conserver son statut indemne, un pays membre doit démontrer sa capacité à détecter les foyers bovins en vue d'appliquer les mesures de police sanitaire et présenter un taux de prévalence annuel (i.e. proportion annuelle de cas dans la population) national inférieur à 0,10 %* ».

Comme vu précédemment, la tuberculose bovine a, à la fois une importance de santé publique (caractère zoonotique et difficultés de guérison), mais aussi et majoritairement économique avec d'importantes pertes sur la filière bovine. Maintenir le statut officiellement indemne est alors un enjeu majeur car il « conditionne les modalités d'échanges intra UE, d'importation et d'exportation de bovins et de produits issus de bovins » (Delavenne *et al.*, 2021).

i) Avant 2018

À partir de la mise en place des mesures de lutte et de surveillance de la tuberculose bovine, la prévalence a diminué de manière exponentielle de 1954 à 2004 (figure 5). Au cours de cette période, des modifications ont lieu autour des méthodes de détection : passage de l'IDS à l'IDC, modifications de concentration de la tuberculine utilisée, puis modification de la tuberculine elle-même (passage de la tuberculine concentrée à chaud sur milieu synthétique, dite C.C.M.S., à la tuberculine purifiée). D'autres modifications d'ordre réglementaire afin d'orienter la lutte ont lieu entre 1990 et 2003 : « depuis l'époque initiale où l'action première était celle du pathologiste (lutte contre l'infection), pour devenir ensuite celle de l'hygiéniste qui préserve le statut indemne » (Benet *et al.*, 2006). On a également la mise en place d'une surveillance épidémiologique. Toutes ces modifications de mesures de lutte ont eu un impact sur la prévalence observée.

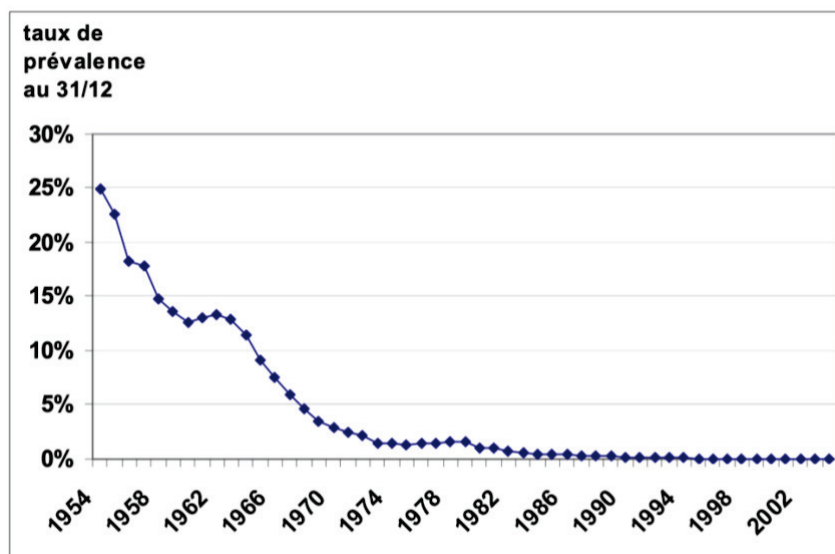


Figure 5 - Évolution du pourcentage de prévalence instantanée des cheptels infectés de tuberculose bovine en France, de 1954 à 2004, d'après Benet *et al.* (2006)

Entre 2004 et 2012, on a une légère hausse de la prévalence de la tuberculose puis sa stabilisation autour de 0,05 % en 2017 (figure 6). Cette hausse est suspectée être en lien avec la contamination à l'échelle locale de la faune sauvage (sangliers, blaireaux et

cerfs) qui entretiendrait les foyers de tuberculose bovine en recontaminant les cheptels assainis (Hars *et al.*, 2010).

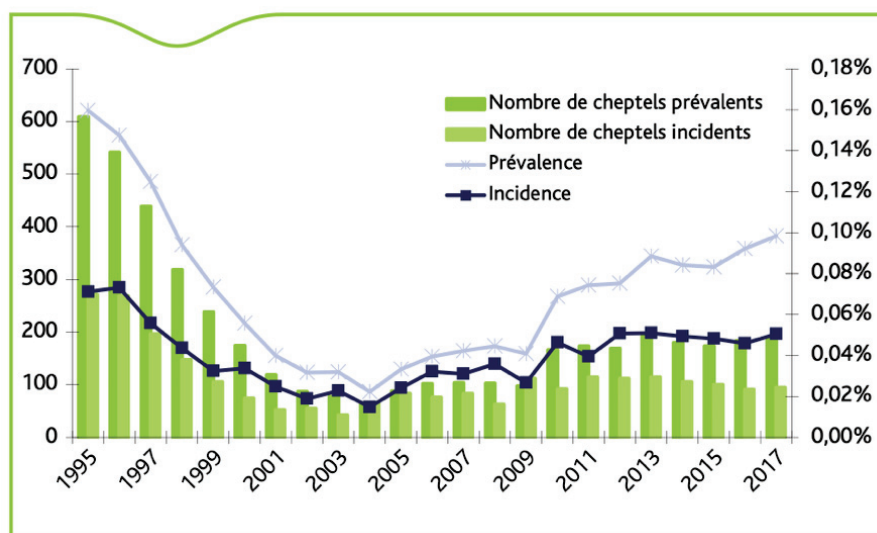


Figure 6 - Évolution de la prévalence et de l'incidence de la tuberculose bovine de 1995 à 2017, d'après Delavenne *et al.* (2021)

ii) Entre 2018 et 2023

À partir de la campagne de prophylaxie de 2017-2018, l'IDC devient la méthode de dépistage la plus utilisée (Forfait *et al.*, 2023a) puis les campagnes de prophylaxie se fondent sur les ZPR à partir de 2020 (DGAL, 2020). À partir de 2018, la prévalence observée a dépassé les 0,10 %. Le maintien du statut indemne a été possible car prévalence et incidence se sont décorrélées à partir de 2009 (tableau 5 et figure 7). La mise en place progressive de l'abattage sélectif sur le territoire à partir de 2014 a également retardé la requalification des élevages foyers (Réveillaux *et al.*, 2021). La hausse observée autour de 2018 est à mettre en lien avec le renforcement des mesures de lutte, localement, afin d'éradiquer les derniers foyers persistants : « l'apparente détérioration progressive de la situation sanitaire de certaines zones d'enzootie, en particulier dans le Sud-Ouest de la France, a encouragé la mise en œuvre de mesures renforçant la surveillance » (Delavenne *et al.*, 2021). Les foyers persistants se localisent principalement dans des zones d'enzootie comme en Nouvelle-Aquitaine, Côte-d'Or, Corse, Normandie et Occitanie (Forfait *et al.*, 2023b), comme on peut voir sur la figure 8.

Tableau 5 - Évolution du taux d'incidence apparent de tuberculose bovine de 2017 à 2024, source : ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire.

Année	nombre de cheptels	nombre de foyer	taux d'incidence
2017	192 547	95	0,05%
2018	185 637	123	0,07%
2019	165 883	92	0,07%
2023	159 100	104	0,07%
2021	154 437	99	0,06%
2022	151 336	104	0,07%
2023	147 000	92	0,06%
2024	141 000	81	0,06%

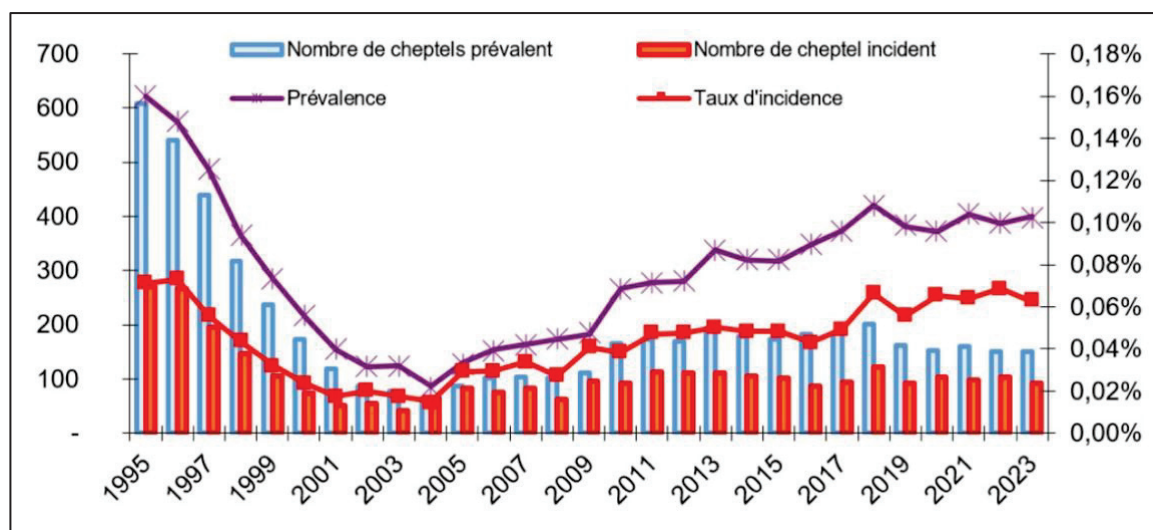


Figure 7 - Évolution de l'incidence et de la prévalence de la tuberculose bovine depuis 1995, source : ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire

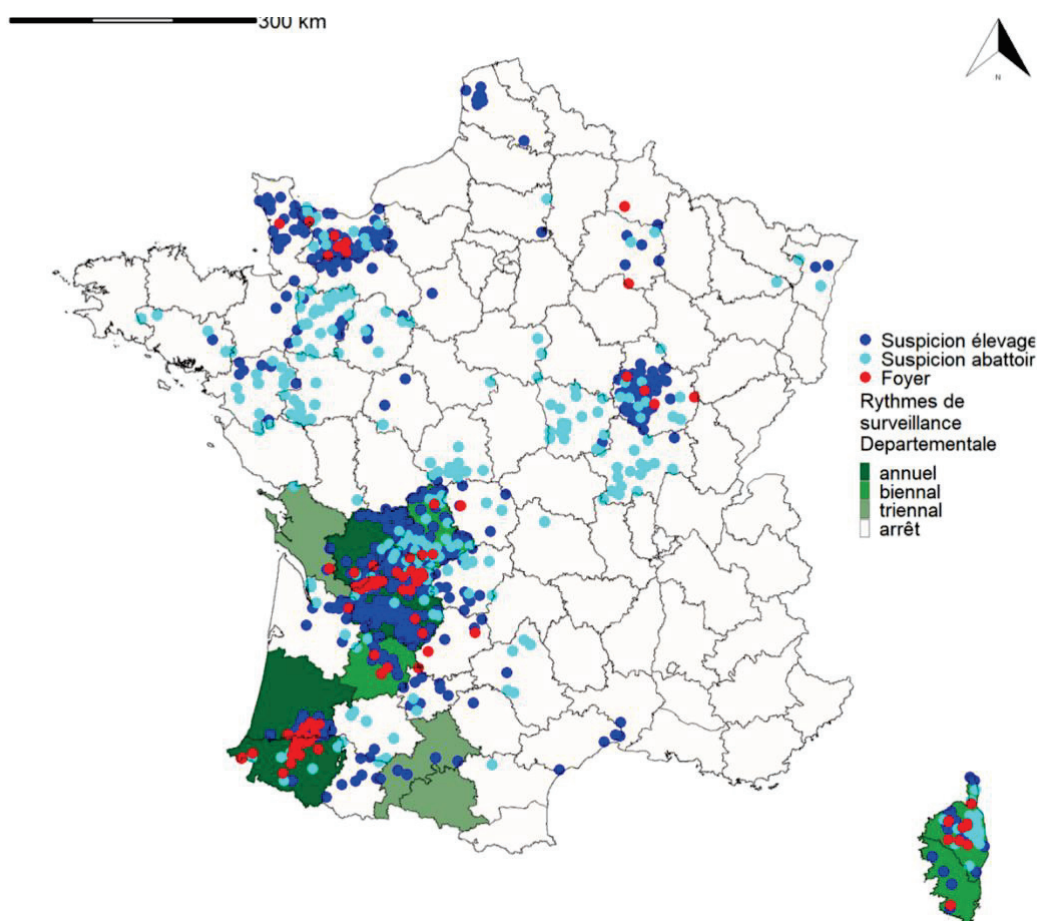


Figure 8 - Distribution spatiale au niveau communal des suspicions en élevage et à l'abattoir non confirmées et des foyers incidents de tuberculose bovine en France pour l'année 2021, source : Forfait et al. (2023b)

c) Cas de la Nouvelle-Aquitaine

La Nouvelle-Aquitaine est une région enzootique de tuberculose bovine. En 2018, 80 % des foyers français de tuberculose bovine se trouvaient en Nouvelle-Aquitaine (soit 98 foyers). Cependant, l'« évolution dans le temps [des indicateurs de prévalence] ne permet pas, sans analyse complémentaire, de distinguer si les changements observés en 2018 reflètent l'évolution de l'incidence réelle et donc la propagation de la maladie, ou le renforcement des efforts de surveillance particulièrement intenses dans cette région de France, ou une combinaison des deux » (Réveillaud *et al.*, 2021).

D'autres facteurs explicatifs seraient en lien avec la contamination de la faune sauvage, limitant l'assainissement de la région.

Les dépistages systématiques sont donc maintenus, même hors ZPR (DGAL, 2020) à des âges variables en fonction des départements (tableau 6). En Dordogne et dans les Landes, celui-ci est abaissé à 18 mois historiquement car ces départements ont un taux d'incidence et un nombre de foyers plus importants (DGAL, 2024b). Certaines communes de Nouvelle-Aquitaine possédant un nombre important de foyers ou bien une incidence importante ont un âge de dépistage abaissé à 12 mois selon les recommandations de l'ANSES (DGAL, 2024b). Les rythmes de prophylaxie en dehors des ZPR sont déterminés par les taux départementaux de prévalence annuelle au cours des six dernières années (Réveillaud *et al.*, 2021).

Tableau 6 - Rythme de dépistage hors ZPR et âge des bovins soumis au dépistage, selon DGAL (2024b)

Région	département	Rythme de dépistage des autres cheptels du département ne pâturent pas en ZPR	Age de dépistage des bovins du département
Nouvelle-Aquitaine	Dordogne	biennal	18 mois
	Landes	biennal	18 mois
	Pyrénées-Atlantiques	annuel	24 mois
	Charente	biennal	24 mois
	Lot-et-Garonne	aucun	24 mois
	Haute-Vienne	biennal	24 mois
	Corrèze	aucun	24 mois
	Gironde	aucun	24 mois
	Charente-Maritime	aucun	24 mois

Lors de la campagne de prophylaxie de 2017-2018, les foyers étaient principalement présents en Charente (16), Dordogne (24), Lot-et-Garonne (47) et Pyrénées-Atlantiques (64) (figure 9). On peut également voir l'organisation de la surveillance de la faune sauvage en rapport avec la situation en Nouvelle-Aquitaine. Le niveau un correspond à une absence de risque dans la faune sauvage. Le niveau deux correspond à un risque de transmission de la tuberculose dans la faune sauvage par les bovins. Et le niveau trois correspond à une infection de la faune sauvage confirmée.

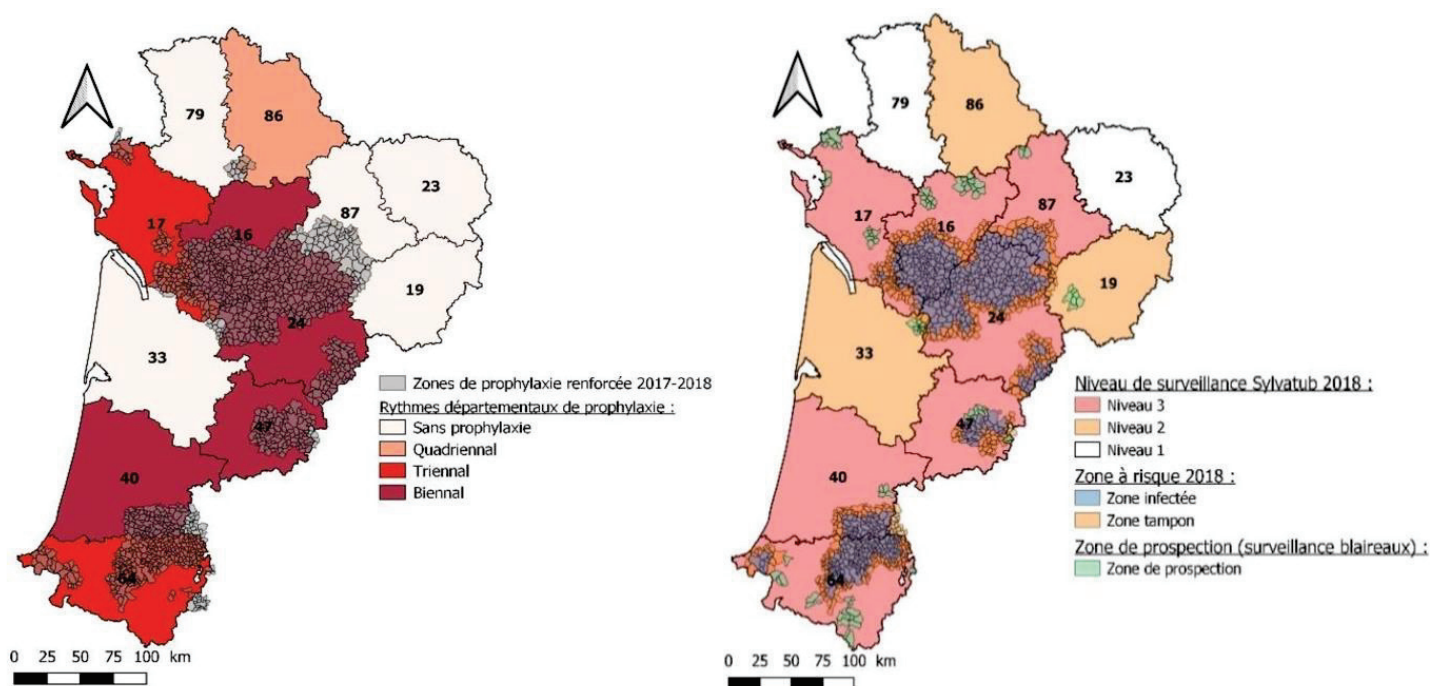


Figure 9 - Rythmes de prophylaxie départementaux et zones de prophylaxie renforcée pour la surveillance programmée de la tuberculose bovine lors de la campagne 2017-2018 (à gauche), et niveaux de surveillance Sylvatub et zones de surveillance de la faune sauvage (à droite), d'après Reveillaud et al. (2021).

III. L'intradermotuberculation comparée

a) Réalisation en pratique

Le test d'intradermotuberculation comparée est le plus utilisé, particulièrement en Nouvelle-Aquitaine. Celui-ci nécessite tout d'abord des conditions idéales de contention des animaux afin que les injections soient correctement réalisées et que les mesures de plis de peau soient également correctement prises (de manière la plus immobile possible). Ces conditions de contention sont de la responsabilité de l'éleveur et le vétérinaire sanitaire peut décider de reporter son intervention si les conditions ne conviennent pas à la réalisation du test ou bien à la mise en sécurité de l'opérateur. Dans le cas d'un bovin considéré comme dangereux, celui peut également être retiré de la liste.

Par ailleurs, le test repose sur des actes techniques d'injection et mesure de pli de peau à l'aide d'outils (pistolet injecteur, cutimètre). Les résultats sont donc dépendants de la façon dont le test est réalisé et présentent une variabilité inter-opérateur (Crozet et

al., 2020). Il est donc important que le matériel soit en bon état de fonctionnement et que le même vétérinaire procède aux deux visites à 72h d'intervalle. L'instruction technique DGAL/SDSBEA/2024-612 explicite toutes les mesures à respecter pour une bonne réalisation du test de dépistage.

Afin de s'assurer de la bonne réalisation de ce test, un accompagnement des vétérinaires est réalisé par plusieurs acteurs. Les DDPP doivent accompagner les vétérinaires lors de l'annonce de résultats non négatifs aux éleveurs. Ils doivent également répondre en cas de demande de formation sur l'IDC de la part des vétérinaires. Le syndicat national des vétérinaires d'exercice libéral (SNVEL) est aussi présent en fournissant des fiches techniques, supports audiovisuels et modules de formation à distance. Les résultats de l'IDC sont analysés par les relevés d'interventions SIGAL afin de relever les cas de faible taux de réalisation de la prophylaxie, le faible taux de bovin réagissant au test, l'absence de relevé de mesure du pli de peau ou l'absence de transmission des résultats à la DDPP. Ces éléments témoigneraient d'une mauvaise réalisation des mesures de dépistages des foyers de tuberculose. En cas de doute, une supervision des vétérinaires peut être mise en place avec une vérification visuelle de l'acte d'IDC par exemple (DGAL, 2024).

b) Sensibilité et spécificité

La sensibilité (Se) d'un test est sa capacité à donner un résultat positif lorsque la condition est présente. Contrairement à la spécificité (Sp) qui est la capacité d'un test à donner un résultat négatif lorsque la condition est absente.

Dans le cas de l'IDC, la Sp comme sa capacité à donner un résultat négatif lorsque le bovin testé est indemne de tuberculose. La Se s'évalue comme sa capacité à donner un résultat non négatif (positif, grand et petit douteux) lorsque le bovin testé est atteint de tuberculose. Plus la sensibilité est élevée, plus le test est alors capable d'identifier un bovin réellement infecté, et donc plus le nombre de résultats faux négatifs est faible. Inversement, plus la spécificité est élevée, plus le test est capable d'identifier un bovin non atteint de tuberculose à *M. bovis* même s'il est atteint d'une autre infection (à *M. avium* par exemple), et donc plus le nombre de résultats faux positifs est faible. Pour

qu'un test diagnostique soit intéressant et qu'il permette de correctement différencier les individus infectés des sains, on cherche donc à avoir une Se et une Sp les plus grandes possibles.

La spécificité dépend à la fois de la contention par l'éleveur et de la réalisation des injections par le vétérinaire. Il est alors important que les éleveurs et vétérinaires acceptent (à défaut de le soutenir) ce test de dépistage afin que sa réalisation soit des plus faciles. Sur le tableau 7, on peut voir une comparaison des tests d'intradermotuberculation et de dosage d'IFN-g et des causes potentielles de résultats faussement positif.

Tableau 7 - Causes potentielles de réactions faussement positives pour les tests d'intradermotuberculation et d'interféron gamma, d'après Crozet (2021)

	ID	IFN
Causes liées à l'animal testé		
• Co-infection par des mycobactéries non tuberculeuses (dont <i>M. avium susp. paratuberculosis</i>)	X	X*
• Infections par des agents infectieux autres que des mycobactéries (<i>Actinomyces</i> , <i>Nocardia sp.</i> ,...)	X	X
• Infestations parasitaires (<i>Fasciola</i>)	X	X
• Vaccination contre <i>M. avium susp. paratuberculosis</i>	X	X*
Causes liées à la mise en œuvre des tests		
• Intersion des lieux d'injection de la tuberculine bovine et aviaire	X (IDC)	
• Erreur dans la lecture des résultats	X	X
• Erreur dans l'interprétation des résultats	X	X
• Erreur dans l'identification de l'animal	X	X
* Amélioré par l'utilisation d'antigènes spécifiques du complexe de <i>M. tuberculosis</i>		

D'après Fediaevsky *et al.* (2014), pour l'IDC, la Se serait comprise entre 55 % et 93 % et la Sp entre 89 % et 100 %. En France, on évalue les Se et Sp de l'IDC respectivement à 80 % et 99,5 % (Keck *et al.*, 2014). Malgré une spécificité élevée, et étant donné que la grande majorité des élevages testés sont indemnes, la valeur prédictive positive (VPP) du test d'IDC est relativement basse (13,8 % pour une prévalence à 0,1 %, tableau 8). En effet, même si 80 % de bovins infectés sont positifs, les 0,5 % de bovins faussement positifs attendus représentent en réalité près de 87,2 % des bovins positifs (étant donné que la quasi-totalité des bovins testés sont négatifs). Cette VPP basse, bien que

contraignante pour l'éleveur (en raison des recontrôles ou des abattages diagnostiques imposés) est cependant un compromis nécessaire au maintien d'une sensibilité acceptable du plan de dépistage. Or, le nombre de réactions non négatives déclarées en France chaque année est inférieur à celui prévu par le test (Keck *et al.*, 2014).

Tableau 8 – Performances des tests dans différentes situations épidémiologiques, source : Keck et al. (2014)

Test	Se (%)	Sp (%)	Référence	VPP (%)				VPN (%)			
				0,1 %	1 %	10 %	20 %	0,1 %	1 %	10 %	20 %
IDS	83,9	96,8	1	2,6	20,9	74,4	86,8	100	99,8	98,2	96
IDC	80	99,5	1	13,8	61,8	94,7	97,6	100	99,8	97,8	95,2
IFN PPD	87,6	96,6	1	2,5	20,7	74,1	86,6	100	99,9	98,6	96,9
Diagnostic abattoir	28,5	100	2	100	100	100	100	99,9	99,3	92,6	84,8

PARTIE 2 - ÉTUDE DESCRIPTIVE ET STATISTIQUE

DES DONNEES DE NOUVELLE AQUITAINE

Comme vu précédemment, il y a une persistance de foyers de tuberculose bovine en Nouvelle-Aquitaine et sa surveillance est basée sur le test d'intradermotuberculation. Depuis quelques années, une diminution du nombre de résultats positifs remontés aux DDPP a été observée, ce qui a alerté les acteurs de la surveillance sur la fiabilité du dispositif, en particulier sur la sensibilité du test d'IDC.

I. Objectifs et hypothèses

L'objectif premier de cette thèse est de donner une description des résultats des campagnes de prophylaxie de 2018 à 2023 de la région Nouvelle-Aquitaine. Ces données ont été obtenues grâce à Direction de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt (DRAAF) de nouvelle aquitaine après accord écrit de la Direction générale de l'alimentation (DGAL). Elles contiennent l'ensemble des résultats d'IDC, après interprétation, dans chaque élevage prélevé sur cette période, ainsi que la clinique vétérinaire qui s'est occupée d'effectuer les tests d'IDC. On y retrouve également la zone géographique de l'élevage (commune et département du siège social) et la présence ou non en ZPR pour cet élevage. Toutes les données identifiantes en lien avec les élevages et les cliniques vétérinaires ont été anonymisées avant l'obtention des données.

Nous nous sommes particulièrement intéressés à la proportion de résultats non négatifs à l'IDC, afin d'observer sa tendance au cours du temps et ses facteurs de variation. L'hypothèse étant que la spécificité du test d'IDC est de 99,5 %. On devrait alors avoir au moins 0,5 % de résultats non négatifs, quelle que soit la population testée y compris dans une population de bovins sains.

Notre postulat était que la description précise et objective de la proportion de résultats non négatifs et de ses facteurs de variation (notamment en fonction de facteurs temporels, géographiques, liés à l'élevage, au vétérinaire ou au contexte de réalisation des IDC) permettrait d'identifier des pistes pour expliquer la faible proportion de cas bovins positifs en IDC rapportée par les acteurs de la surveillance de la tuberculose bovine.

II. Matériels et méthodes

La description ainsi que l'étude des résultats non négatifs en intradermotuberculation ont été réalisées rétrospectivement à partir des résultats des campagnes de prophylaxie de la tuberculose bovine de 2018-2019 à 2022-2023 en Nouvelle-Aquitaine.

a) Récupération des données

Les résultats concernaient exclusivement la prophylaxie par intradermotuberculation comparée, il n'y avait pas de données sur les procédures d'assainissement (même si des IDC sont utilisées dans ce contexte), ni sur la surveillance événementielle à l'abattoir. L'ensemble des données ont été mises en forme avec un tableau Excel® puis ce tableau a été converti en fichier TXT afin de traiter les données avec le logiciel RStudio® (version 2024.09.0+375, version 4.4.1 de R).

b) Préparation des données

Les vétérinaires étaient regroupés soit par cliniques vétérinaires, soit enregistrés individuellement. Dans le reste du manuscrit, on les désignera sous le terme de « vétérinaires ». Les différents ateliers (laitier, allaitant, engraissement en bâtiment, engraissement à l'herbe, manades et ganaderias) d'un même élevage étaient regroupés sous le même nom d'élevage mais avec la distinction de l'atelier, ainsi l'unité d'analyse

de l'étude correspondait à l'atelier aussi dénommé « cheptel » dans ce manuscrit, même si un élevage peut regrouper plusieurs ateliers ou cheptels.

Chaque campagne de prophylaxie a été définie comme débutante au premier octobre de l'année n et se terminant au 30 septembre de l'année n+1.

Le nombre total de résultats non négatifs par atelier et par campagne est calculé comme la somme des résultats positifs, grands douteux et petits douteux et divisé par le nombre de tests réalisés.

c) Analyse des données

Les données ont systématiquement été analysées en fonction des différents facteurs d'observation : les ateliers, le type d'atelier, les cliniques vétérinaires, la zone géographique (départements et communes), la campagne et la présence en ZPR.

i) Structure des données

Chaque facteur est décrit en fonction de sa présence dans le jeu de données. Premièrement, le nombre, la répartition géographique et la présence par campagne des élevages et des cliniques vétérinaires. Ensuite, la présence en ZPR des ateliers, en fonction des campagnes. Puis, les types d'ateliers de production et leurs proportions. Enfin, la taille et la densité des ateliers en fonction de leur localisation géographique. La taille des ateliers a été approchée en prenant le nombre de tests d'IDC réalisés.

ii) Description des foyers

La description du nombre de foyers identifiés, leur répartition géographique dans les communes et départements, leur évolution dans le temps, et leur répartition selon l'atelier de production ont été réalisées. Les ateliers foyers ont pu être identifiés comme possédant une date de mise sous APDI. Seuls les ateliers dans lesquels une prophylaxie tuberculose par IDC réalisée entre 2018 et 2023 étaient présents dans le jeu de données. Ainsi, les foyers identifiés à l'abattoir ou par une autre méthode dans des ateliers n'ayant

pas fait l'objet de campagnes de prophylaxie entre 2018 et 2023, ne sont pas recensés dans les données.

iii) Description de la proportion de résultats non négatifs

Afin de limiter la variation du nombre de bovins non négatifs liée à la fluctuation du nombre de foyers, ou à la prévalence individuelle de bovins infectés par *M. bovis*, les ateliers identifiés comme foyers au cours des onze dernières années ont été retirés. Les ateliers restants sont donc considérés comme indemnes de tuberculose.

Afin de décrire l'évolution de la proportion de résultats non négatifs, trois indicateurs différents ont été calculés, pour la plupart des facteurs étudiés :

- Le pourcentage de bovins non négatifs tous ateliers confondus
- Le pourcentage d'ateliers contenant au moins un bovin non négatif
- Le pourcentage de bovins non négatifs dans les ateliers non négatifs

La variation de ces indicateurs en fonction des différents facteurs évalués a été étudiée à l'aide de description graphique et, le cas échéant, de tests statistiques univariés.

iv) Analyse statistique

L'analyse des données a majoritairement été descriptive et réalisée avec le logiciel RStudio®. Une ligne horizontale en pointillés a été ajoutée à certains graphiques afin de matérialiser le taux théorique de résultats non négatifs (à 0,5 %) ou bien la tendance théorique des résultats dans le cas d'un taux à 0,5 %, lorsque cela était pertinent. Au besoin, des régressions linéaires univariées ont été utilisées afin de modéliser la relation en deux variables quantitatives. Plusieurs tests ont été ponctuellement utilisés, en association avec le type de données décrites.

Le test du χ^2 de Pearson a été utilisé pour tester la différence entre la tendance attendue et les tendances observées dans les ateliers indemnes et ceux foyers (figure 28). Et pour tester la corrélation entre le nombre de foyers et le nombre de résultats non négatifs obtenus par vétérinaire, département et commune (figures 43, 52 et 58).

Le test exact de Fisher a été utilisé pour étudier la corrélation entre les tendances des ateliers indemnes et foyers par vétérinaire et par commune (figure 28 et 59).

Le test de Wilcoxon-Mann-Whitney a été utilisé pour comparer la distribution de la proportion de résultats non négatifs entre les ateliers avec date de mise sous APDI (hors campagne d'APDI) et les ateliers indemnes (figure 29).

Le test exact binomial a permis de comparer le taux attendu et le taux observé de résultats non négatifs par vétérinaire (figure 42).

Le test de Student a été utilisé pour comparer les pentes correspondantes aux taux attendus et observés de résultats non négatifs par département et par commune (figures 48, 57).

Un test de Kruskal-Wallis sur la somme des rangs suivi d'un test de Dunn ont été réalisés pour tester la différence entre les trois groupes de résultats des vétérinaires (avec foyers, sans foyers, avec foyers exclus l'année de l'APDI). Puis pour tester la différence deux à deux des groupes (figure 44).

III. Résultats

Un tri des données a été réalisé et des élevages ont été écartés : quatre élevages par manque d'informations (type d'atelier) et neuf par non-cohérence des résultats de prophylaxie. Sept élevages présentaient une prophylaxie sur deux dates différentes au sein d'une même campagne. Les deux lignes ont été fusionnées afin d'avoir systématiquement une ligne par élevage dans une campagne. Lors de cette fusion, ce sont la date de prévision des tests la plus ancienne et la date de réalisation des tests la plus récente qui ont été conservées sur les deux.

a) Description des données

i) Par élevage

Sur les cinq campagnes, des sessions de prophylaxie ont été réalisées dans 14 920 élevages et 15 391 ateliers. On a retrouvé en majorité des ateliers allaitants (87,6 %) et des ateliers laitiers (12,2 %), ensuite les ateliers d'engraissement à l'herbe, d'engraissement en bâtiment et les manades et ganaderias (0,2 %). Les ateliers ont participé majoritairement à l'intégralité des campagnes de prophylaxie étudiées, au maximum cinq (figure 10). Par la suite, seuls les ateliers laitiers et allaitants seront étudiés.

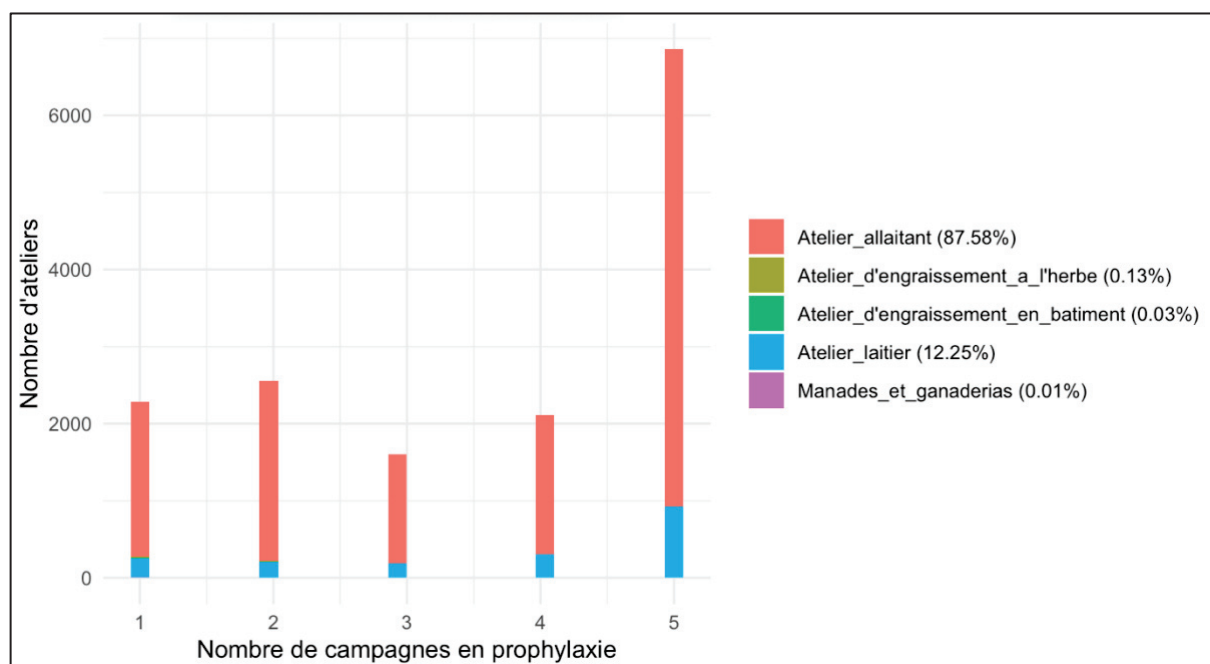


Figure 10 – Répartition des ateliers selon le nombre de campagnes de prophylaxie auxquelles ils ont participé. Chaque élevage est coloré en fonction du type d'atelier.

Parmi tous les 15 391 ateliers de l'étude, 319 ateliers possédaient une date d'APDI antérieure à la période d'étude (la plus ancienne datant de 2014). À partir de la campagne de 2018-2019, il y a 293 ateliers qui possédaient une date d'APDI dont un élevage d'engraissement à l'herbe en 2020-2021. Le nombre total de foyers était de 612 soit une proportion de 3,97 % des élevages concernés par la prophylaxie sur la période étudiée. Les foyers se situaient à 89,8 % dans des ateliers allaitants, puis dans les ateliers laitiers

à 9,9 % et enfin, un foyer est apparu au sein d'ateliers d'engraissement à l'herbe (figure 11).

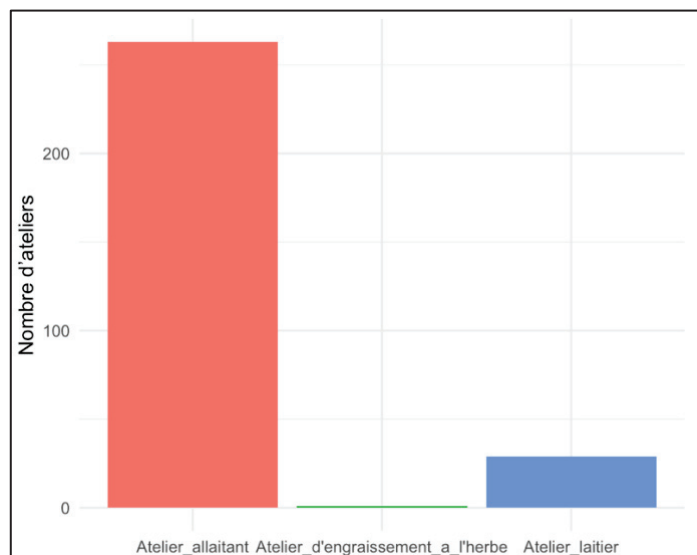


Figure 11 - Nombre de nouveaux foyers depuis le 1er octobre 2018 en fonction du type d'atelier

ii) Par ZPR

Pour les ateliers ne passant qu'une à deux campagnes en prophylaxie, il y avait plus d'ateliers hors ZPR contrairement aux ateliers passant trois à cinq campagnes en prophylaxie, plus d'ateliers étaient en ZPR (figure 12). Certains ateliers ont changé de statut ZPR au cours du temps.

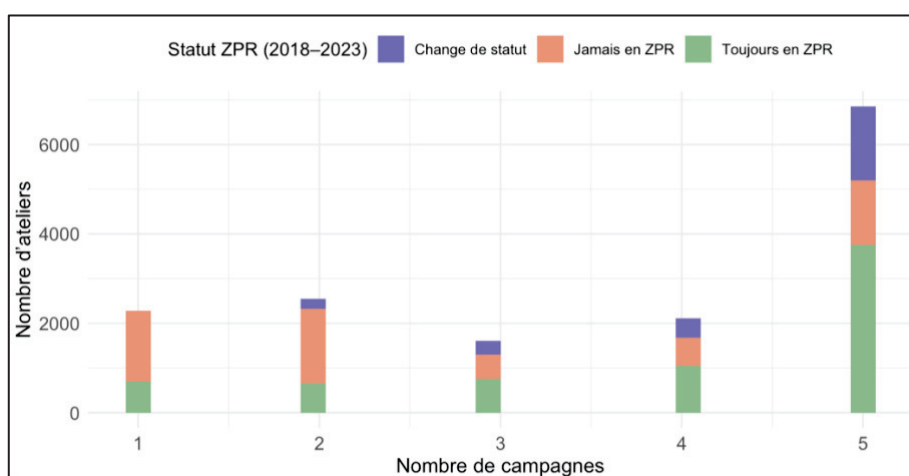


Figure 12 – Répartition des ateliers selon le nombre de campagnes de prophylaxie auxquelles ils ont participé. Chaque élevage est coloré en fonction de sa présence ou non en ZPR sur l'ensemble des campagnes auquel il a participé.

Les ateliers autant allaitants que laitiers étaient majoritairement hors ZPR ou bien en ZPR sur l'intégralité des campagnes où ils ont été testés (figure 13).

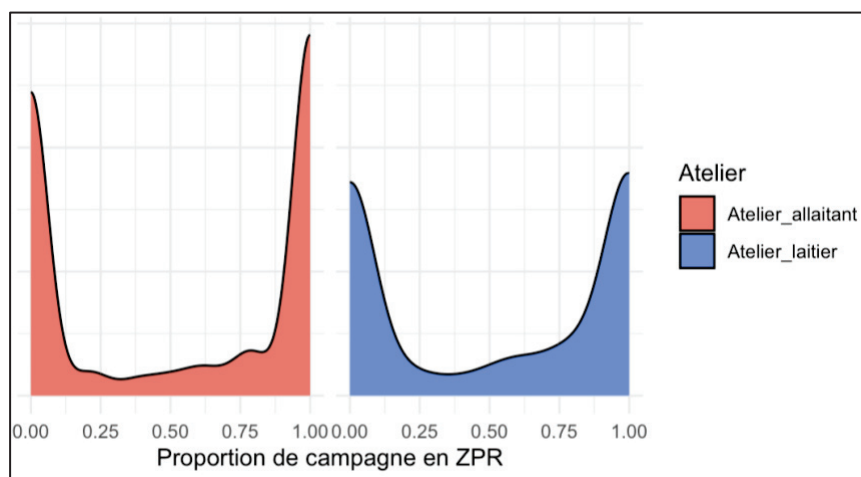


Figure 13 - Densité de la proportion de campagnes durant lesquelles les ateliers sont en ZPR

iii) Par vétérinaire

Sur les cinq campagnes, 354 vétérinaires ont participé à la prophylaxie tuberculose en Nouvelle-Aquitaine. La médiane du nombre d'ateliers testés par vétérinaire est de 25,5 et environ 20 % des vétérinaires ont testé qu'un seul atelier. Plus exceptionnellement, on a pu retrouver plus de 2000 ateliers visités sur les cinq campagnes par vétérinaire (figure 14).

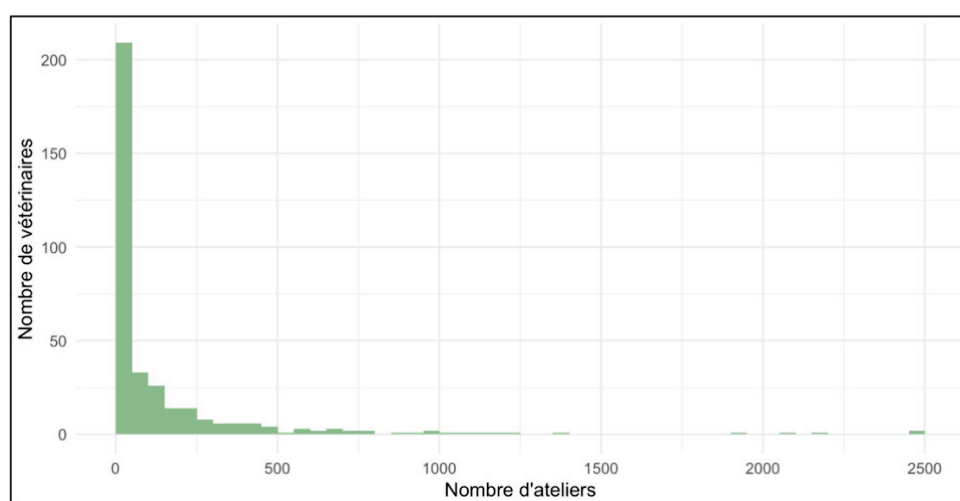


Figure 14 - Histogramme du nombre d'ateliers (par classe de 50) testés par vétérinaire au cours des cinq campagnes de prophylaxie

Les ateliers ont conservé le même vétérinaire le plus souvent mais une vingtaine d'ateliers ont changé jusqu'à quatre fois de vétérinaire sur le temps passé en prophylaxie (figure 15).

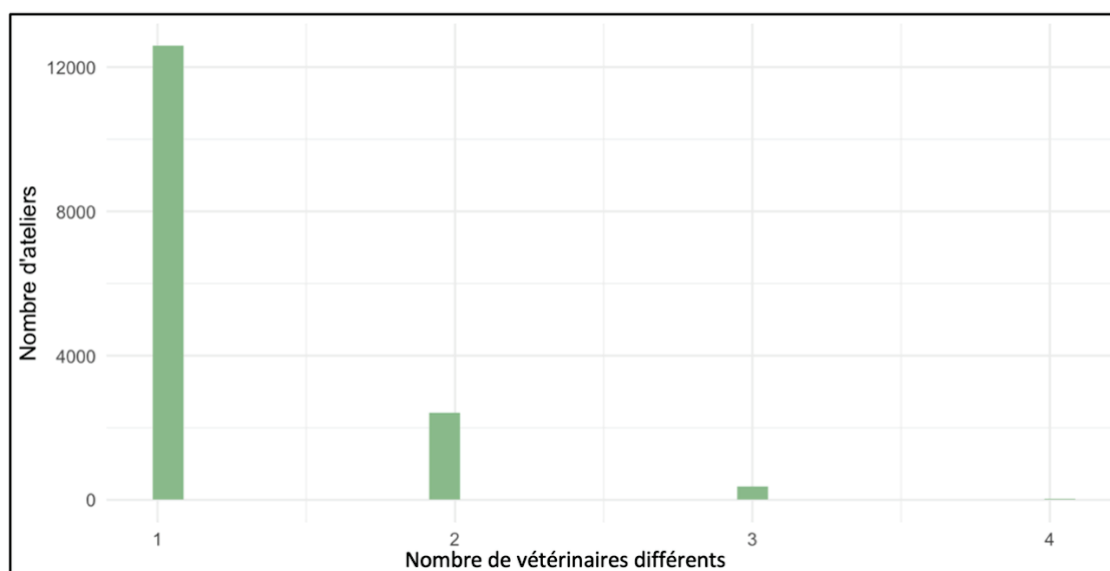


Figure 15 - Nombre de vétérinaires différents déclarés comme ayant réalisé la prophylaxie par atelier au cours des cinq campagnes de prophylaxies.

En termes de répartition, la Dordogne était le département avec le plus grand nombre de vétérinaires ayant participé à la prophylaxie tuberculose (figure 16).

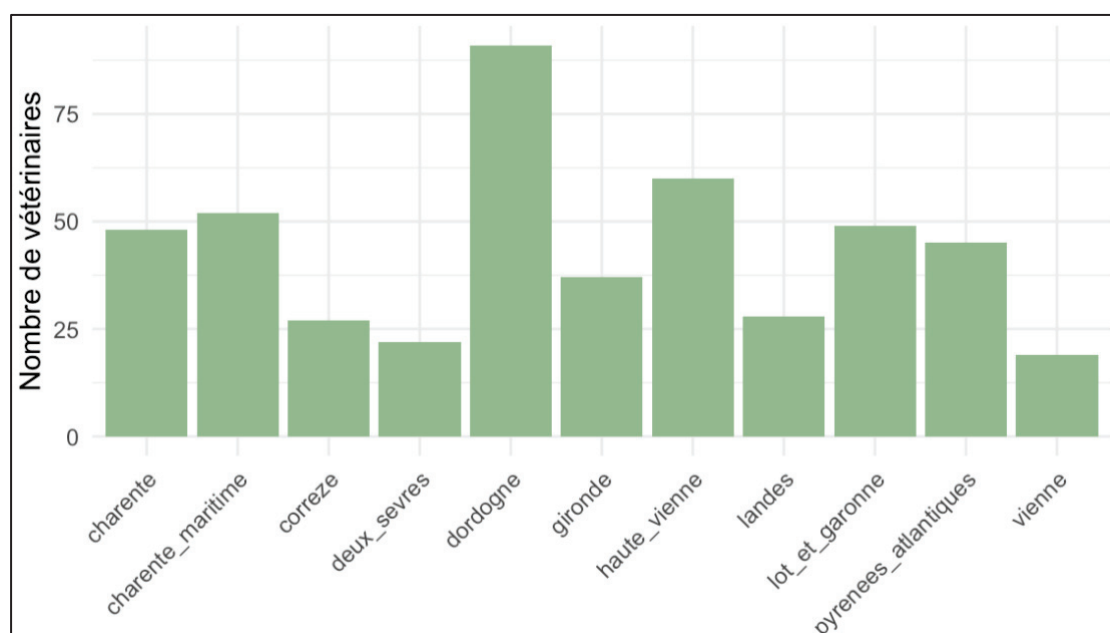


Figure 16 - Nombre de vétérinaires par département

Environ 67 % des vétérinaires ont réalisé des IDC uniquement dans des ateliers sans APDI. Au sein des vétérinaires qui ont réalisé les IDC dans des ateliers possédant une date d'APDI, le nombre d'ateliers sous APDI varie d'un en Corrèze, à dix en Dordogne (figure 17).

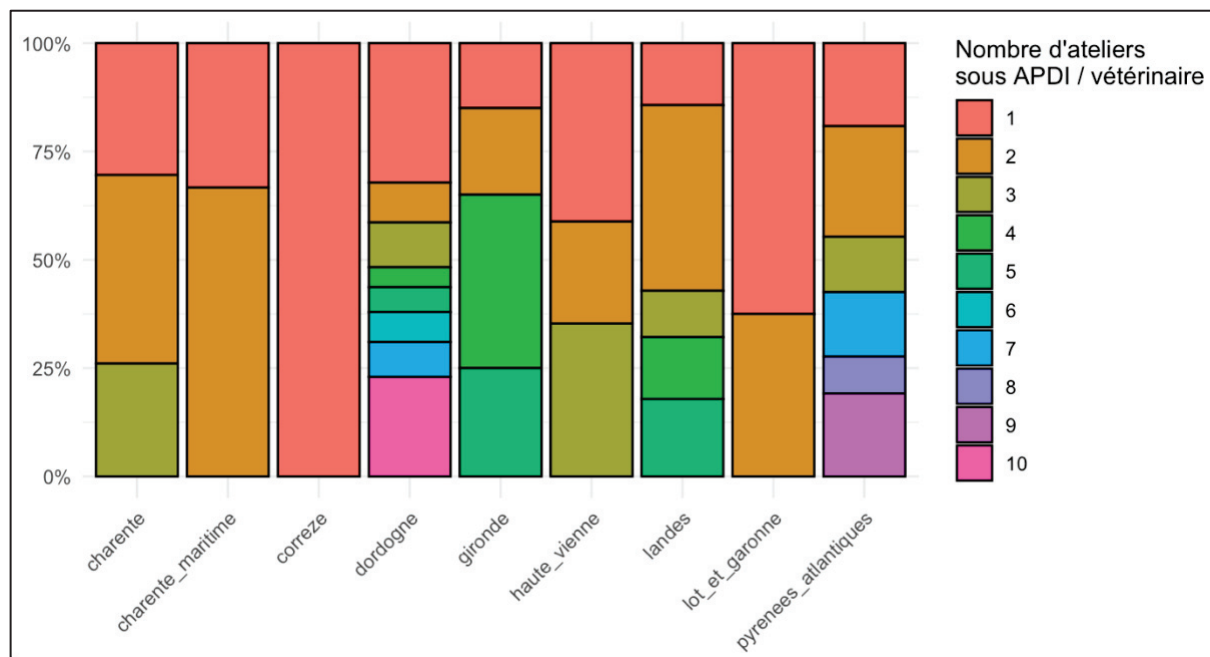


Figure 17 - Répartition du nombre de foyers par vétérinaire selon les départements

iv) Par zone géographique

La Creuse est le seul département de Nouvelle-Aquitaine dans lequel aucune campagne de prophylaxie n'a été réalisée sur les campagnes étudiées. Il y avait onze départements et 2601 communes présentes en prophylaxie sur les campagnes de 2018 à 2023. Les départements avec le plus grand nombre d'ateliers ayant participé aux campagnes de prophylaxie par communes étaient la Haute-Vienne et les Pyrénées-Atlantiques. Les départements avec le moins d'ateliers par commune étaient les Deux-Sèvres, la Vienne et la Gironde (figure 18). Le nombre moyen d'IDC réalisées par campagne de prophylaxie et par atelier était de 44 mais des disparités existaient en fonction des départements. Les ateliers dans lesquels le plus grand nombre d'IDC ont été réalisées sont dans les Deux-Sèvres, la Vienne et la Haute-Vienne. Au contraire, dans

les Pyrénées-Atlantiques, relativement peu d'IDC ont été réalisées par atelier. Les départements avec le plus grand nombre global d'ateliers étaient les Pyrénées-Atlantiques, la Dordogne et la Haute-Vienne (figure 19).

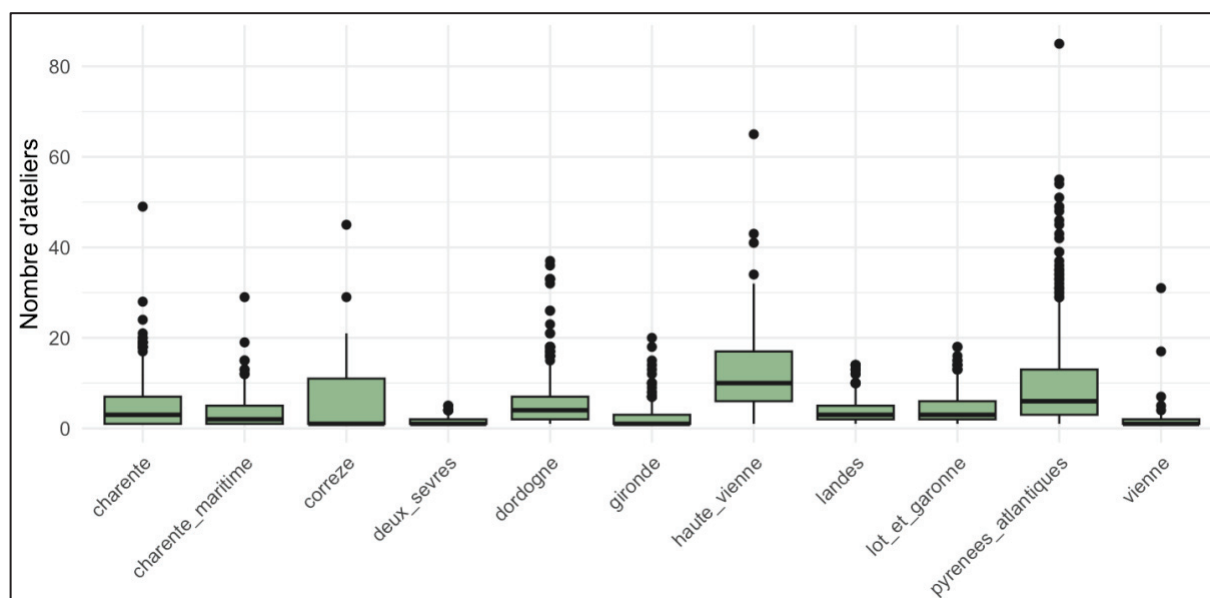


Figure 18 – Boxplot du nombre d'ateliers par commune en fonction des départements

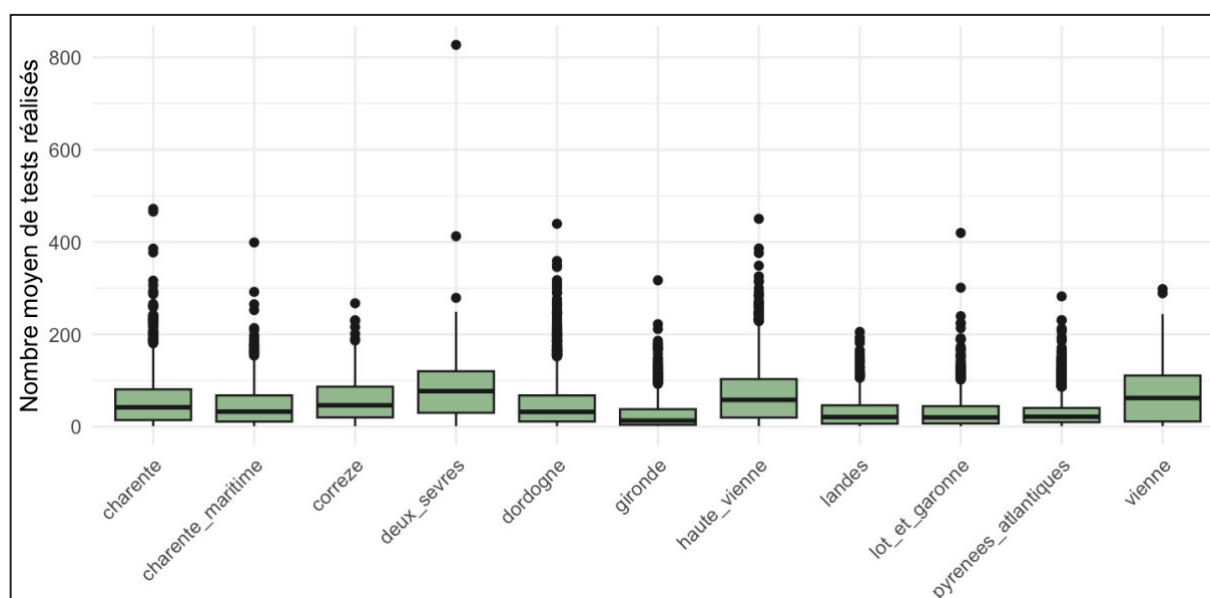


Figure 19 – Boxplot du nombre moyen d'IDC réalisé par campagne et par atelier au cours des 5 campagnes étudié dans chacun des onze départements.

Les départements qui comportaient le plus d'ateliers sous ADPI étaient la Dordogne et les Pyrénées-Atlantiques. Deux départements n'ont pas eu de foyers sur les campagnes étudiées : les Deux-Sèvres et la Vienne (figure 21). Les départements les plus impactés en termes de proportion de foyers par rapport au nombre d'ateliers étaient la Gironde, la Dordogne et les Landes.

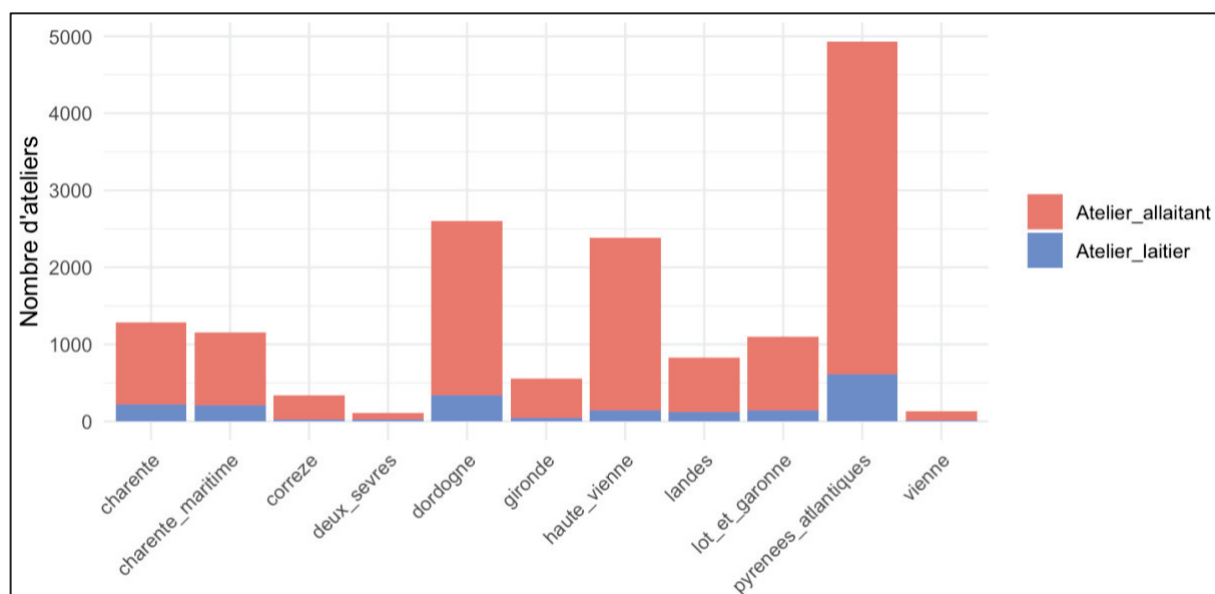


Figure 20 - Nombre d'ateliers par département coloré en fonction du type d'atelier

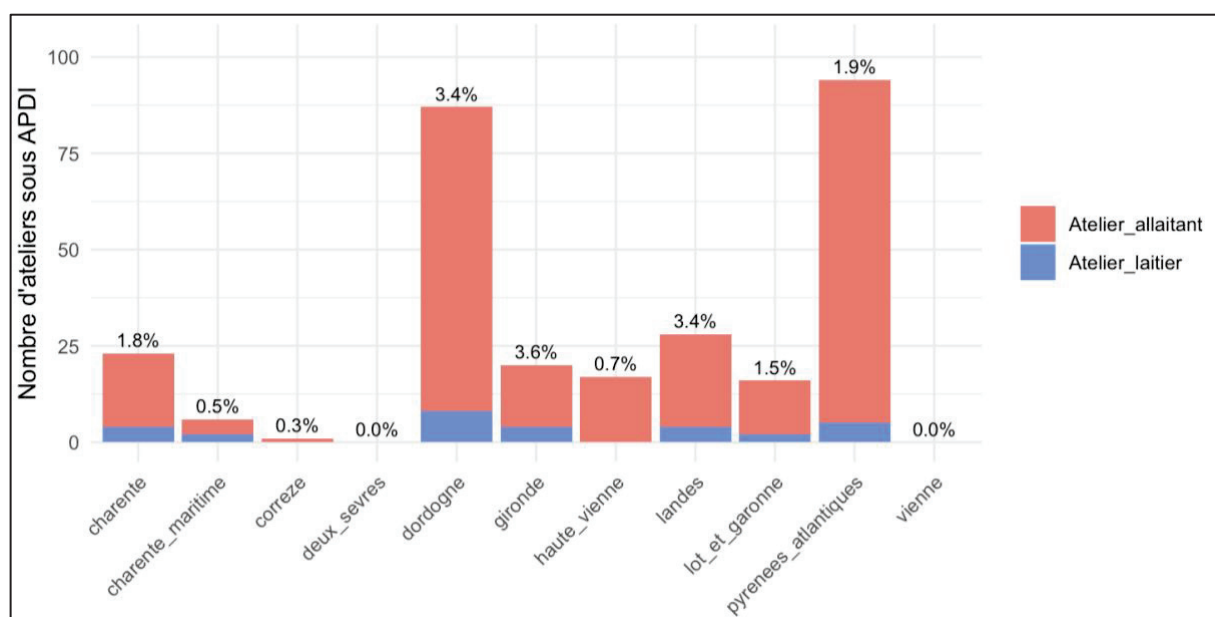


Figure 21 - Nombre d'ateliers dont l'ADPI a été pris au cours des campagnes de 2018 à 2023 par département, colorés en fonction du type d'atelier. Les chiffres inscrits au-dessus de chaque barre correspondent au nombre de foyers divisé par le

nombre total d'ateliers ayant participé au moins à une campagne de prophylaxie dans chaque département, tout type de production confondu.

Environ 86 % des communes ne possédaient pas d'ateliers sous APDI. Dans les communes ayant des ateliers sous ADPI, il y avait principalement un foyer par commune. Dans certains départements, comme en Dordogne ou dans les Pyrénées-Atlantiques, on a retrouvé quelques communes avec plus d'un foyer (figure 22).

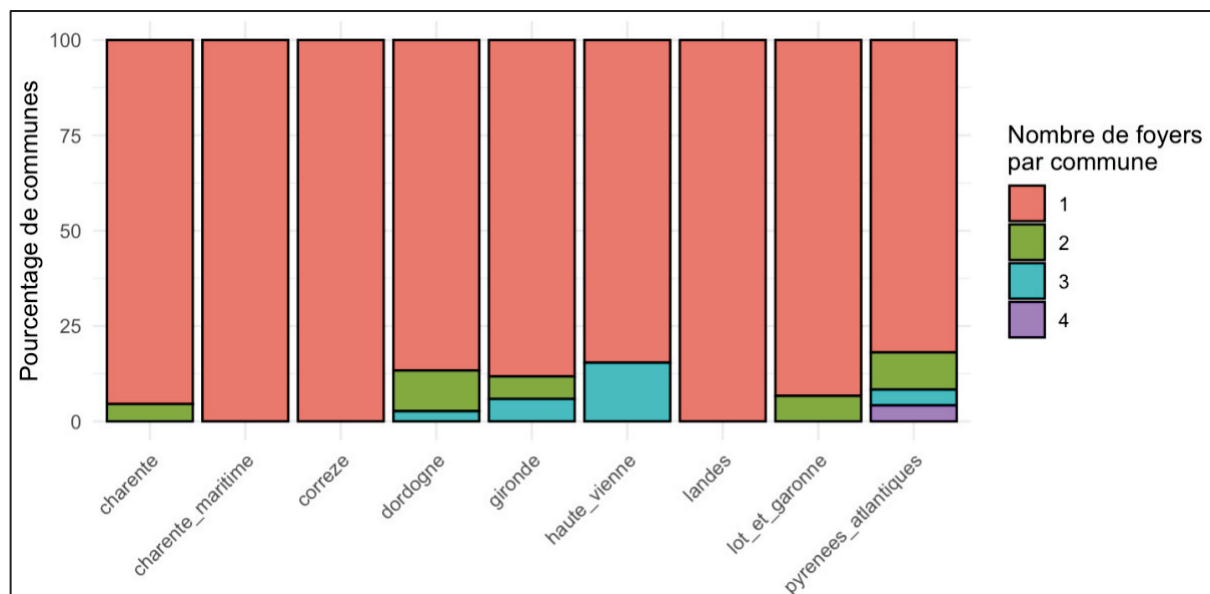


Figure 22 – Nombre de foyers par commune, pour les communes dans lesquelles au moins un foyer a été identifié au cours des cinq campagnes de prophylaxie, en fonction du département

Les Pyrénées-Atlantiques, la Dordogne et les Landes étaient les départements qui possédaient la plus grande proportion de foyers par commune (tableau 9).

Tableau 9 - Proportion de foyers par commune

Pyrénées-Atlantiques	10,8 %
Dordogne	11,9 %
Charente-Maritime	1,2 %
Charente	7,5 %
Lot-et-Garonne	5,3 %
Landes	9,5 %
Gironde	6,6 %
Haute-Vienne	4,6 %
Deux-Sèvres	0,0 %
Corrèze	2,0 %
Vienne	0,0 %

v) Par campagne

Une diminution du nombre d'ateliers présents en prophylaxie au fil du temps à partir de la campagne 2019-2020 a été observée (figure 23). Une diminution d'ateliers mis sous APDI depuis 2018 a également été observée, hormis pour la campagne 2019-2020 (figure 24).

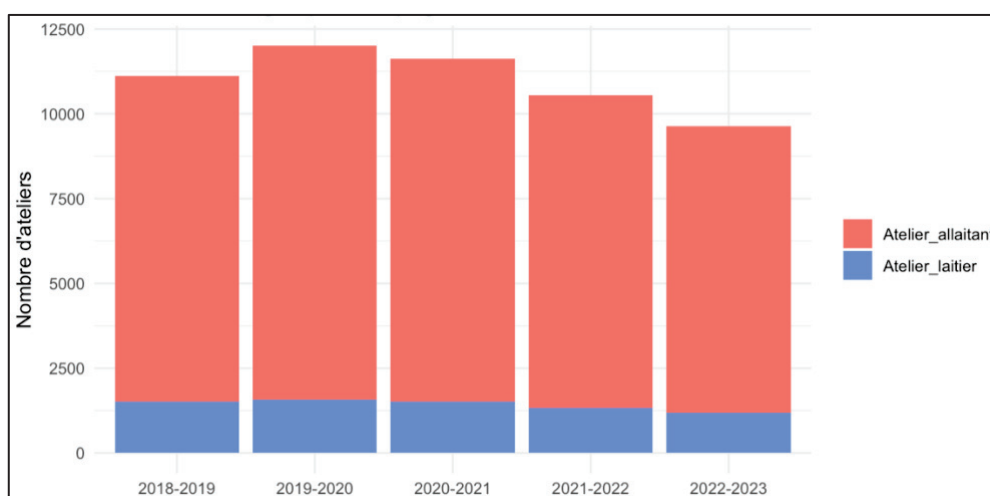


Figure 23 - Nombre d'ateliers par campagne coloré selon le type d'atelier

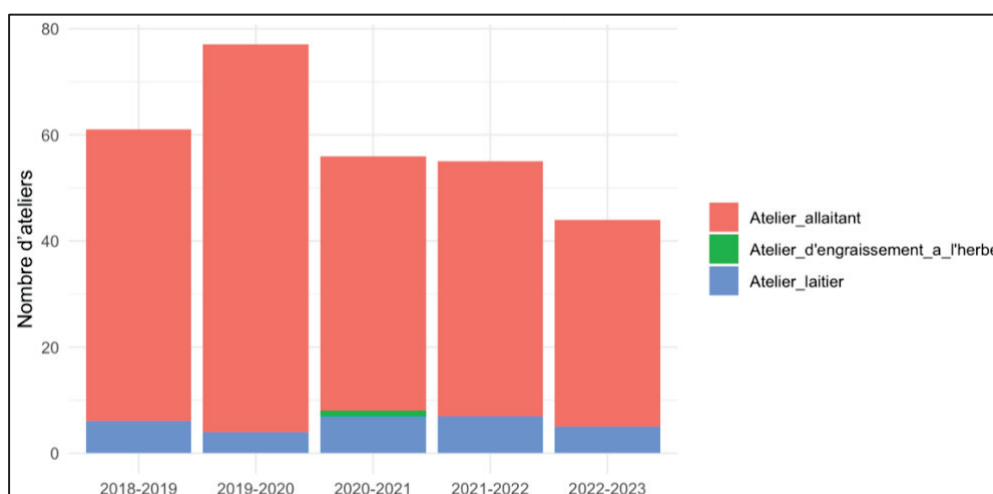


Figure 24 - Nombre d'ateliers déclarés sous APDI au cours des campagnes de prophylaxie de 2018 à 2023, par campagne et coloré selon le type d'atelier

Résumé partiel des observations :

- Sur la période étudiée, les ateliers allaitants étaient présents en majorité devant les ateliers laitiers, et quelques autres types de productions étaient représentés de manière peu significative. Les ateliers sous APDI, toutes années confondues, représentaient 3,97 % des ateliers.
- Des ateliers hors ZPR étaient présents entre une à cinq fois sur les cinq campagnes, et certains ateliers changent de statut au cours de la période d'étude.
- Certains ateliers ont changé de vétérinaire jusqu'à quatre fois au cours de leur présence en prophylaxie et certains vétérinaires n'ont pas été confrontés à la présence de foyers au cours des cinq campagnes.
- Le type d'élevage entre les départements n'est pas le même : certains départements avaient un plus grand nombre d'ateliers de petite taille et d'autres avaient un moins grand nombre d'ateliers mais de plus grande taille. Les départements avec le plus grand nombre de foyers apparus sur la période observée sont les Pyrénées-Atlantiques, les Landes et la Dordogne. Les départements avec la plus grande proportion de foyers apparus sur la période observée sont la Dordogne, la Gironde et les Landes. Les Deux-Sèvres et la Vienne n'ont pas eu d'ateliers mis sous APDI sur la période étudiée.
- Une diminution du nombre d'ateliers en prophylaxie et une diminution du nombre de foyers identifiés en prophylaxie au cours du temps ont été observées sur la période d'étude.

b) Description des proportions de résultats non négatifs à l'IDC parmi les bovins sains

i) Par atelier

Le pourcentage global de bovins ayant eu un résultat non négatif est de 0,19 %. Le pourcentage global d'ateliers qui dans lesquels au moins un bovin non négatif a été

déclaré est de 5,3 %. Le pourcentage de bovins non négatifs dans les ateliers non négatifs était de 2,1 %.

En termes de distribution, 84,7 % des cheptels ont eu une proportion de résultats non négatifs nulle. Et 9,8 % seulement des ateliers ont eu une proportion de résultats non négatifs supérieure 0,5 % (figure 27).

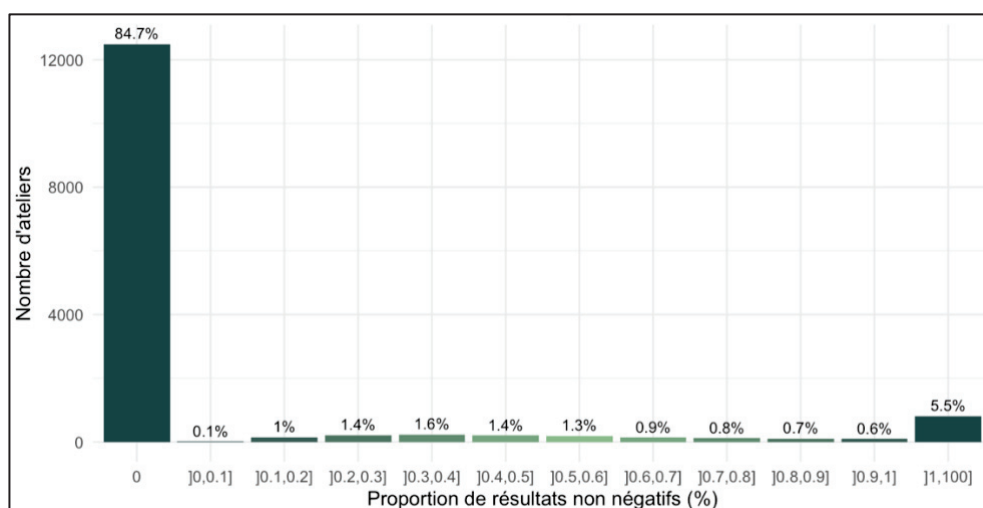


Figure 25 - Histogramme du taux de résultats non négatifs par atelier autour de 0,5 %

Lorsque l'on s'est intéressé à la relation entre le nombre de bovins non négatifs en fonction du nombre de bovins testés, par rapport à la proportion de 0,5 % attendue (sous l'hypothèse d'un test avec une spécificité de 99,5 %), on a observé un écart significatif ($p\text{-value} < 2,2 \cdot 10^{-16}$). La proportion a été observée autour de 0,25 %, à la fois pour les ateliers identifiés comme foyers au moins une fois entre 2013 et 2023 (en excluant l'année de déclaration d'APDI) et pour les ateliers indemnes. Il n'y avait pas de différence significative ($Z = -1,22$, $N = 15\,369$, $p\text{-value} = 0,22$) entre le taux apparent pour les ateliers indemnes et pour les ateliers reconnus infectés (foyers) (figure 28).

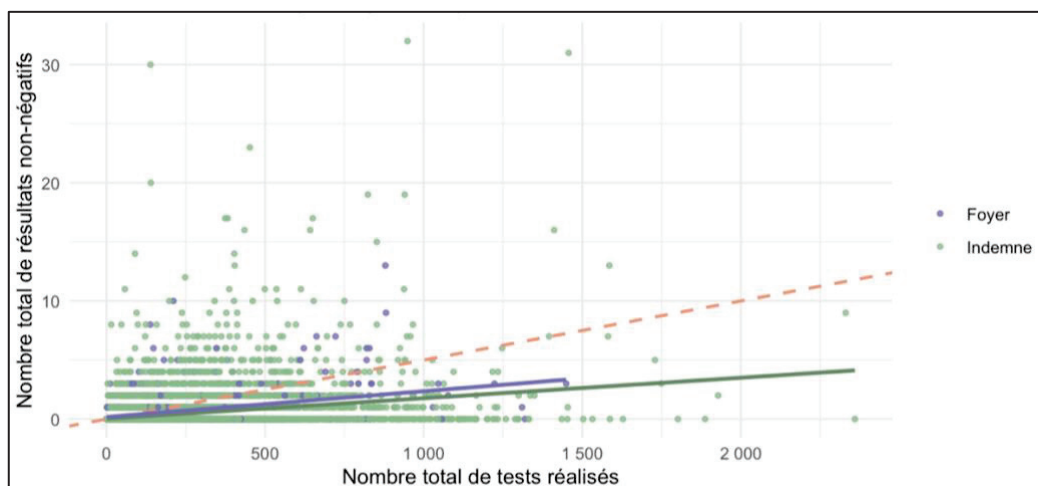


Figure 26 - Nombre de bovins avec un résultat non négatif en fonction du nombre de tests réalisés par atelier. Chaque point est coloré en fonction du statut (foyer, si l'atelier a été identifié comme foyer au moins une fois entre 2013 et 2023, indemne sinon). La ligne pointillée rouge correspond à la droite de régression linéaire attendue avec un test ayant une spécificité de 99,5 % (ordonnée à l'origine = 0 et pente = 0,5 %), les droites violettes et vertes correspondent respectivement aux droites de régression linéaire estimée chez les ateliers « foyers » et « indemnes ».

Les ateliers possédants une date d'APDI ont eu un taux de résultats non négatifs significativement supérieur ($W = 19\,949$, $p\text{-value} = 1,662 \cdot 10^{-12}$) à celui des ateliers indemnes, en dehors de la campagne pour laquelle ils possèdent la date de mise sous APDI (figure 29).

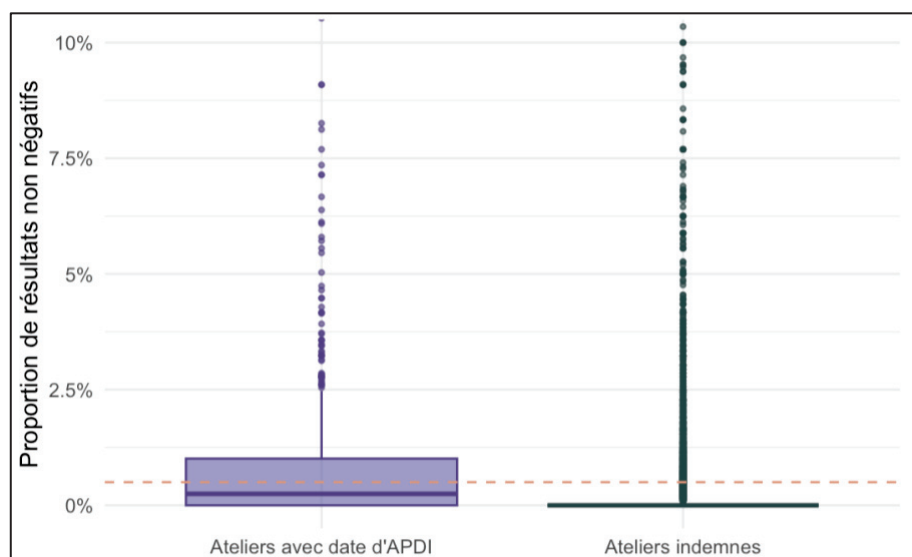


Figure 27 - Boxplot de la proportion de résultats non négatifs par atelier, selon le statut de l'atelier (campagne correspondant à la déclaration de l'APDI exclue). La ligne en pointillée correspond à la valeur attendue de 0,5 %. Zoom effectué sur les valeurs en dessous de 10 %.

ii) Par type d'atelier de production

Le pourcentage global de résultats non négatifs était de 0,15 % pour les ateliers allaitants et 0,41 % pour les ateliers laitiers (figure 30). Le pourcentage global d'ateliers qui possédaient des résultats non négatifs est de 4,2 % pour les ateliers allaitants et 13 % pour les ateliers laitiers (figure 31). Le pourcentage de résultats non négatifs dans les ateliers non négatifs était de 2,0 % pour les ateliers allaitants et de 2,4 % pour les ateliers laitiers (figure 32).

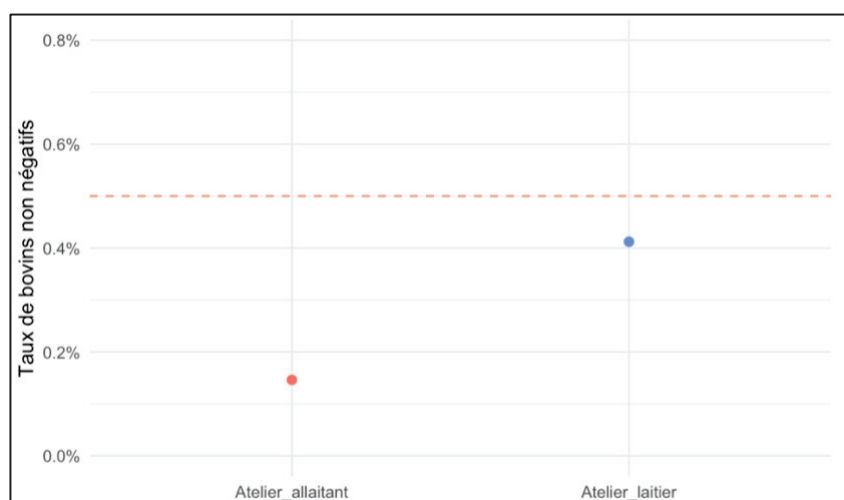


Figure 28 - Pourcentage global de bovins non négatifs parmi l'ensemble des bovins testés par type d'atelier. La ligne en pointillé correspond à la valeur attendue de 0,5 %.

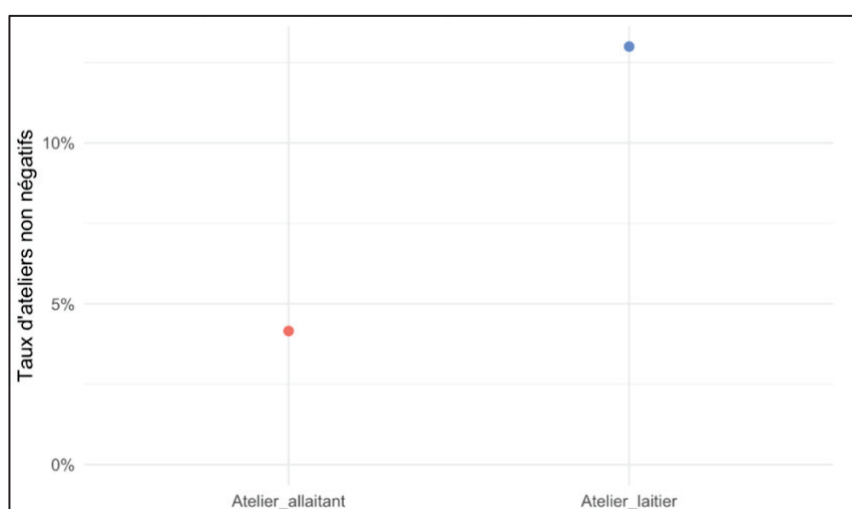


Figure 29 - Pourcentage d'ateliers dans lesquels il y a eu au moins un résultat non négatif en fonction du type d'atelier.

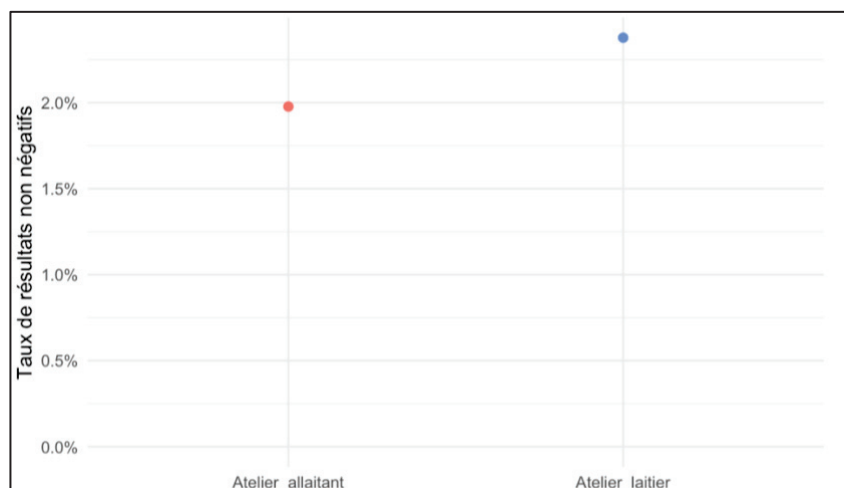


Figure 30 - Pourcentage de bovins non négatifs dans les ateliers non négatifs en fonction du type d'atelier

Peu importe le type de production, la proportion de résultats non négatifs par atelier a eu tendance à diminuer au cours des campagnes de prophylaxie. Cette tendance avait l'air plus prononcée pour les ateliers laitiers, qui sont passés de 0,71 % à 0,20 %, que pour les allaitants, qui sont passés de 0,25 % à 0,07 % (figure 33).

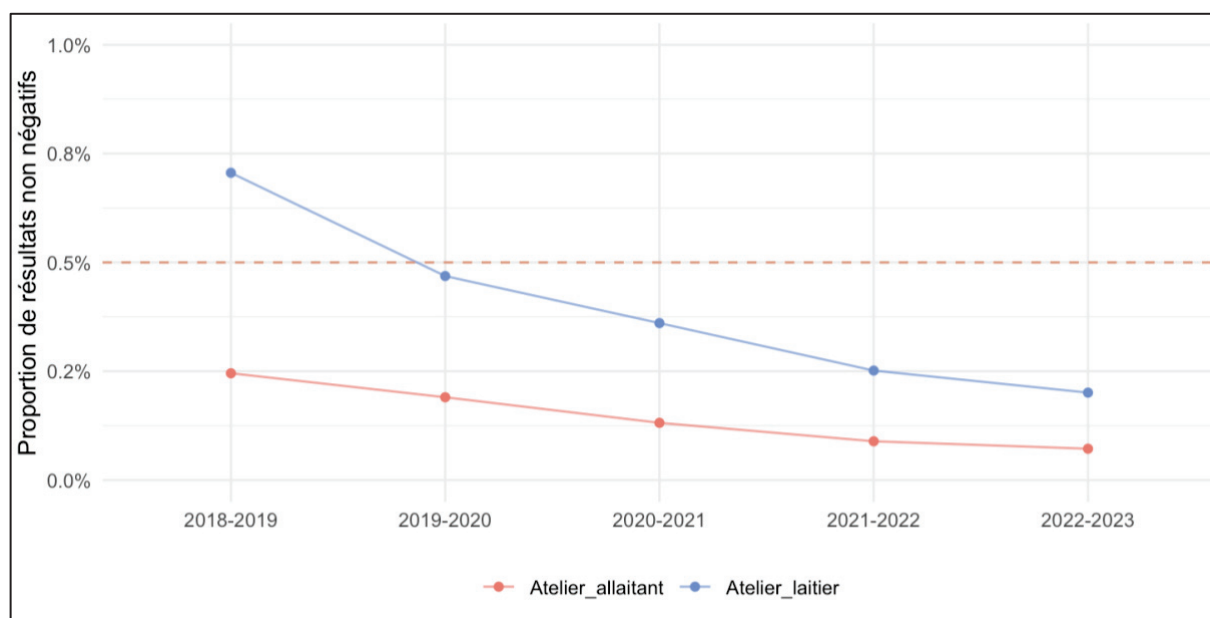


Figure 31 – Évolution de la proportion globale de bovins non négatifs parmi l'ensemble des bovins testés, par campagne et coloré en fonction du type de production. La ligne en pointillé correspond à la valeur attendue de 0,5 %.

Résumé partiel des observations :

- Le pourcentage global de résultats non négatifs par atelier était de 0,19%, avec une différence en fonction du type d'atelier : 0,15% pour les ateliers allaitants et 0,41% pour les laitiers. Cette différence était également observée pour le taux de cheptels non négatifs et le pourcentage de résultats non négatifs dans les cheptels non négatifs.
- 84,7 % des ateliers étaient entièrement négatifs.
- Les ateliers sous ADPI ont eu significativement plus de résultats non négatifs que les ateliers indemnes.
- Une diminution du taux de résultats non négatifs a été observée, avec une pente plus importante chez les ateliers laitiers.

iii) Par vétérinaire

En moyenne, la proportion de résultats non négatifs par vétérinaire était de 0,37 % (tableau 13). Environ 75 % des vétérinaires ont eu moins de 0,26 % de bovins non négatifs (tableau 10).

Tableau 10 - Description des résultats non négatifs selon les vétérinaires

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.0000000	0.0000000	0.0007219	0.0036911	0.0026642	0.1896552

Il y avait 14,2 % des vétérinaires qui ont eu un taux supérieur à 0,5 % (figure 34). En moyenne, les vétérinaires ont identifié des bovins non négatifs dans 6,4 % des ateliers. De plus, 50 % des vétérinaires ont moins de 2,4 % d'ateliers non négatifs mais 25 % ont plus de 7 % d'ateliers non négatifs (figure 35). En moyenne, le pourcentage global de bovins non négatifs dans les ateliers non négatifs par vétérinaire était de 2,5 % (figure 36).

Il y avait plus de résultats non négatifs par vétérinaire au sein des ateliers non négatifs que dans tous les ateliers confondus.

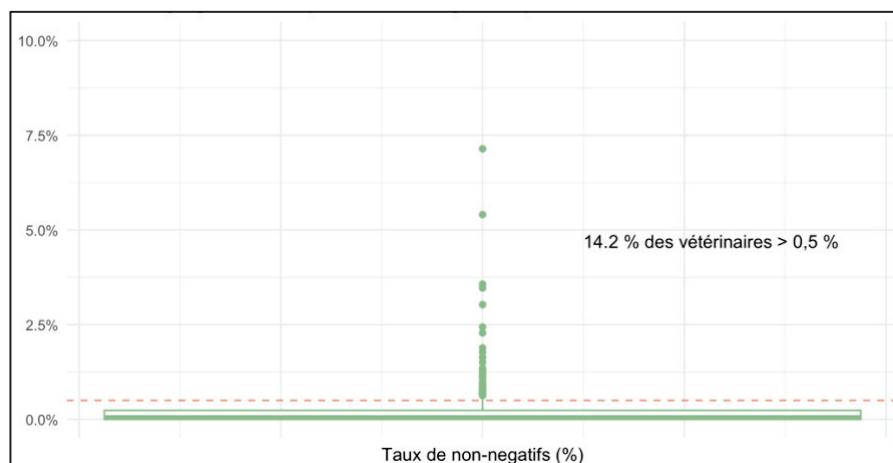


Figure 32 - Boxplot du pourcentage global de bovins non négatifs parmi l'ensemble des bovins testés par vétérinaire. La ligne en pointillé correspond à la valeur attendue de 0,5 %.

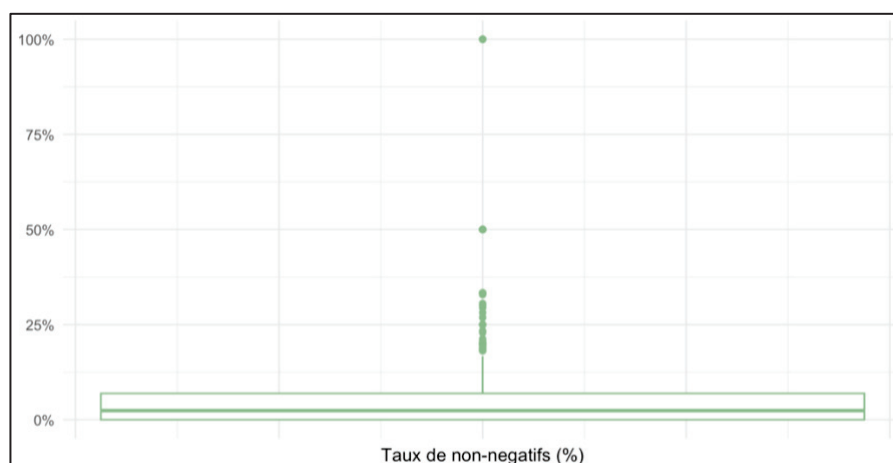


Figure 33 – Boxplot du pourcentage d'ateliers dans lesquels des bovins non négatifs ont été identifiés, par vétérinaire

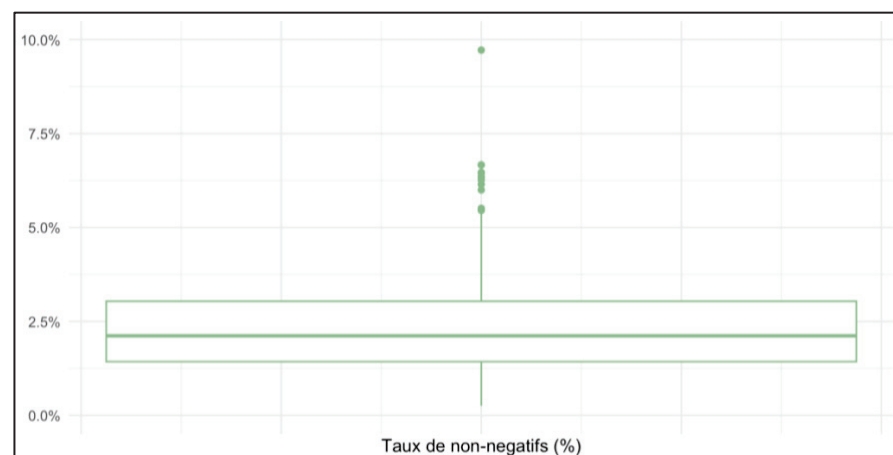


Figure 34 – Boxplot du pourcentage de bovins non négatifs au sein des cheptels non négatifs, par vétérinaire

En termes de distribution, 42,9 % des vétérinaires ont eu une proportion de résultats non négatifs nulle. Et 85,8 % des vétérinaires ont eu une proportion de résultats non négatifs inférieure ou égale à 0,5 % (figure 37).

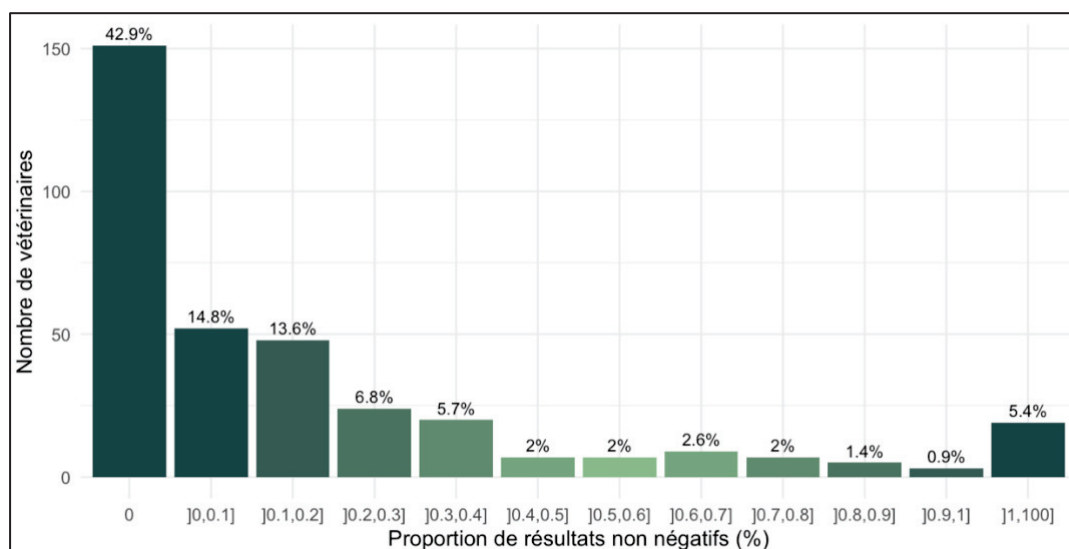


Figure 35 - Distribution du taux de résultats non négatifs des vétérinaires autour de 0,5 %

La proportion de vétérinaires ayant uniquement eu des ateliers entièrement négatifs dans leur clientèle est de 42,9 % (soit 151 vétérinaires) (figure 38).

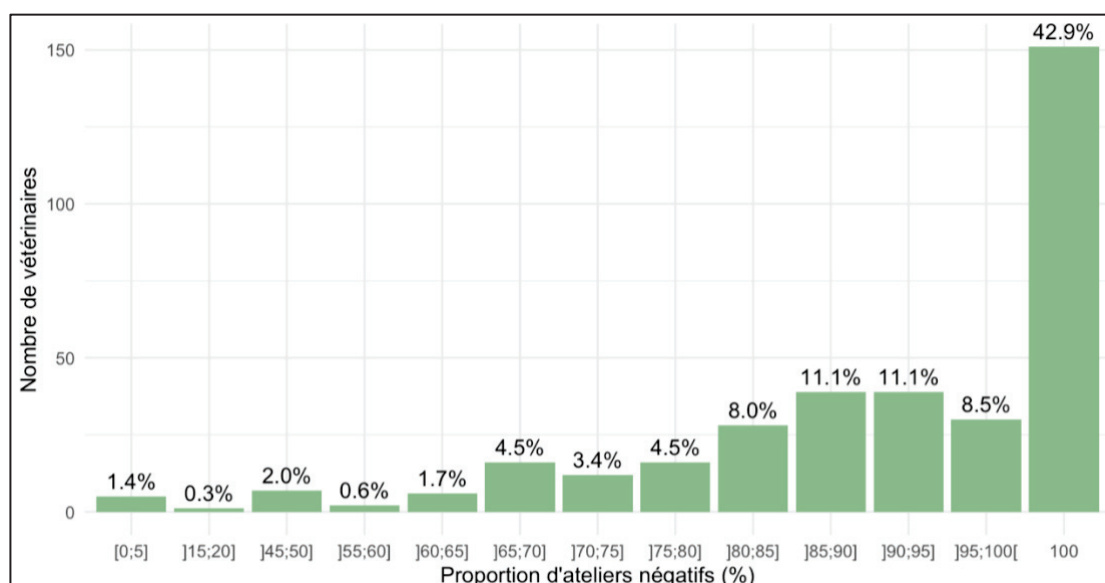


Figure 38 - Répartition des vétérinaires selon leur proportion d'ateliers entièrement négatifs. Les classes absentes sont sans effectif.

Au cours des campagnes, la proportion globale des résultats non négatifs par vétérinaire a diminué et la distribution s'est resserrée (figure 39).

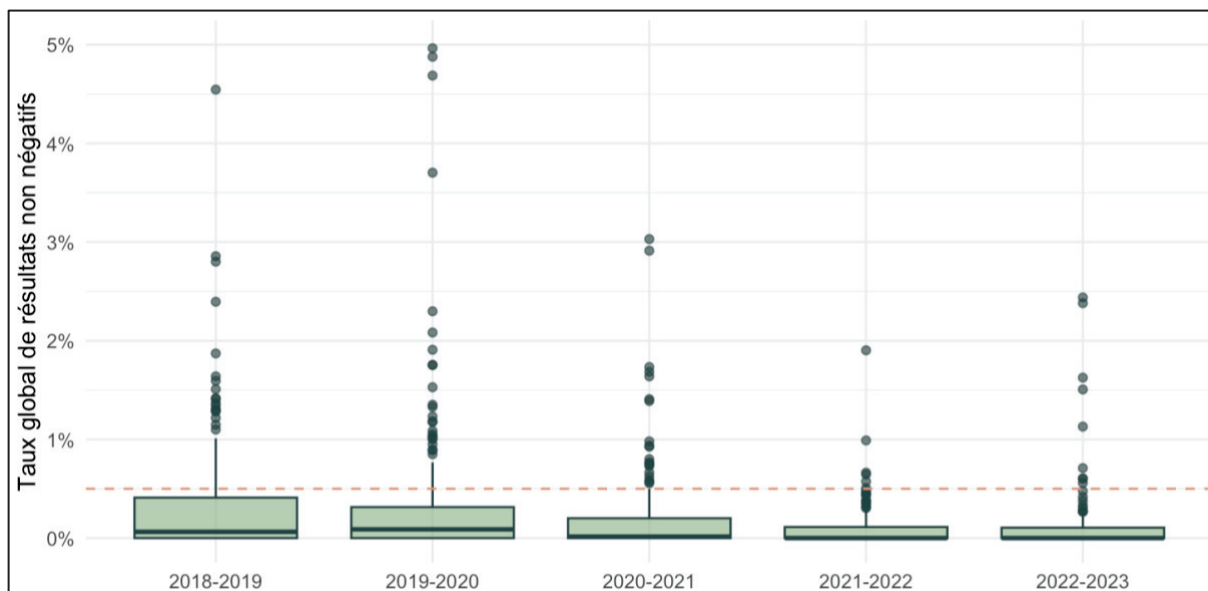


Figure 36 – Boxplot de la proportion globale de bovins non négatifs parmi l'ensemble des bovins testés par vétérinaire en fonction des campagnes. La ligne en pointillé correspond à la valeur attendue de 0,5 %.

Quand on s'intéresse à l'évolution de la proportion de bovins non négatifs parmi l'ensemble des bovins testés par vétérinaire et par campagne, on remarque que, même les vétérinaires qui avaient un taux au-dessus de 0,5 % sur les deux premières campagnes, ont eu tendance à diminuer et ont fini par passer en dessous des 0,5 % (courbe de tendance verte, figure 40). Concernant les vétérinaires qui étaient au-dessous de 0,5 % sur les deux premières campagnes (en orange sur la figure 40), leur taux a eu tendance également à diminuer, même si la marge d'évolution était très restreinte. Pour les autres vétérinaires, qui avaient un taux supérieur à 0,5 % uniquement sur une des deux premières campagnes, leur proportion globale de bovins non négatifs a également eu tendance à diminuer et plus fortement que les autres vétérinaires (courbe de tendance violette, figure 40).

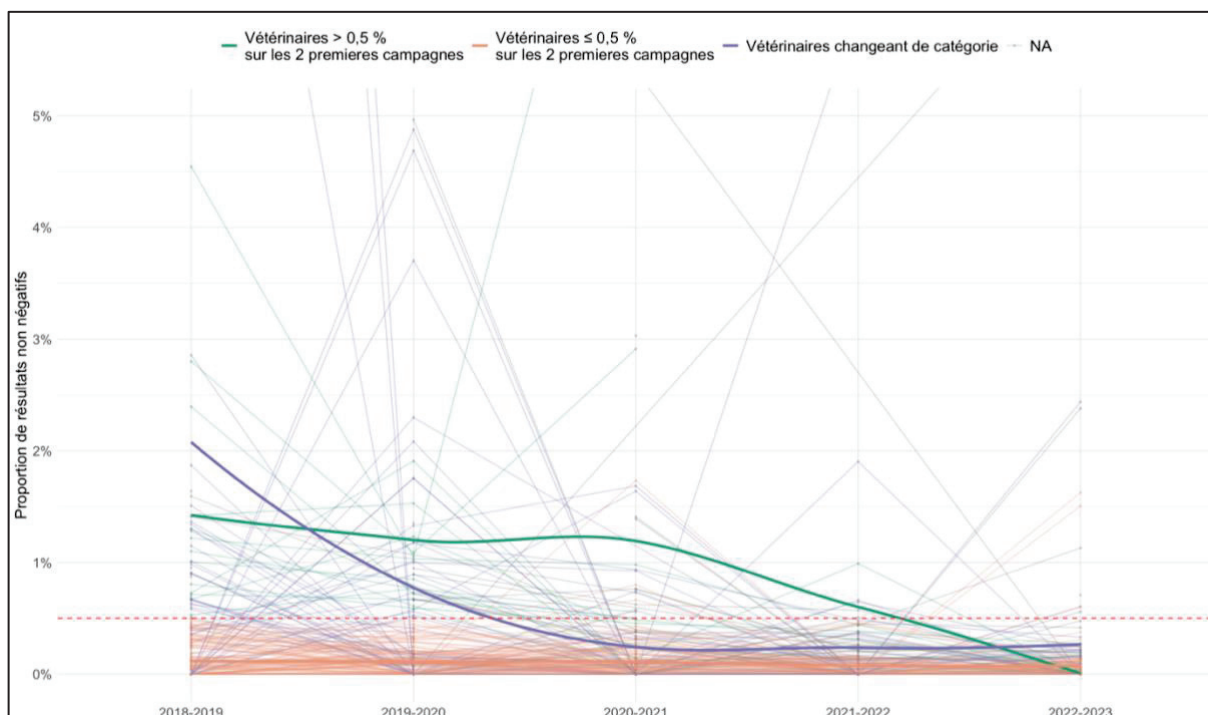


Figure 37 - Évolution du pourcentage de bovins testés non négatifs parmi l'ensemble des bovins testés de chaque vétérinaire au cours des cinq campagnes de prophylaxie. Chaque ligne représente un vétérinaire coloré en fonction des pourcentages globaux de bovins non négatifs au cours des deux premières campagnes de prophylaxie (en vert pour les vétérinaires ayant des taux de bovins non négatifs strictement supérieurs à 0,5 % au cours des deux premières campagnes, orange pour ceux ayant des taux inférieurs ou égaux à 0,5 % sur les deux premières campagnes et violet pour les vétérinaires strictement supérieurs 0,5 % uniquement pour une des deux premières campagnes). Les lignes colorées épaisses correspondent à la tendance moyenne de chacun de ces trois groupes de clinique vétérinaire). La catégorie NA (en gris) correspond aux vétérinaires qui n'ont pas participé aux deux premières campagnes. La ligne en pointillé correspond à la valeur attendue de 0,5 %.

En termes de répartition géographique, les départements dans lesquels le taux de résultats non négatifs par vétérinaire était le plus important sont la Charente-Maritime et les Pyrénées-Atlantiques. Malgré tout, la majorité des vétérinaires ont eu des taux inférieurs à 0,5 %, et la plus grande variabilité de résultats se trouvait dans le département des Deux-Sèvres (figure 41).

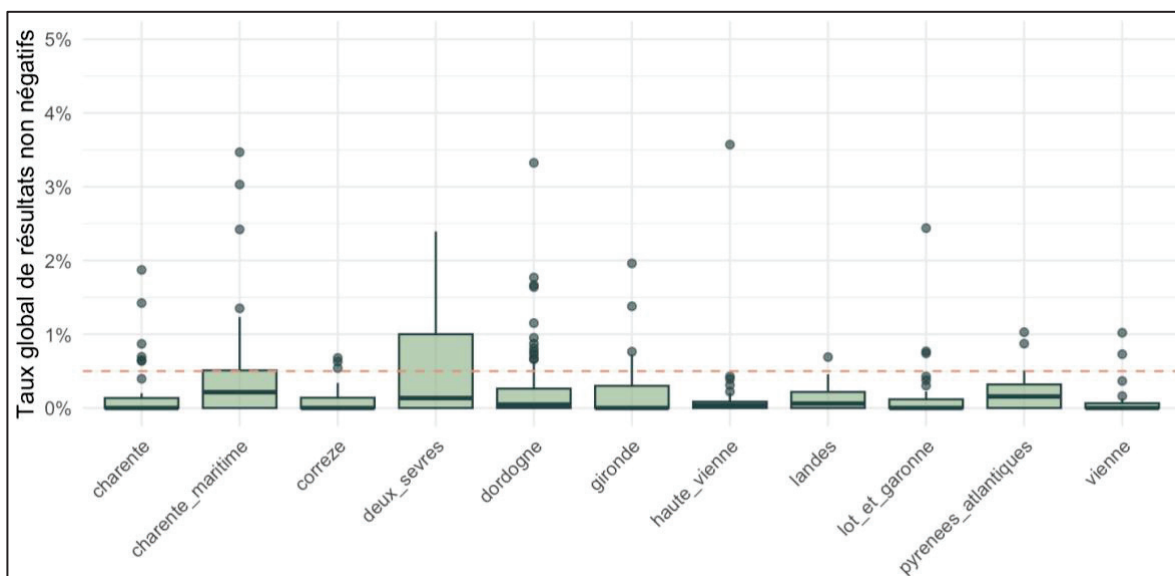


Figure 38 – Boxplot de la proportion de résultats non négatifs par vétérinaire en fonction des départements. La ligne en pointillé correspond à la valeur attendue de 0,5 %.

Lorsque l'on s'est intéressé à la relation entre le nombre de bovins non négatifs en fonction du nombre de bovins testés par vétérinaire, par rapport à la proportion de 0,5 % attendue (sous l'hypothèse d'un test avec une spécificité de 99,5 %), on a observé un écart significatif (0,195 %, $IC_{95\%} = [1,9 \cdot 10^{-3} ; 2,0 \cdot 10^{-3}]$, $n = 2\,301\,537$, $p\text{-value} < 2,2 \cdot 10^{-16}$). À la fois pour les vétérinaires ayant des ateliers sous APDI (en excluant les données issues des ateliers l'année de leur déclaration d'APDI) et ceux n'en ayant jamais eu, la proportion observée était autour de 0,19 % (figure 42).

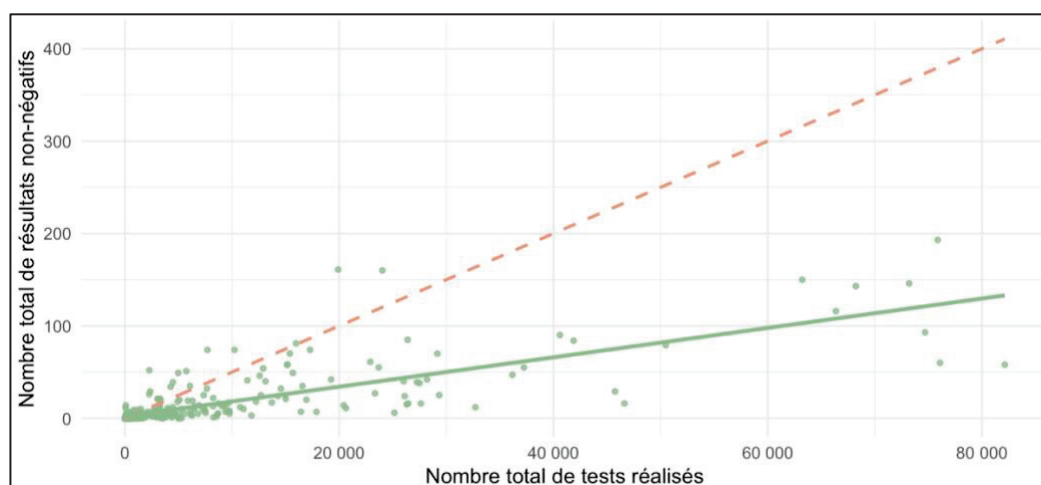


Figure 39 – Nombre de bovins avec un résultat non négatif en fonction du nombre de tests réalisés par vétérinaire. La ligne pointillée correspond à la droite de régression linéaire attendue avec un test ayant une spécificité de 99,5 % (ordonnée à l'origine = 0 et pente = 0,5 %), la droite verte correspond à la droite de régression linéaire estimée chez les vétérinaires.

Nous n'avons pas mis en évidence de corrélation ($r = -0,013$, $IC_{95\%} = [-0,117 ; 0,091]$, $n = 353$, $p\text{-value} = 0,805$) entre le nombre de foyers présents dans la clientèle d'un vétérinaire et son taux de résultats non négatifs (figure 43).

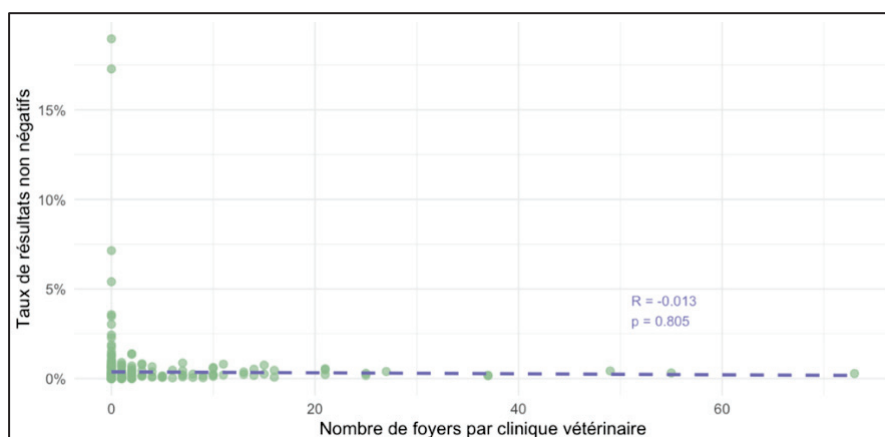


Figure 40 - Corrélation entre le nombre de foyers et taux de résultats non négatifs par vétérinaire. La droite pointillée violette correspond à la droite de corrélation de Pearson avec un coefficient de corrélation égal à -0,013.

Les vétérinaires ayant des foyers dans leur clientèle ont eu un taux de résultats non négatifs significativement plus élevé ($Z_1 = 6,8$ et $Z_2 = 5,5$, $p\text{-value}_1 = 2,7 \cdot 10^{-11}$ et $p\text{-value}_2 = 1,2 \cdot 10^{-7}$) que ceux sans foyers dans leur clientèle, y compris après avoir exclu les élevages ayant été placés sous APDI (figure 44). Mais au sein des vétérinaires ayant des foyers, aucune différence de taux n'a pu être mise en évidence ici selon si les foyers sont exclus des calculs totalement ou seulement l'année où ils sont foyers ($p\text{-value} = 0,76$).

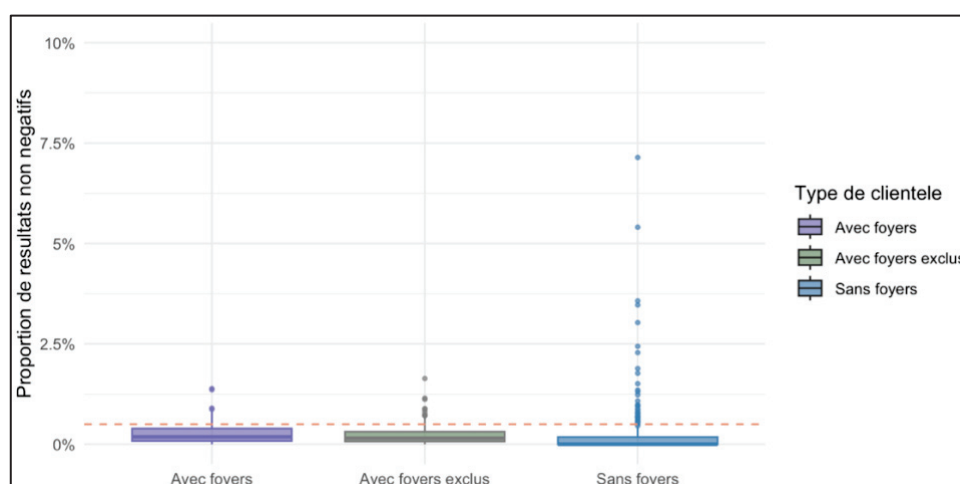


Figure 41 - Distribution de la proportion de résultats non négatifs par vétérinaire, selon la présence ou non de foyers dans la clientèle. La ligne en pointillé correspond à la valeur attendue de 0,5 %.

Résumé partiel des observations :

- Le pourcentage global de résultats non négatifs par vétérinaire était de 0,37%. La proportion de résultats non négatifs était plus importante au sein des ateliers non négatifs.
- 42,9 % des vétérinaires n'ont eu que des ateliers entièrement négatifs.
- Une diminution au cours du temps du taux de résultats non négatifs a été observée, encore plus importante pour les vétérinaires qui étaient au-dessus de 0,5 % sur les deux premières campagnes.
- Aucune corrélation n'a pu être mise en évidence en la présence de foyers et le taux de résultats non négatifs par vétérinaire. Cependant, un taux plus important a été mis en évidence au sein des vétérinaires qui avaient des foyers dans leur clientèle par rapport à ceux qui n'ont pas.

iv) Par département

En moyenne, la proportion de résultats non négatifs par département était de 0,27 %.

Tous les départements, à l'exception des Deux-Sèvres (dont le taux était de 0,75%) avaient un taux global de bovins non négatifs parmi l'ensemble des bovins testés inférieur à 0,5 %, variant de 0,098 % en Haute-Vienne à 0,32 % en Charente-Maritime (figure 45). Le pourcentage d'ateliers dans lesquels ont été identifiés des bovins non négatifs a varié de 3,5 % dans le Lot-et-Garonne à 8,9 % dans la Vienne (figure 46). En revanche, il était de 20 % dans les Deux-Sèvres. Le pourcentage moyen de résultats non négatifs dans les ateliers non négatifs a varié de 0,95 % dans la Vienne à 3 % dans les Landes (figure 47).

De plus, certains des départements qui avaient la proportion d'ateliers non négatifs les plus faibles se sont retrouvés à avoir les plus grands taux de résultats non négatifs au sein des ateliers non négatifs (les Landes, les Pyrénées-Atlantiques et le Lot-et-Garonne) (figures 46 et 47).

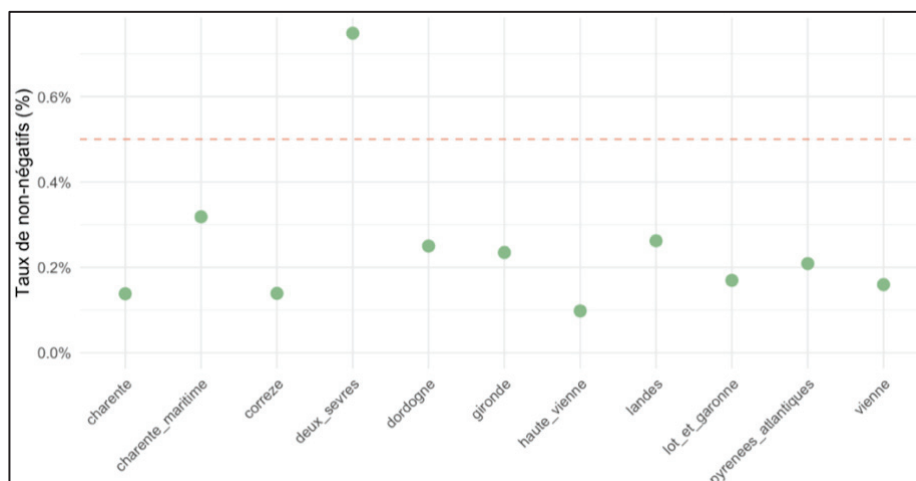


Figure 42 - Pourcentage global de bovins non négatifs parmi l'ensemble des bovins testés dans chaque département. La ligne en pointillé correspond à la valeur attendue de 0,5 %.

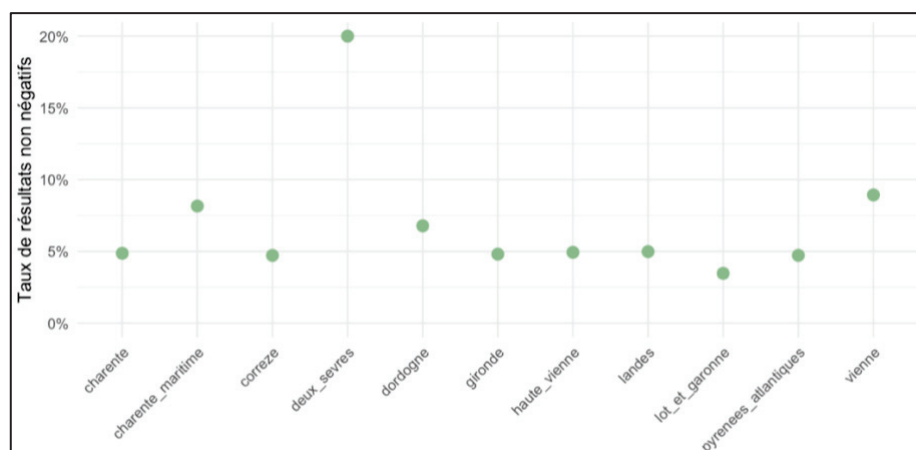


Figure 43 - Pourcentage d'ateliers dans lesquels des bovins non négatifs ont été identifiés dans chaque département

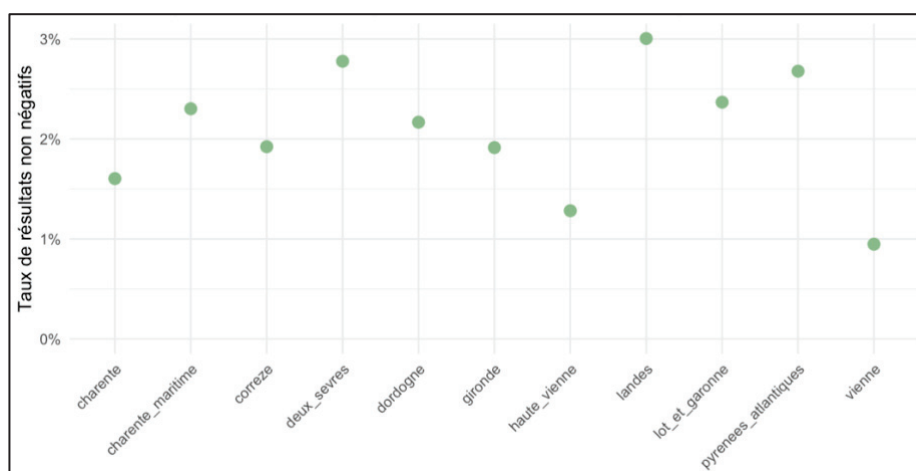


Figure 44 - Pourcentage de bovins non négatifs dans les ateliers non négatifs, par département

À l'exception des Deux-Sèvres, qui présente un pourcentage de bovins non négatifs supérieur à 0,5 %, mais dans lequel seulement 17 503 bovins ont été testés, le pourcentage de bovins non négatifs de tous les départements est inférieur à 0,5 %, y compris pour des départements dans lesquels un nombre important de bovins ont été testés. La droite de régression linéaire du nombre de bovins non négatifs en fonction du nombre de bovins testés avait une pente de 0,18 %, ce qui était significativement différent de la tendance attendue ($p\text{-value} = 1,1 \cdot 10^{-6}$) (figure 48).

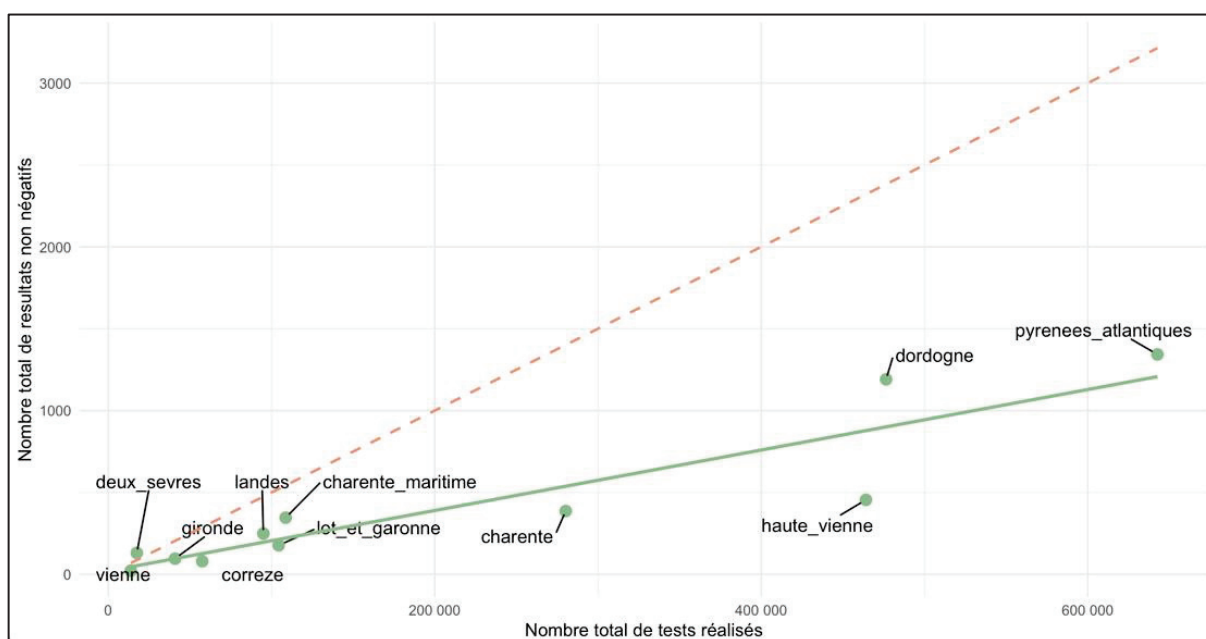


Figure 458 - Nombre de bovins non négatifs en fonction du nombre de bovins testés dans chaque département. La ligne pleine correspond à la droite de régression linéaire entre le nombre de bovins non négatifs et le nombre de bovins testés, avec une pente de 0,18 %. La ligne en pointillé correspond à la valeur attendue de 0,5 %.

Le département des Deux-Sèvres mis à part, le taux de résultats non négatifs par département avait tendance à diminuer au cours du temps. L'intervalle en fonction des départements est passé de 0,17 % à 0,47 % pendant la campagne 2018-2019, à un intervalle de 0 % à 0,24 % pendant la campagne 2022-2023 (figure 49). Dans les Deux-Sèvres, bien qu'initialement plus élevé, et malgré un pic de bovins non négatifs pendant la campagne 2020-2021, on observe la même tendance à la diminution de la proportion de bovins non négatifs passant de 0,85 % en 2018-2019 à 0 % en 2022-2023 (figure 49).

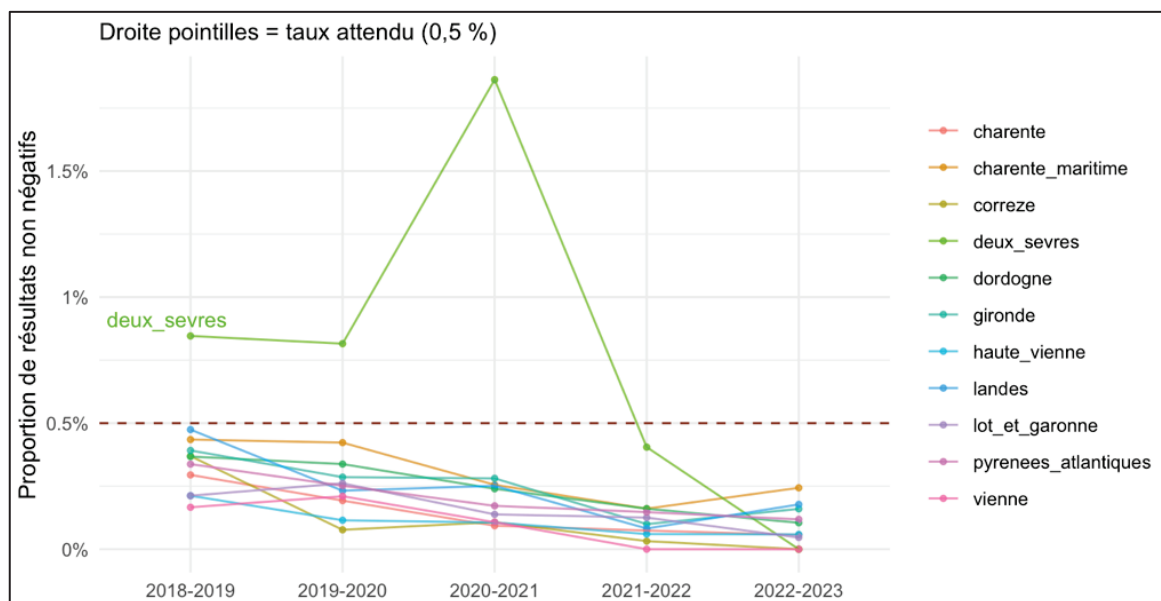


Figure 46 - Évolution de la proportion de bovins non négatifs parmi l'ensemble des bovins testés par département et par campagne de prophylaxie. La ligne en pointillé correspond à la valeur attendue de 0,5 %.

Une diminution de la proportion d'ateliers non négatifs par département au cours du temps a également été observée. L'intervalle en fonction des départements est passé de 3,8 % à 11,6 % pendant la campagne 2018-2019, à un intervalle de 0 % à 10,6 % pendant la campagne 2022-2023 (figure 50), sans compter le département des Deux-Sèvres qui, hormis le pic en 2020-2021, a également diminué en passant de 25,3 % en 2018-2019 à 0 % en 2022-2023 (figure 50).

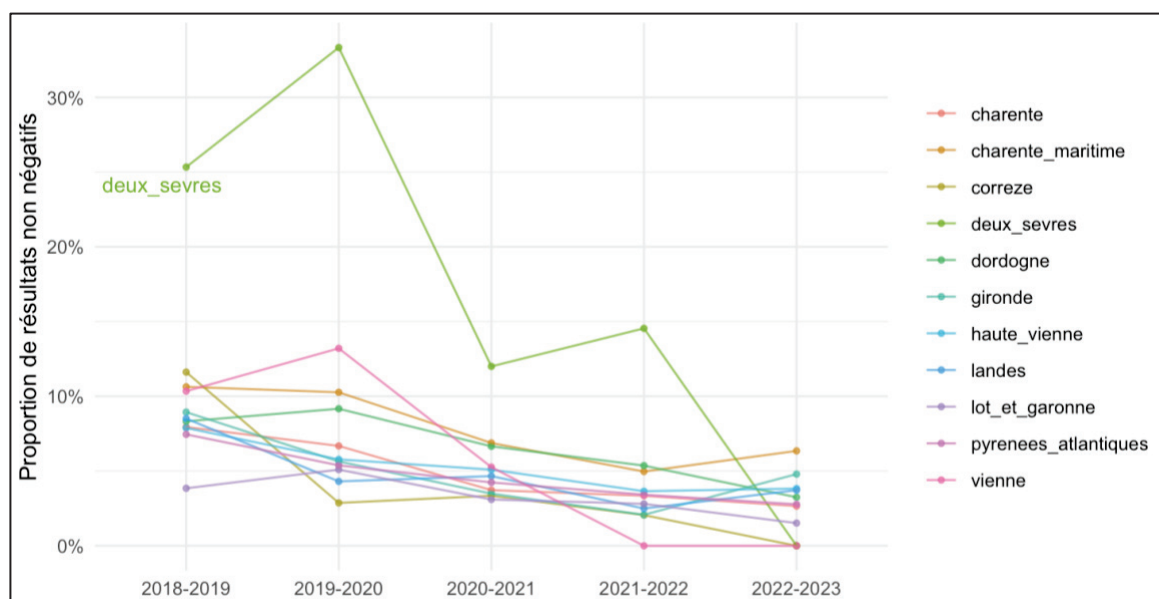


Figure 47 - Évolution de la proportion d'ateliers non négatifs par département et par campagne de prophylaxie.

On a retrouvé une diminution au cours du temps du taux de bovins non négatifs dans les ateliers non négatifs, mais pour uniquement la Dordogne, le Lot-et-Garonne et la Charente (figure 51), alors que le taux était relativement stable pour les autres départements. Le taux est passé d'un intervalle de 0,93 % à 3,5 % en 2018-2019, à l'intervalle de 1 % à 3,4 % en 2022-2023.

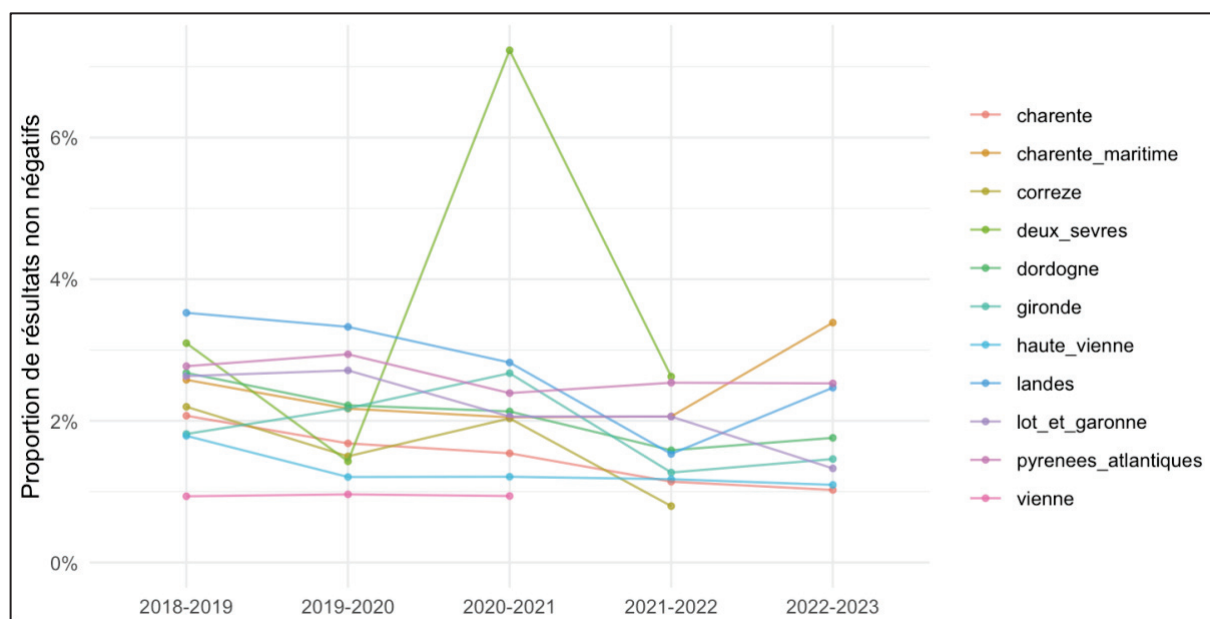


Figure 48 - Évolution de la proportion de résultats non négatifs dans les ateliers non négatifs par département, au cours des campagnes

Aucune corrélation n'a pu être mise en évidence ici ($r = -0,083$, $IC_{95\%} = [-0,65 ; 0,54]$, $n = 11$, $p\text{-value} = 0,808$) entre le nombre de foyers présents et le taux de résultats non négatifs par département (figure 52).

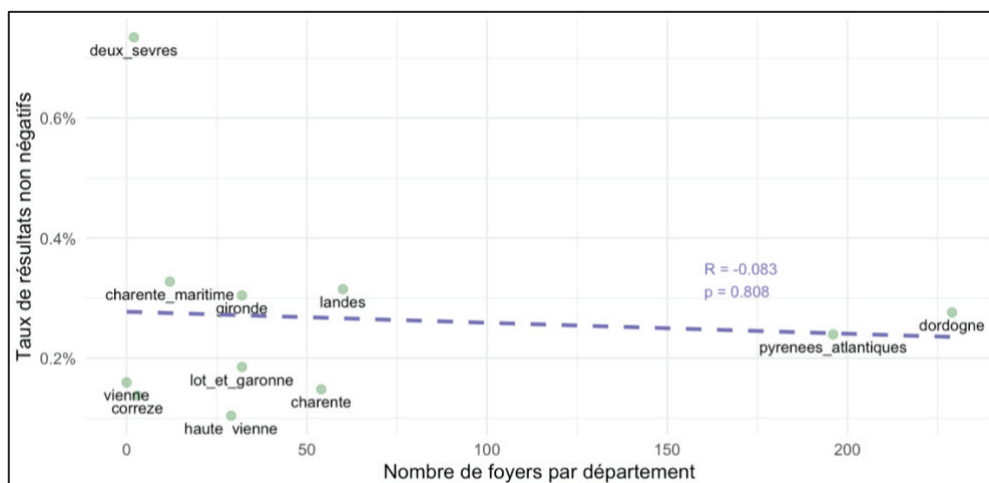


Figure 49 - Corrélation entre le nombre de foyers et le taux de non négatifs par département. La droite en pointillé violette correspond à la droite de corrélation de Pearson avec un coefficient de corrélation égal à -0,083.

Résumé partiel des observations :

- Le pourcentage global de résultats non négatifs par département était de 0,27%. La proportion de résultats non négatifs était plus importante au sein des ateliers non négatifs.
- Certains départements possédant les taux d'ateliers non négatifs les plus bas possédaient également les taux de résultats non négatifs au sein des ateliers non négatifs les plus hauts (Landes, Lot-et-Garonne et Pyrénées-Atlantiques).
- Une diminution au cours du temps du taux de résultats non négatifs et du taux d'ateliers non négatifs a été observée. Quant au taux de résultats non négatifs au sein des ateliers non négatifs, il est demeuré relativement stable au cours du temps.
- Aucune corrélation n'a pu être mise en évidence en la présence de foyers et le taux de résultats non négatifs par département.

v) Par commune

Lorsqu'on descend à l'échelle des communes, on a pu voir qu'il y a une surreprésentation des communes qui n'ont que des résultats négatifs, sauf peut-être dans les Deux-Sèvres (Figure 53).

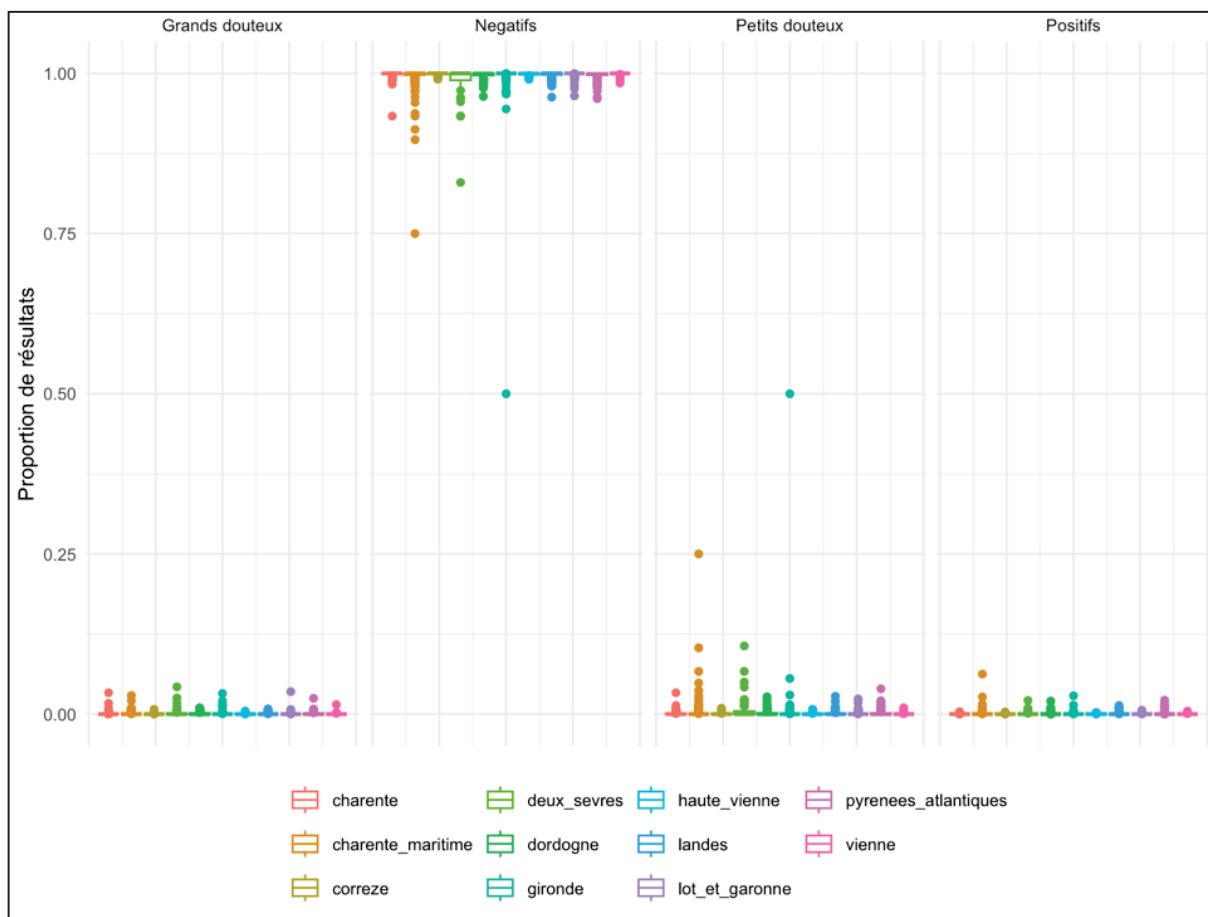


Figure 50 - Description des différents résultats obtenus par commune sur les cinq campagnes, selon le département

Les communes possédant un taux supérieur à 0,5 % représentaient 11,7 % de l'ensemble des communes (figure 54). Environ 58 % des communes (soit 1 479 communes) avaient des ateliers entièrement négatifs (figure 55). Il y avait une variabilité importante de cette proportion d'ateliers non négatifs par commune en raison de la présence de communes avec peu d'ateliers. En moyenne, le pourcentage global de résultats non négatifs dans les ateliers non négatifs par commune était de 3,9 % (figure 56). Il y avait plus de résultats non négatifs par commune au sein des ateliers non négatifs que dans tous les ateliers confondus.

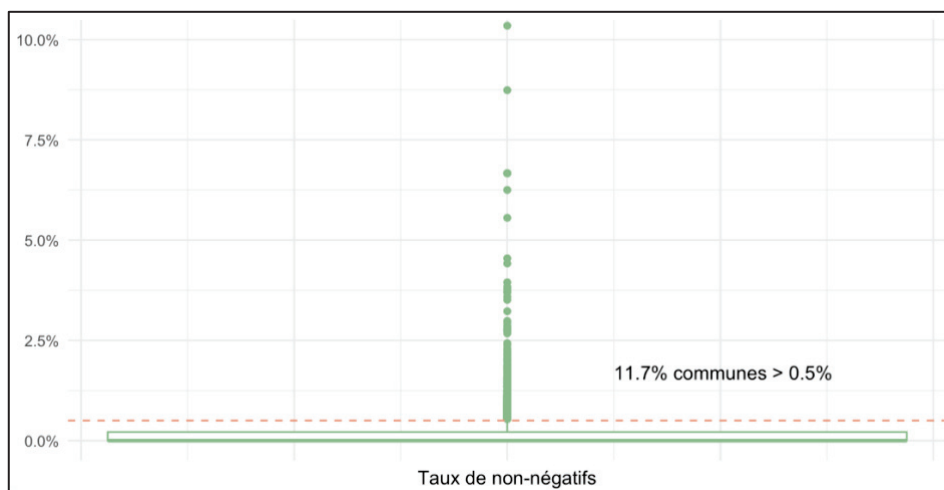


Figure 51 - Boxplot du pourcentage global de bovins non négatifs parmi l'ensemble des bovins testés par commune. La ligne en pointillé correspond à la valeur attendue de 0,5 %.

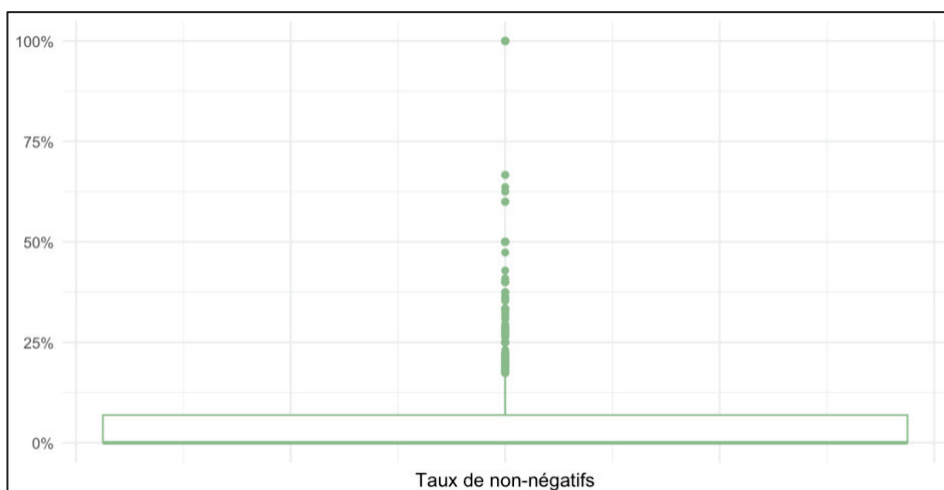


Figure 52 - Boxplot du pourcentage d'ateliers dans lesquels des bovins non négatifs ont été identifiés, par commune



Figure 53 - Boxplot du pourcentage de bovins non négatifs au sein des cheptels non négatifs, par commune

Lorsque l'on s'est intéressé à la relation entre le nombre de bovins non négatifs en fonction du nombre de bovins testés par commune, par rapport à la proportion de 0,5 % attendue (sous l'hypothèse d'un test avec une spécificité de 99,5 %), on a observé un écart significatif ($p\text{-value} = 2,0 \cdot 10^{-16}$). La proportion a été observée autour de 0,15 % (figure 57).

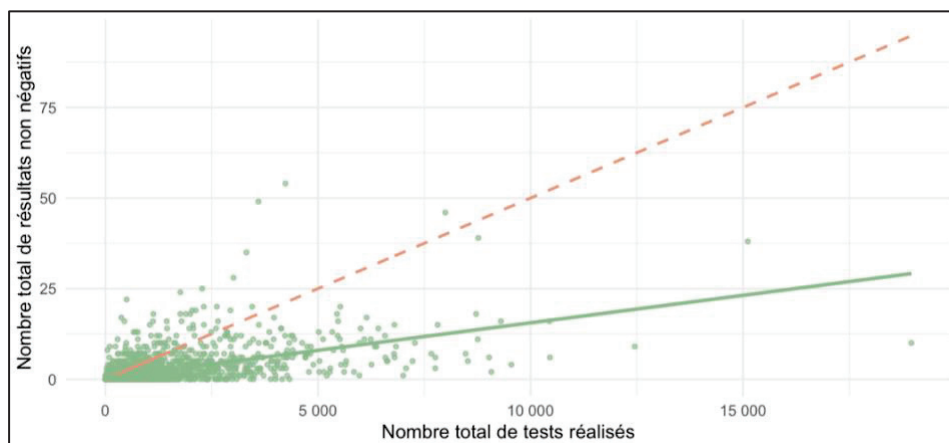


Figure 54 – Nombre de bovins avec un résultat non négatif en fonction du nombre de tests réalisés par commune. La ligne pointillée correspond à la droite de régression linéaire attendue avec un test ayant une spécificité de 99,5 % (ordonnée à l'origine = 0 et pente = 0,5 %), la droite verte correspond à la droite de régression linéaire estimée chez les vétérinaires.

Aucune corrélation n'a pu être mise en évidence ici ($r = 0,046$, $IC_{95\%} = 0,046 ; 0,084$, $p\text{-value} = 0,0197$) entre le nombre de foyers présents et le taux de résultats non négatifs par département (figure 58).

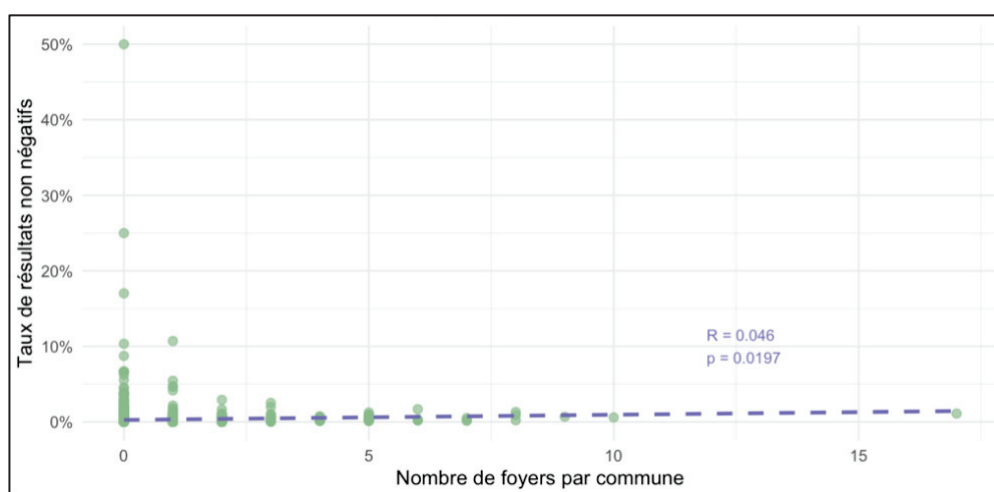


Figure 55 - Corrélation entre le nombre de foyers et le taux de non négatifs par commune. La droite en pointillé violette correspond à la droite de corrélation de Pearson avec un coefficient de corrélation égal à 0,046.

Les communes ayant des foyers ont eu un taux de résultats non négatifs significativement plus élevé ($W = 19\,949$, $p\text{-value} = 1,6.10^{-12}$) que ceux sans foyers (figure 59).

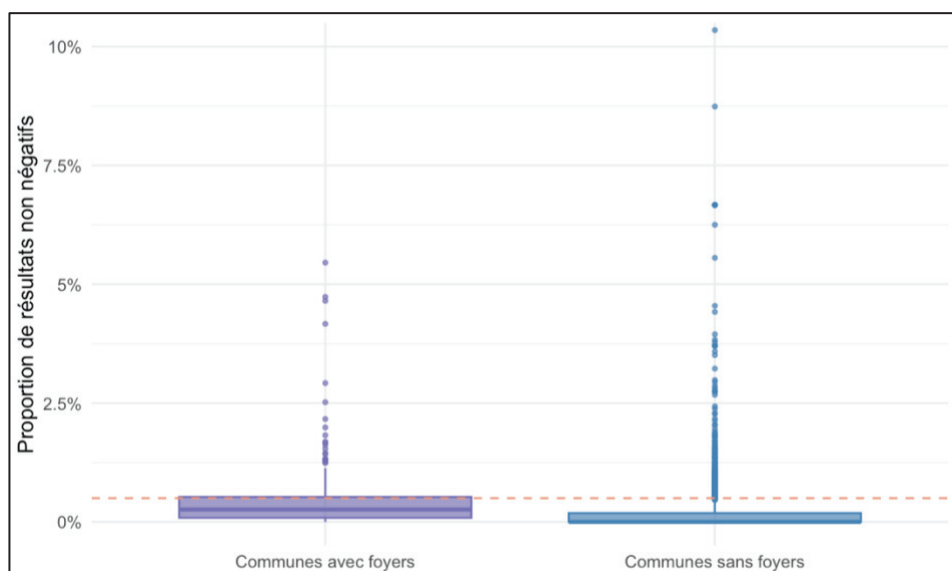


Figure 56 - Boxplot des proportions de bovins non négatifs par communes en séparant les communes dans lesquelles au moins un élevage a été mis sous APDI et celles qui n'ont pas eu d'élevages sous APDI depuis 2013. La ligne en pointillé correspond à la valeur attendue de 0,5 %. NB : Les élevages foyers (sous APDI) ont été exclues sur l'intégralité des campagnes de prophylaxie, quel que soit leur date d'APDI.

Résumé partiel des observations :

- Le pourcentage global de résultats non négatifs par vétérinaire était de 0,15%. La proportion de résultats non négatifs était plus importante au sein des cheptels non négatifs qu'au global.
- 58 % des communes n'ont eu que des ateliers entièrement négatifs, avec une variabilité de cette proportion en lien avec le nombre d'ateliers dans les communes.
- Aucune corrélation n'a pu être mise en évidence en la présence de foyers et le taux de résultats non négatifs par commune. Cependant, un taux plus important a été mis en évidence au sein des communes qui avaient des foyers par rapport à ceux qui n'ont pas.

vi) Par campagne

Le pourcentage global de résultats non négatifs a eu tendance à diminuer au cours du temps en passant de 0,34 % en 2018-2019 à 0,09 % en 2022-2023 (figures 60). On a également observé une diminution du pourcentage global d'ateliers possédant des résultats non négatifs au cours du temps en passant de 7,9 % en 2018-2019 à 3,1 % en 2022-2023 (figure 61). En revanche, le pourcentage de résultats non négatifs dans les ateliers non négatifs avait l'air un peu plus stable au cours du temps, bien que légèrement diminuant, en passant de 2,5 % en 2018-2019 à 1,8 % en 2022-2023 (figure 62).

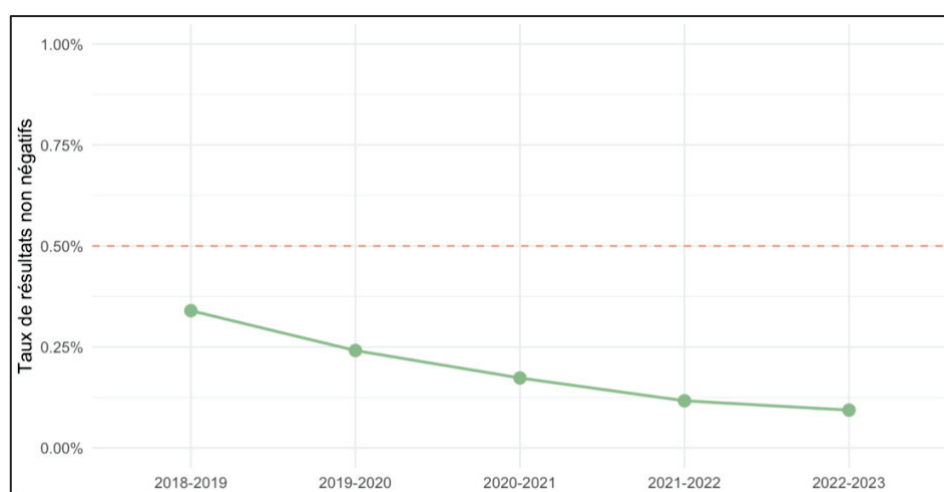


Figure 57 – Pourcentage global de bovins non négatifs parmi l'ensemble des bovins testés par campagne. La ligne en pointillé correspond à la valeur attendue de 0,5 %.

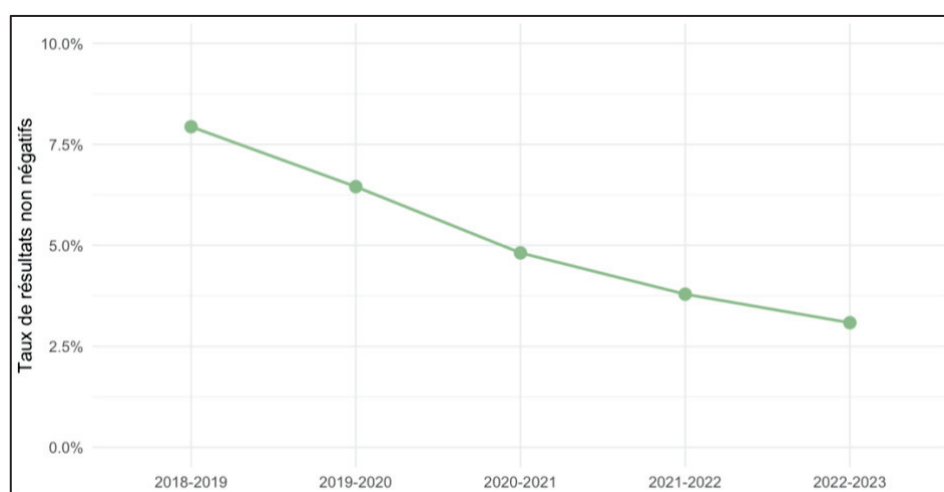


Figure 58 – Pourcentage d'ateliers dans lesquels il y a eu au moins un résultat non négatif en fonction par campagne

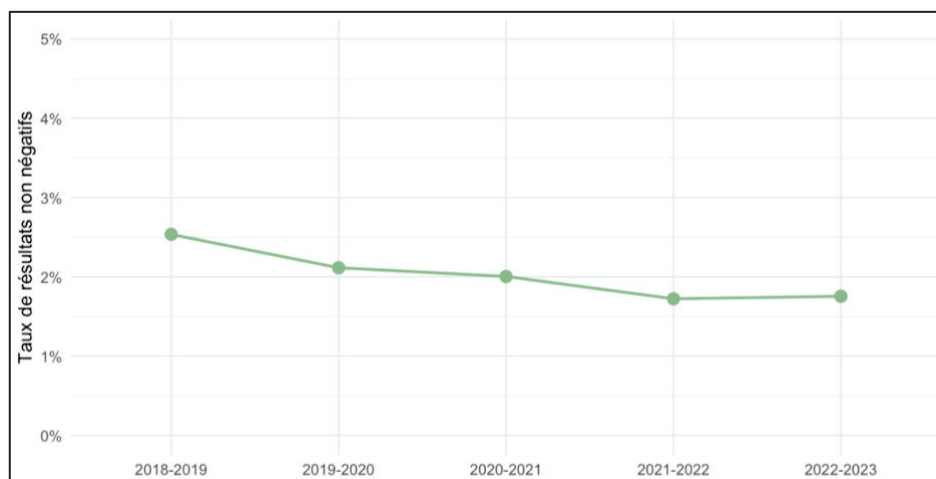


Figure 59 - Pourcentage de résultats non négatifs dans les ateliers non négatifs, par campagne

vii) Par ZPR

Le pourcentage global de bovins non négatifs en fonction de la présence en ZPR est sensiblement le même : 0,20 % pour les ateliers en ZPR contre 0,19 % pour ceux hors ZPR (figure 63). De même, le pourcentage global d'ateliers qui possèdent des résultats non négatifs est de 5,2 % pour les ateliers en ZPR et de 5,4 % pour ceux hors ZPR (figure 64). Le pourcentage de résultats non négatifs dans les ateliers non négatifs est de 2,2 % pour les ateliers en ZPR et de 2,0 % pour ceux hors ZPR (figure 65).

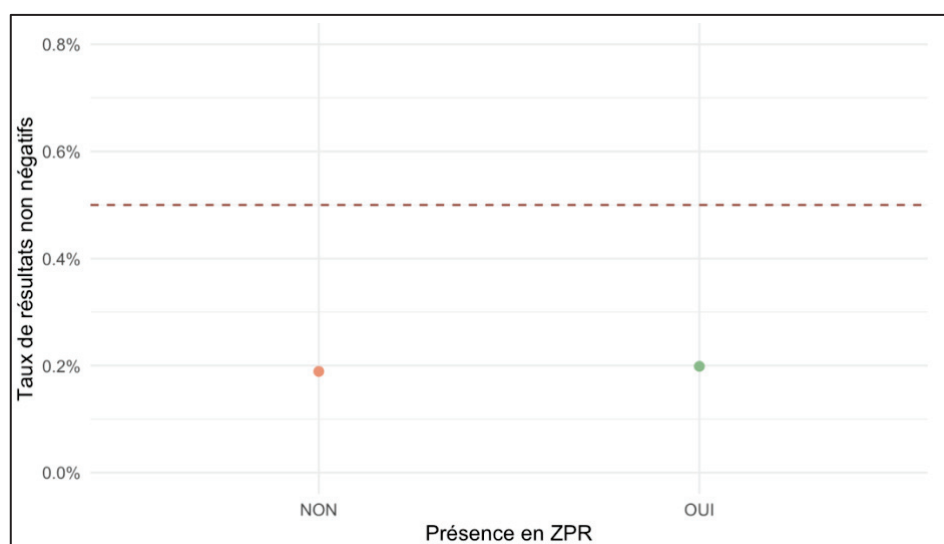


Figure 60 - Pourcentage global de bovins non négatifs parmi l'ensemble des bovins testés en fonction de leur présence en ZPR. La ligne en pointillé correspond à la valeur attendue de 0,5 %.

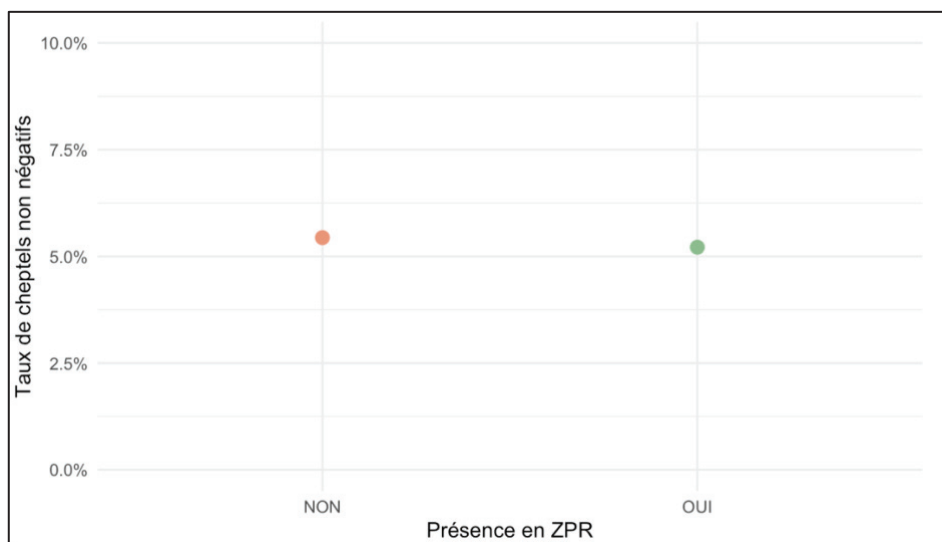


Figure 61 - Pourcentage d'ateliers dans lesquels il y a eu au moins un résultat non négatif en fonction de leur présence en ZPR

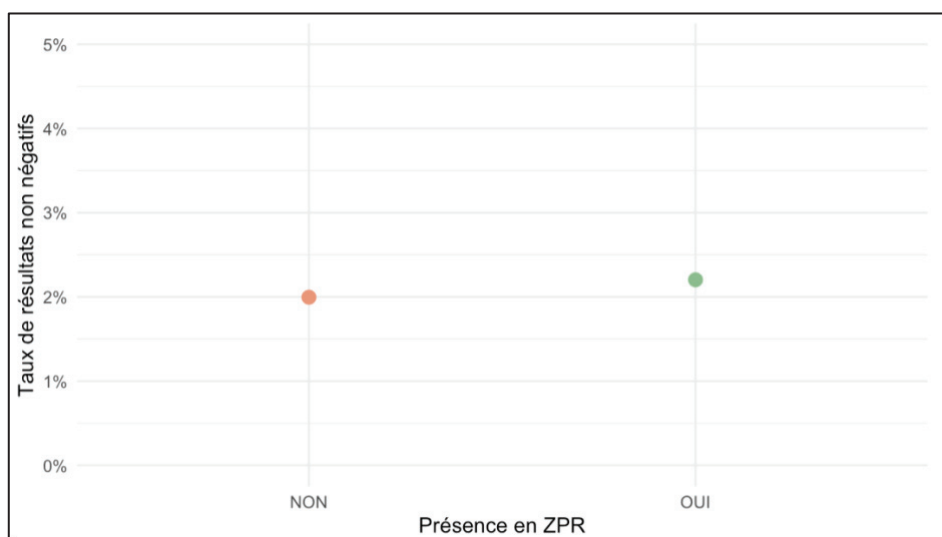


Figure 62 - Pourcentage de résultats non négatifs dans les ateliers non négatifs, en fonction de leur présence en ZPR

Résumé partiel des observations :

- Le pourcentage global de résultats non négatifs, la proportion d'ateliers non négatifs et le pourcentage global de résultats non négatifs au sein des ateliers non négatifs ont diminué en fonction des campagnes, bien qu'au sein des ateliers non négatifs, la diminution est bien plus faible.
- Il n'y a pas sensiblement eu de différence sur ces taux en fonction de la présence des ateliers en ZPR.

IV. Discussion

Dans cette thèse, nous avons analysé un jeu de données exhaustif de Nouvelle-Aquitaine portant sur les résultats de prophylaxie tuberculose de 15 391 ateliers sur cinq ans, pour un total de 2 467 785 bovins testés en IDC. Notre étude a permis de décrire l'évolution du pourcentage de résultats non négatifs, qui diminue au cours du temps de façon préoccupante, et ce, quel que soit le facteur étudié.

Actuellement, plusieurs hypothèses autour de cette diminution de résultats non négatifs au cours du temps sont envisagées. Tout d'abord, une mauvaise réalisation du test d'IDC serait mise en cause, pouvant s'expliquer par un manque d'implication du vétérinaire sanitaire, la contention et la docilité du troupeau testé, le manque de formation quant à la réalisation pratique de l'IDC (Gorecki *et al.*, 2012). Ensuite, une sous-déclaration de la part des vétérinaires serait envisagée, par manque d'acceptabilité du dispositif du fait des lourdes conséquences (Gorecki *et al.*, 2012, Guétin-Poirier, 2020). Une sélection génétique indirecte des bovins à ne pas réagir à l'IDC serait également suggérée par certains acteurs de terrains (ANSES, 2012). Enfin, une exposition plus importante à d'autres mycobactéries entraînant une augmentation de la réaction après stimulation à la tuberculine aviaire, pouvant négativer le résultat de l'IDC (ANSES, 2012).

L'impact de la diminution du taux de résultats non négatifs observée au cours du temps correspondrait à une augmentation apparente de la spécificité du test d'IDC qui entraînerait une diminution du nombre de bovins faussement positifs envoyés à l'abattoir pour réaliser un abattage diagnostique. Néanmoins, cette augmentation apparente de la spécificité de l'IDC pourrait s'accompagner d'une diminution de la sensibilité du test. Actuellement, le nombre de nouveaux foyers identifiés par IDC semble diminuer au cours du temps depuis la campagne de 2019-2020, ce qui pourrait être en faveur d'une diminution réelle de l'incidence de la tuberculose bovine ou d'une diminution uniquement apparente et associée à une baisse de sensibilité du dispositif de surveillance. L'étude de la proportion de résultats non négatifs à l'IDC était alors d'un enjeu capital.

a) Description des facteurs

Ce jeu de données contient une très grande proportion de cheptels complètement négatifs, ce qui est concordant avec les mesures de lutte en place. Les foyers identifiés au cours des différentes campagnes sont en majorité au sein des ateliers allaitants.

Certains départements de Nouvelle-Aquitaine continuent une prophylaxie systématique de leurs élevages (DGAL, 2020), ce qui justifie la présence de certains élevages hors ZPR au cours de toutes les campagnes de l'étude.

Le fait que l'identifiant vétérinaire ait été attribué à des cliniques ou des vétérinaires individuellement, sans que l'on puisse en faire la distinction limite les interprétations que l'on peut faire au niveau de ce facteur, bien que la forte proportion d'ateliers prélevés par le même vétérinaire laisse à penser que les vétérinaires inscrits à titre individuel sont minoritaires par rapport à l'enregistrement des cliniques vétérinaires. De ce fait, l'étude de ce facteur ne permet pas d'explorer les pratiques individuelles de chaque vétérinaire mais uniquement des pratiques communes au sein d'une clinique. Malgré cela, il est préoccupant de voir que 20 ateliers ont pu changer de clinique vétérinaire jusqu'à 4 fois sur leur présence totale en prophylaxie dans la période étudiée, ce qui pourrait être en parti expliqué par la présence de vétérinaires identifiés individuellement. La confrontation des vétérinaires à la maladie est extrêmement inégale car la plupart des vétérinaires n'ont aucun foyer dans leur clientèle, alors que certains en ont eu jusqu'à dix foyers sur la période étudiée.

Au sein de la région, on a pu observer des départements avec la présence de beaucoup d'ateliers de petite taille comme dans les Pyrénées-Atlantiques, qui présente le plus grand nombre de foyers détectés au cours des campagnes de prophylaxies. Contrairement à des départements comme les Deux-Sèvres et la Vienne, qui possèdent bien moins d'ateliers mais de plus grosse taille et qui n'ont pas eu de foyers détectés au cours d'une campagne de prophylaxie. L'augmentation de la taille et de la densité des élevages a été un facteur d'influence du taux d'incidence départemental de la tuberculose bovine mis en évidence d'après Beraka (2014). Les départements comportant le plus grand nombre d'ateliers sous ADPI sont la Dordogne et les Pyrénées-

Atlantiques, en concordance avec ce qui est observé sur la campagne de 2017-2018 d'après Reveillaux *et al.* (2021).

Au fil des campagnes, on a à la fois une diminution du nombre d'ateliers en prophylaxie à partir de 2019-2020, mais aussi du nombre de nouveaux foyers.

b) Description des résultats non négatifs

Peu importe le facteur observé, le taux global de résultats non négatifs était en très grande majorité en-dessous du taux attendu de 0,5 %. Seul le département des Deux-Sèvres, 11,7 % des communes et 14,2 % des vétérinaires ont eu un taux global au-dessus du taux attendu. Des différences marquées entre le taux global de résultats non négatifs et le taux d'ateliers non négatifs (entre le type d'atelier, au cours du temps ou en fonction des départements) ont été mises en évidence, et de manière moins marquée, sur le taux de résultats non négatifs dans les ateliers non négatifs. Ces différences en termes de taux globaux ont été reliées à une diminution de la proportion d'ateliers non négatifs, plus qu'à une diminution globale du nombre de bovins non négatifs. Cet aspect ne semble pas en faveur d'une pression de sélection génétique à la non-réaction à l'IDC chez les bovins testés.

i) Facteur type d'atelier

On a pu observer des différences entre les ateliers allaitants et les ateliers laitiers en termes de proportion de résultats non négatifs, avec un taux plus important au sein des ateliers laitiers. La proportion plus importante de vaches laitières a été un facteur d'influence du taux d'incidence départemental de la tuberculose bovine mis en évidence d'après Beraka (2014). En revanche, on observe une diminution de ce taux au cours du temps dans les deux ateliers, avec une pente plus importante pour l'atelier laitier que pour l'atelier allaitant (2,5 contre 1,4 pour l'atelier laitier).

ii) Contexte de réalisation des IDC

Contrairement à ce que l'on aurait pu penser, la présence des ateliers en ZPR ne semblait pas affecter la proportion de résultats non négatifs globale et au sein des ateliers non négatifs. Elle ne semblait pas non plus impacter la proportion d'ateliers non négatifs. Les ateliers sous APDI ont eu des taux de résultats non négatifs plus importants, y compris en supprimant les données correspondant à l'année de déclaration de l'APDI. Les communes et vétérinaires qui possèdent au moins un atelier sous APDI ont eu des taux de résultats non négatifs plus élevés. En revanche, il ne semblerait pas y avoir de corrélation entre le nombre de foyers et le taux de résultats non négatifs, à la fois selon les vétérinaires, les départements et les communes.

iii) Facteur vétérinaire

La proportion de vétérinaires ayant uniquement des résultats négatifs est de 42,9 %. Il pourrait s'agir de vétérinaires faisant peu d'IDC mais il y avait tout de même un grand nombre de vétérinaires qui faisaient beaucoup d'IDC (au-delà de 20 000 pour certains) et qui avaient un taux de résultats non négatifs en-deçà de 0,25 %. On a également pu observer cette diminution du taux de résultats non négatifs au cours du temps, y compris chez les vétérinaires qui avaient un taux supérieur à 0,5 % sur les deux premières campagnes. On aurait pu supposer, si le problème était uniquement lié à la réalisation du test ou une sous déclaration des résultats non négatifs par les vétérinaires, que le taux de ces vétérinaires n'aurait pas tendance à diminuer avec le temps. Cette diminution concerne tous les vétérinaires.

iv) Facteur département

Les départements qui possédaient le plus petit nombre de bovins et d'ateliers non négatifs étaient également ceux avec le plus grand nombre de bovins non négatifs dans les ateliers non négatifs. Les explications les plus probables à cette observation seraient que les ateliers concernés soient de plus faible effectif ou bien, qu'il pourrait exister une sous-déclaration des résultats non négatifs lorsqu'ils sont en faible nombre dans un atelier. Au niveau des départements, on a pu observer deux tendances différentes :

certaines départements voient leur taux diminuer au fil des campagnes (Dordogne, Charente et Lot-et-Garonne) alors que les autres ont un taux constant. Il n'est pas certain que cette diminution soit reliée à la présence de foyers étant donné que le département du Lot-et-Garonne ne faisait pas partie de ceux présentant le plus de foyers.

Un département se détache des autres dans son évolution : les Deux-Sèvres. En effet, il y a très peu de foyers découverts habituellement dans ce département, mais un des foyers a été découvert à l'abattoir entre 2015 et 2017, ce qui a justifié une intensification des mesures de lutttes et un dépistage prophylactique sur notre période d'étude. Étant donné le contexte de réalisation de ces IDC, on pourrait supposer qu'il y a eu une réalisation attentive des tests avec une déclaration exacte de tous les résultats. Malgré cela, on a également retrouvé une diminution importante du taux de résultats non négatifs au cours du temps dans ce département.

c) Perspectives

Le travail qui a été réalisé ici est une analyse descriptive univariée qui mériterait d'être poursuivie par une analyse multivariée au sein d'un modèle de régression logistique sur la proportion de résultats non négatifs d'une part, puis sur la proportion d'ateliers non négatifs. Cela permettrait d'évaluer la présence de facteurs de confusion entre les différentes variables considérées. Un essai de modélisation a été entrepris mais les résidus des modèles n'étaient pas normalement distribués et suggéraient la présence d'une surreprésentation des ateliers entièrement négatifs. Cette partie n'a donc pas été incluse dans le manuscrit mais devrait faire l'objet de modélisations spécifiques (notamment des modèles augmentés en zéro).

Une représentation cartographique des données et la recherche de facteurs de risque environnementaux à présenter plus ou moins de résultats non négatifs permettraient également de mieux appréhender les effets de zone géographique, et seraient une belle perspective à ce travail.

Une comparaison des observations de ce travail avec d'autres départements pratiquant la prophylaxie tuberculose par IDC (avec la Côte-d'Or ou la Normandie par exemple) serait également intéressante à réaliser.

Des études en sciences humaines et sociales devraient être financées pour mieux appréhender les déterminants de la bonne réalisation des IDC par les vétérinaires, et de l'acceptation ou non des résultats et du dispositif de surveillance dans son ensemble par les éleveurs.

Enfin, ce travail joue un rôle primordial dans l'accompagnement des acteurs de la surveillance de la tuberculose bovine, à la fois pour sensibiliser les vétérinaires sanitaires, mais aussi les éleveurs sur l'importance de la réalisation des tests d'IDC.

CONCLUSION

La surveillance de la tuberculose bovine est d'une importance capitale afin de limiter l'impact sanitaire de cette zoonose et de préserver le statut indemne de tuberculose de la France. La surveillance programmée en élevage repose principalement sur la réalisation du test d'intradermotuberculation comparative chez tous les bovins adultes des élevages concernés, selon un rythme et un âge variable en fonction du contexte sanitaire local. Théoriquement, ce test a une spécificité de 99,5 % et une sensibilité d'environ 80%, on s'attend donc à observer à minima 0,5 % de bovins positifs, y compris dans des élevages ou zones indemnes en contrepartie de la détection d'environ 80% des bovins infectés. Ce travail a permis d'observer et de décrire le taux de résultats non négatifs (petits douteux, grands douteux et positifs) et de regarder son évolution au cours des campagnes de prophylaxie de 2018 à 2023 en Nouvelle-Aquitaine.

Tout d'abord, la proportion de bovins non négatifs toutes campagnes et départements de Nouvelle-Aquitaine confondus est de 0,19 %, ce qui est inférieur au taux de 0,5 % attendu. Malgré certaines différences entre départements ou type d'atelier (0,41 % en laitier contre 0,15 % en allaitant), cette proportion reste inférieure au taux attendu de 0,5 % sur la quasi-intégralité des facteurs étudiés, en particulier selon les campagnes, départements, type d'atelier et l'appartenance de l'élevage à une zone de prophylaxie renforcée. De plus, seul 5,2 % des élevages, 11,7 % des communes et 14,2 % des cliniques vétérinaires présentes possèdent un taux supérieur à 0,5 %.

Plus préoccupant encore, le taux de bovins non négatifs diminue significativement au cours de la période étudiée, passant de 0,33 % en 2018-2019 à 0,09 % en 2022-2023. Cette diminution annuelle se traduit principalement par une diminution de la proportion d'élevages non négatifs (divisée par 2,5 en cinq ans) plutôt que par la diminution de la proportion de bovins non négatifs parmi les élevages non négatifs (divisée par 1,4 en cinq ans). Cette diminution au cours du temps s'observe dans tous les départements et quels que soient les facteurs étudiés (élevage, atelier de production, clinique vétérinaire, localisation géographique ou bien présence en ZPR). Elle s'observe également pour des cliniques vétérinaires présentant un taux de résultats non négatifs supérieur à 0,5 % au cours des deux premières campagnes de prophylaxie.

En termes de contexte de réalisation des IDC, nous n'avons pas observé d'association entre la présence de l'élevage dans une ZPR et le taux de résultats non négatifs. En revanche, même après avoir retrouvé leur statut indemne, les élevages préalablement identifiés comme foyers ont des taux de résultats non négatifs significativement plus élevés que les élevages indemnes. De plus, la présence d'au moins un foyer au sein d'une commune ou de la clientèle d'une clinique vétérinaire est associée à un taux de résultats non négatifs significativement plus élevé par élevage, y compris en excluant l'intégralité des élevages identifiés comme foyers.

À ce stade de l'étude, il serait pertinent de comprendre cette diminution du taux de résultats non négatifs au cours du temps. Actuellement, les hypothèses des acteurs de terrain seraient une mauvaise réalisation du test d'IDC ou une sous-déclaration de la part des vétérinaires, une sélection génétique indirecte des bovins à ne pas réagir à l'IDC, ou encore une exposition plus importante à d'autres mycobactéries entraînant une augmentation de la réaction après stimulation à la tuberculine aviaire, pouvant négativer le résultat. Quelle qu'en soit la cause, cette augmentation apparente de la spécificité de l'IDC s'accompagne probablement d'une diminution de sa sensibilité, qui mériterait d'être investiguée. Une étude de sciences humaines et sociales de terrain sur la perception générale du test d'IDC ainsi que les conditions dans lesquelles il est réalisé serait pertinente pour juger de la valeur des résultats obtenus. Il serait également pertinent de comparer les résultats obtenus en Nouvelle-Aquitaine à ceux des autres régions de France concernées par le dépistage prophylactique de la tuberculose, afin de déterminer si les mêmes tendances se retrouvent à l'échelle nationale.

Ce travail de thèse est primordial pour mettre en place une communication auprès des acteurs locaux (vétérinaires de terrain, éleveurs) afin de les avertir de nos observations et d'appuyer l'importance de la réalisation de ce test dans les meilleures conditions possibles.

BIBLIOGRAPHIE

- ANSES (2012). *Saisine n°2012-SA-0208 : agents interférant avec le dépistage de la tuberculose bovine* [Saisine]. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. <https://www.anses.fr/system/files/SANT2012sa0208.pdf>
- Anses (2021). *La tuberculose bovine, une maladie surveillée chez les animaux domestiques et sauvages*. Anses. <https://www.anses.fr/fr/content/la-tuberculose-bovine-une-maladie-surveilee-chez-les-animaux-domestiques-et-sauvages>
- Antoine, D., & Jarlier, V. (2010). *La tuberculose humaine à Mycobacterium bovis en France*. Santé publique France. <https://www.santepubliquefrance.fr/content/download/185523/2316193>
- 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. Journal officiel de la République française, n° 0241 du 15 octobre 2021, art. 8 et 20. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000044206674/>
- Arrêté du 25 juillet 2022 instituant une participation financière de l'État pour le dépistage de la tuberculose bovine. Journal officiel de la République française, n° 0174 du 28 juillet 2022, texte n° 31, annexe. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000046102823>
- Bénet, J.-J., 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*. Épidémiologie et santé animale, (50), 127–143.
- Bekara, M.E.A., (2014). *Impact de l'évolution du schéma de prophylaxie et des structures et pratiques d'élevage sur l'évolution de la tuberculose bovine en France entre les années 1965 et 2000: modélisation de l'incidence cheptel et de la dynamique de*

- transmission intra-élevage de l'infection* [Thèse de doctorat, Université Paris Sud-Paris XI]. HAL. <https://theses.hal.science/tel-01127068/file/2014PA11T063.pdf>
- Boschioli, M-L., et al. (2021). *Bilan des foyers de tuberculose bovine déclarés en France métropolitaine en 2020*. Plateforme d'épidémiosurveillance santé animale. https://www.plateforme-esa.fr/sites/default/files/2021-11/Breve_resultat_tub_2020_20210209_vf.pdf
- Boulaïbal, F., et al. (1998). *La tuberculose humaine à Mycobacterium bovis en France durant l'année 1995*. Bulletin épidémiologique hebdomadaire, (48), 207–209. https://www.santepubliquefrance.fr/content/download/183770/2310934&ved=2ahUKEwjv4fGlpJCRAxWyOfsDHRNJMxcQFnoECClQAQ&usg=AOvVaw0BvmZMOQ0xcwl2dC6_IC1n
- Cavalerie, L., et al. (2014). *Tuberculose bovine en France en 2014 : une situation stable*. Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation, (71), 4-11. <https://be.anses.fr/sites/default/files/BEP-mg-BE71-art1.pdf>
- Centre National de Référence des Mycobactéries et de la Résistance des Mycobactéries aux Antituberculeux (CNR-MyRMA). (2015). *Rapport d'activité pour l'année 2014*. http://cnrmyctb.free.fr/IMG/pdf//Rapport_CNR_2014_web.pdf
- Centre National de Référence des Mycobactéries et de la Résistance des Mycobactéries aux Antituberculeux (CNR-MyRMA) (2023). *Rapport d'activité pour l'année 2024*. https://cnrmyrma.fr/wp-content/uploads/2024/10/CNR-MyRMA_rapport_2023_web.pdf
- Crozet, G., Dufour, B., Rivière, J., (2020). *Étude des pratiques de dépistage de la tuberculose bovine par les vétérinaires sanitaires en France à travers des enquêtes qualitative et quantitative*. Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation, 90 (1). https://be.anses.fr/sites/default/files/O-039_2020-11-30_intradermotuberculation_Crozet_MaqF.pdf
- Delavenne C., et al. (2021b, 5 janvier). *Surveillance de la tuberculose due à Mycobacterium bovis en élevage bovin et faune sauvage en France métropolitaine en 2018 : résultats et indicateurs de fonctionnement*. Bulletin épidémiologique,

santé animale et alimentation. 94(2), 1–9. https://be.anses.fr/sites/default/files/R-012-MRE_2021-01-05_Tub-bov_delavenne_MaqFi.pdf

Delavenne C., et al. (2021a). *Tuberculose bovine : Bilan et évolution de la situation épidémiologique entre 2015 et 2017 en France métropolitaine*. Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation, (91), 1–9. https://be.anses.fr/sites/default/files/O-034_2021-08-04_Tub-Bilan_Delavenn e_MaqF.pdf

Direction générale de l'alimentation (DGAL). (2017a). *Instruction technique DGAL/SDSPA/2017-333*. Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire.

Direction générale de l'alimentation (DGAL). (2017b). *Instruction technique DGAL/SDSPA/N2006-8051*. Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire.

Direction générale de l'alimentation (DGAL). (2020). *Instruction technique DGAL/SDSPA/2020-654*. Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire.

Direction générale de l'alimentation (DGAL). (2023). *Instruction technique DGAL/SDSBEA/2023-52*. Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire.

Direction générale de l'alimentation (DGAL). (2024a). *Instruction technique DGAL/SDSBEA/2024-612*. Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire.

Direction générale de l'alimentation (DGAL). (2024b). *Instruction technique DGAL/SDSBEA/2024-613*. Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire.

Dubois, M. (2002). *Les tuberculoses chez l'animal et l'homme : actualités épidémiologique et diagnostique* [Thèse d'exercice vétérinaire, École nationale vétérinaire de Toulouse]. HAL. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04652186/document>

- Dufour, B., Benet, J.-J. (2013). De l'éradication à la réapparition de la tuberculose bovine en France : illustration des facteurs de complexité. *Épidémiologie et santé animale*, (64), 71-82. https://aeema.vet-alfort.fr/images/Documents/Ressources_en_épidémiologie/Revue_épidémiologie_et_santé_animale/Publications/2013/64.08.pdf
- Fediaevsky, A., et al. (2013). *Tuberculose bovine en France en 2012 : des signaux favorables mais une situation toujours complexe dans certaines zones*. Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation, 59, 4–10. <https://www.anses.fr/fr/system/files/BEP-mg-BE59.pdf>
- Fediaevsky, A., et al. (2014). *Tuberculose bovine en France en 2013 : Résultats d'une stratégie plus offensive*. Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation, 64, 4–11. <https://www.anses.fr/fr/system/files/BEP-mg-BE64EN.pdf>
- Forfait, C., et al. (2023a). *Surveillance de la tuberculose due à Mycobacterium bovis en France métropolitaine pour la campagne 2019-2020 : Résultats et indicateurs de fonctionnement*. Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation, 97, 1–23. https://be.anses.fr/sites/default/files/MRE-025_2023-03-29_Tub-2020_Forfait-MaqF.pdf
- Forfait, C., et al. (2023b). *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, 100, 1–30. https://be.anses.fr/sites/default/files/MRE-039_2023-12-22_Tuberculose_Forfait_VF.pdf
- Gorecki, S., et al. (2012). *Évaluation du dispositif national de surveillance épidémiologique de la tuberculose bovine en France à l'aide de la méthode OASIS*. Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation, 51, 9-12. https://be.anses.fr/sites/default/files/BEP-mg-BE51-art4_0.pdf
- Guétin-Poirier, V. (2020). *Étude des freins épidémiologiques, économiques et sociologiques à l'éradication de la tuberculose bovine en France* [Thèse de doctorat, Université Paris-Est]. HAL. <https://enva.hal.science/tel-04381316v1>

- Guérin-Poirier, V., et al. (2025). La tuberculose animale [polycopié des Unités de maladies réglementées des Écoles Nationales Vétérinaires françaises], 114p.
- Haddad, N., Crozet, G., Ruvoen, N., Muller, P. (2025). *La tuberculose animale à Mycobacterium bovis* [cours en ligne FormDS]. Unités de maladies réglementées des Écoles Nationales Vétérinaires françaises. Récupéré le 9 août 2025, de https://vetagro-sup.scenari-community.org/La%20tuberculose/co/La_tuberculose.html
- Hars, J., Richomme, C., Boschioli, M.L. (2010, 14 septembre). *La tuberculose bovine dans la faune sauvage en France*. Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation, 38, 28-31. <https://be.anses.fr/sites/default/files/BEP-mg-BE38.pdf>
- Johnson, L., et al. (2007). *Low-dose Mycobacterium bovis infection in cattle results in pathology indistinguishable from that of high-dose infection*. Tuberculosis (Edinburgh, Scotland), 87(1), 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.tube.2006.04.002>
- Keck, N., et al. (2014). *Particularité du dépistage et du diagnostic de la tuberculose bovine*. Épidémiologie et santé animale, 65, 5–19.
- Michelet, L., et al. (2015). *Infection with Mycobacterium microti in animals in France*. Journal of Clinical Microbiology, 53(3), 981–985. <https://doi.org/10.1128/JCM.02713-14>.
- Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. (2020). *La tuberculose bovine : Questions – Réponses*. <https://agriculture.gouv.fr/la-tuberculose-bovine-questions-reponses>
- Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. (2024). *Les enjeux de la lutte contre la tuberculose bovine*. <https://agriculture.gouv.fr/les-enjeux-de-la-lutte-contre-la-tuberculose-bovine>
- Palomino, J. C., & Martin, A. (2014). Drug resistance mechanisms in *Mycobacterium tuberculosis*. *Antibiotics*, 3(3), 317–340. <https://doi.org/10.3390/antibiotics3030317>
- Réveillaud, É. (2021). *Analyse descriptive de la situation sanitaire de la tuberculose à Mycobacterium bovis en région Nouvelle-Aquitaine en 2018*. Bulletin

épidémiologique, santé animale et alimentation, (94), 1–9. https://be.anses.fr/sites/default/files/MRE-001_2021-12-14_Tub_Reveillaud_MaqF.pdf

Rodwell, T. C., et al. (2010). *Tracing the origins of Mycobacterium bovis tuberculosis in humans in the USA to cattle in Mexico using spoligotyping*. International Journal of Infectious Diseases, 14 (Suppl 3), 129–135. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2009.11.037>

Union européenne. (2019). *Règlement délégué (UE) 2020/689 de la Commission complétant le règlement (UE) 2016/429 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les règles applicables à la surveillance, aux programmes d'éradication et au statut « indemne » de certaines maladies répertoriées et émergentes (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)*. Journal officiel de l'Union européenne, L 174, 211. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX%3A32020R0689>

Vayr, F., et al. (2018). *Occupational exposure to human Mycobacterium bovis infection : A systematic review*. PLOS Neglected Tropical Diseases, 12(1), e0006208. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006208>

Waters W. R., et al. (2006). *Early antibody responses to experimental Mycobacterium bovis infection of cattle*. Clinical Vaccine Immunology, 13(6), 648–654. <https://doi.org/10.1128/CVI.00061-06>

Whipple, D.L., Bolin, C.A., Miller, J.M. (1996). *Distribution of lesions in cattle infected with Mycobacterium bovis*. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation: 8(3), 351–354. <https://journals.sagepub.com/doi/epdf/10.1177/104063879600800312>

ANNEXES

Annexe 1 – Cheptels classés à risque sanitaire au regard de la tuberculose bovine – surveillance complémentaire (source : DGAL, 2024)

Origine du classement à risque		Contrôle de police sanitaire à mettre en œuvre dans l'élevage	Durée du classement à risque	Prophylaxie en élevage	Mesure lors des mouvement
Cheptel assaini	abattage total ou abattage sélectif	/	5 ans	IDC ou (IFG)* bovins de plus de 12 mois	Contrôle en IDC (ou IFG dans les départements autorisés) préalablement à la sortie de l'élevage de tous les bovins âgés de plus de 6 semaines mis en mouvement vers un autre élevage (hors filière d'engraissement). Un bovin qui aurait déjà été contrôlé en IDC en prophylaxie ou lors d'un contrôle de police sanitaire des animaux du troupeau conserve la validité de ce test pendant 4 mois.
Troupeau en lien aval : bovin issu du troupeau infecté, toujours vivant dans un troupeau	bovin réagissant au test de police sanitaire	/	3 ans		
	bovin négatif au test de police sanitaire mais n'ayant pas fait l'objet de 3 dépistages annuels ou bovin conservé par l'éleveur	/	3 ans ou jusqu'à élimination en abattage diagnostique du bovin issu		
Troupeau en lien voisinage	troupeau dont des bovins ont pu avoir des contacts directs ou indirects avec des bovins du troupeau reconnu infecté	IDC et interféron sur bovin de plus de 12 mois	5 ans		
Troupeau en lien avec un cas dans la faune sauvage	cas sur un blaireau	/	3 ans		
Troupeau en lien amont	troupeau où le bovin reconnu infecté est né ou a transité , troupeau où la mère du bovin infecté est présente	IDC et interféron sur bovin de plus de 12 mois	3 ans		
Non-respect des mesures réglementaires	Identification, circulation des animaux, obligation de formation en matière de biosécurité		jusqu'à la mise en place des mesures correctives permettant de répondre à ces obligations.		

- * Manade, Ganaderia et bovins +12 mois en Corse (cf I.

ÉTUDE RÉTROSPECTIVE DE LA PROPORTION DE RÉSULTATS NON NÉGATIFS EN INTRADERMOTUBERCULINATION COMPARÉE DE 2018 À 2023 DANS LE CADRE DE LA PROPHYLAXIE DE LA TUBERCULOSE BOVINE EN NOUVELLE-AQUITAINE

Auteur

THERIAS Margaux

Résumé

Cette étude rétrospective a permis de réaliser une description des données des campagnes de prophylaxie de la tuberculose bovine entre 2018 et 2023 en Nouvelle-Aquitaine, en particulier de la proportion de résultats non négatifs en intradermotuberculation comparée sur cette période. Alors que la proportion de bovins non négatifs attendue sous l'hypothèse d'un test avec une spécificité de 99,5 % est de 0,5 %, le taux global observé dans les données était de 0,19 % et restait inférieur à 0,5 % quel que soit le facteur étudié. L'étude met également en évidence une diminution marquée et régulière au cours des cinq années observées à la fois des taux de bovins non négatifs, d'élevages comprenant au moins un bovin non négatif et de la proportion de bovins non négatifs dans les élevages non négatifs. Par ailleurs, l'étude montre que les élevages ayant été identifiés comme foyers présentaient des taux de bovins non négatifs plus élevés que les élevages indemnes. De même les communes et vétérinaires dans lesquels des foyers ont été identifiés présentaient des taux de bovins non négatifs plus élevés. Ces résultats permettent de quantifier de façon objective la diminution du taux de bovins déclarés comme non négatifs lors de la prophylaxie tuberculose en Nouvelle-Aquitaine. D'autres travaux doivent être menés pour mieux caractériser la variabilité de ce taux de bovins non négatif, pour comparer ces observations avec celles d'autres régions françaises et pour mieux comprendre les causes de cette diminution.

Mots-clés

Tuberculose bovine, dépistage, Nouvelle-Aquitaine, spécificité.

Jury

Président du jury : **Professeur GILLOT-FROMONT Emmanuelle**

Directeur de thèse : **Docteur LURIER Thibaut**

2ème assesseur : **Professeur LAABERKI Maria-Halima**