



<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° 135

METHODES DE LUTTE ET GESTION DE LA BESNOITIOSE BOVINE PAR LES GDS EN REGIONS AURA ET PACA

THESE

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

Et soutenue publiquement le 3 décembre 2025
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

MOREL Aziliz

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2025 - Thèse n° 135

METHODES DE LUTTE ET GESTION DE LA BESNOITIOSE BOVINE PAR LES GDS EN REGIONS AURA ET PACA

THESE

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

Et soutenue publiquement le 3 décembre 2025
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

MOREL Aziliz

Liste des enseignants (07/11/2025)

NOM	Prénom	STATUT
ABITBOL	Marie	Professeur
ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences
ARCANGIOLI	Marie-Anne	Professeur
AYRAL	Florence	Maître de conférences
BARRETT	Laura	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 Emérite
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
CADORÉ	Jean-Luc	Professeur Emérite
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	Benoît	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	Emilie	Maître de conférences
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	Michael	Professeur
SERGENTET	Delphine	Professeur
STORCK	Fanny	Professeur
TORTEREAU	Antonin	Maître de conférences
VICTONI	Tatiana	Maître de conférences
ZENNER	Lionel	Professeur

Remerciements au jury

A Madame la Professeure Maria-Halima Laaberki,

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse,

Veillez trouver ici l'expression de mes remerciements respectueux.

A Monsieur le Professeur Thibaud Porphyre,

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon

Pour votre disponibilité, votre encadrement et vos conseils dans la réalisation du questionnaire et l'analyse des données recueillies,

Ma sincère gratitude.

A Monsieur le Professeur Lionel Zenner,

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon

Pour m'avoir proposé ce sujet de thèse et encadré dans mon travail, et m'avoir permis de découvrir la besnoitiose, son histoire et ses enjeux,

Mes sincères remerciements.

A Monsieur le Docteur Thibaut Lurier,

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon

Pour avoir accepté d'évaluer ce travail et prendre part à mon jury de thèse,

Mes remerciements chaleureux.

Table des matières

Liste des annexes.....	11
Liste des figures.....	13
Liste des tableaux.....	15
Liste des abréviations.....	17
Introduction.....	19
Partie 1	21
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	21
I. Le parasite : <i>Besnoitia besnoiti</i>	21
1. Taxonomie.....	21
2. Morphologie.....	22
a. Forme tachyzoïte.....	23
b. Forme bradyzoïte	23
c. Kystes à bradyzoïtes	24
3. Cycle parasitaire	25
4. Transmission.....	26
a. Transmission mécanique.....	26
b. Autres modes de transmission	28
5. Prolifération cellulaire et cycle lytique du parasite.....	29
II. La maladie : la besnoitiose bovine	30
1. Infection	30
a. Incubation.....	30
b. Phase fébrile ou phase aiguë.....	30
c. Phase des œdèmes ou phase subaiguë.....	31
d. Phase de sclérodermie ou phase chronique	33
2. Modifications hématologiques et biochimiques.....	36
a. Phase aiguë et subaiguë	36
b. Phase chronique	37
3. Réponse immunitaire de l'hôte.....	38
4. Rémission	41
5. Impact médical, zootechnique et humain.....	42
a. Reproduction.....	42
b. Production laitière.....	42
c. Production allaitante	43
d. Impact humain.....	43
e. Impact économique.....	44

III.	Epidémiologie	45
1.	Historique de la maladie	45
2.	Répartition géographique	45
a.	Dans le monde.....	45
b.	En Europe	47
c.	En France	49
3.	Epidémiologie descriptive	50
a.	Cas cliniques et subcliniques	50
b.	Dynamiques épidémique et endémique	51
c.	Saisonnalité	52
d.	Age.....	53
e.	Sexe	54
f.	Race et types de production	54
4.	Facteurs de risque	55
a.	Commerce et introduction d'animaux	55
b.	Promiscuité et mélanges d'animaux	55
c.	Transmission vectorielle et période estivale.....	56
d.	Maladie silencieuse et détection difficile.....	57
e.	Cycle méconnu et réservoir sauvage.....	57
f.	Immunodépression	57
g.	Facteurs liés au parasite	58
h.	Manque de mesures de prévention	59
IV.	Diagnostic	60
1.	Diagnostic différentiel	60
a.	Phases aiguë et subaiguë	60
b.	Phase chronique	60
2.	Méthodes diagnostiques	61
a.	Diagnostic clinique	61
b.	Histopathologie	62
c.	Méthode moléculaire (PCR)	63
d.	Méthode sérologique	64
(1)	Western blot ou immunoblot.....	65
(2)	ELISA	66
(3)	IFAT.....	69
(4)	MAT	69
V.	Méthodes de prévention et de lutte	70

1.	Vaccination	70
2.	Traitement.....	70
a.	Traitement historique	70
b.	Pistes de recherche	71
3.	Lutte vectorielle.....	73
a.	Lutte chimique.....	73
b.	Lutte mécanique.....	75
c.	Lutte biologique	76
d.	Lutte environnementale.....	77
VI.	Mesures de gestion de la maladie.....	78
1.	Réglementation	78
2.	Contrôle des importations et commerce international	79
3.	Accompagnement par les organismes sanitaires français : les GDS	80
a.	Présentation des GDS.....	80
b.	Les GDS et la besnoitiose bovine.....	81
4.	Contrôle des introductions.....	84
5.	Rassemblements et mélanges de bovins	85
6.	Campagnes de dépistage et surveillance départementale	87
7.	De la détection à l'assainissement : conduite d'un cheptel infecté.....	89
a.	Diagnostic de certitude	90
b.	Evaluation de la séroprévalence initiale.....	91
c.	Conduite en lots	91
d.	Elimination des bovins infectés	92
e.	Contrôle régulier de la séroprévalence et assainissement	95
8.	Communication entre éleveurs.....	96
9.	Formation et information.....	97
Partie 2		99
PARTIE EXPERIMENTALE		99
I.	Contexte et objectifs de l'enquête	99
II.	Matériel et méthode	100
1.	Population cible et zone d'étude	100
2.	Elaboration du questionnaire.....	102
3.	Récolte des données	102
4.	Analyse des résultats : outils graphiques et statistiques	103
III.	Résultats de l'enquête.....	104
1.	Présentation des territoires et de la situation en besnoitiose	104

a.	Importance de la filière bovine et pratiques courantes sur les territoires	104
b.	Dynamique épidémiologique et année d'apparition	107
c.	Routes de transmission identifiées par les GDS	108
d.	Prévalence	108
e.	Objectif de gestion des GDS et assainissement	111
f.	Communication des GDS	113
2.	Gestion sanitaire de la besnoitiose	115
a.	Surveillance	115
(1)	Mesures en place et statut systématique ou volontaire.....	115
(2)	Animaux concernés par le dépistage	117
(3)	Fréquence ou période de réalisation des dépistages.....	118
(4)	Couverture des mesures de surveillance	118
b.	Mesures de contrôle	120
(1)	Devenir des animaux infectés	120
(2)	Mesures de contrôle intra-troupeau conseillées et pratiquées.....	122
3.	Perception de la besnoitiose par les acteurs de la filière.....	127
a.	Importance de la besnoitiose pour les GDS	127
b.	Ressenti des GDS sur la perception des éleveurs.....	128
c.	Ressenti des GDS sur la perception des vétérinaires	131
d.	Impact économique estimé de la besnoitiose en élevage	131
4.	Perspectives et moyens d'appui des GDS	132
a.	Aides financières disponibles	132
b.	Partenaires extérieurs	134
c.	Mesures annexes à la surveillance	135
d.	Nouvelles mesures envisagées et limites à leur mise en place.....	135
IV.	Discussion	138
1.	Récolte des données	138
2.	Résultats de l'enquête.....	140
3.	Perspectives.....	152
	Conclusion	153
	Bibliographie	155
	Annexes	171

Liste des annexes

Annexe 1 : Questionnaire à destination des GDS	171
Annexe 2 : Tableau récapitulatif des prévalences individuelles et élevage dans chaque territoire	185

Liste des figures

Figure 1 : Hôtes intermédiaires et définitifs de 8 espèces du genre <i>Besnoitia</i> spp.....	21
Figure 2 : Schémas de l'ultrastructure des tachyzoïtes (à gauche) et bradyzoïtes (à droite) de <i>Besnoitia besnoiti</i>	22
Figure 3 : Photographie au MET d'un tachyzoïte (à droite) et de bradyzoïtes (à gauche).	22
Figure 4 : Structure d'un kyste à bradyzoïtes et de sa paroi (MET)	24
Figure 5 : Cycle parasitaire de <i>Besnoitia besnoiti</i>	26
Figure 6 : Probabilité de transmission de la besnoitiose via les insectes vecteurs en fonction de la distance entre bovins.	27
Figure 7 : Signes cliniques de la phase fébrile.....	31
Figure 8 : Signes cliniques en phase des œdèmes	32
Figure 9 : Lésions cutanées typiques de la phase chronique	33
Figure 10 : Kystes à bradyzoïtes macroscopiquement visibles en phase chronique.	34
Figure 11 : Lésions chroniques au niveau des mamelles, des testicules et des onglons.....	35
Figure 12 : Piégeage de tachyzoïtes de <i>B. besnoiti</i> par des NETs issus de PNN (MEB).....	38
Figure 13 : Inflammation et œdème périvasculaire dans le derme d'un bovin infecté par <i>B. besnoiti</i> (microscope optique, coloration HE).....	40
Figure 14 : Inflammation périkystique en phase chronique (microscope optique, coloration HE)	41
Figure 15 : Répartition géographique mondiale de <i>Besnoitia</i> spp. en 2012.....	46
Figure 16 : Expansion géographique de la besnoitiose bovine en Europe en 2019	48
Figure 17 : Expansion géographique de la besnoitiose bovine en France entre 2010 et 2016.....	49
Figure 18 : Répartition géographique des GDS ayant ou non recensé des cas de besnoitiose bovine sur leur territoire entre 2007 et 2017	50
Figure 19 : Méthodes diagnostiques possibles selon le stade de l'infection.....	61
Figure 20 : Réactions western blot pour des antigènes de tachyzoïtes (A) ou bradyzoïtes (B) de <i>B. besnoiti</i> , et d'autres parasites Sarcocystidés.....	65
Figure 21 : Répartition géographique des indemnités par le programme national FMGDS pour la besnoitiose	83
Figure 22 : Taux de résultats positifs parmi les bovins dépistés pour la besnoitiose lors de leur introduction dans un cheptel en 2021 en région AURA	85
Figure 23 : Répartition géographique des UGBTP des bovins et taille moyenne (en têtes) des troupeaux de bovins par surface collective (estives)	86
Figure 24 : Marche à suivre pour l'assainissement d'un troupeau.....	90
Figure 25 : Hiérarchisation des éliminations en fonction de leur statut vis-à-vis de la besnoitiose	93
Figure 26 : Localisation des régions cibles (à gauche), et départements des régions cibles (à droite).....	100
Figure 27 : Cartographie de la zone d'étude.....	101
Figure 28 : Cartes du nombre de bovins (en haut à gauche), nombre d'élevages bovins (en haut à droite), du ratio bovins laitiers/allaitants (en bas à gauche), et du ratio élevages laitiers/allaitants (en bas à droite) dans chaque territoire	101

Figure 29 : Ressenti des GDS face aux affirmations « La montée en estives/alpages OU comices et/ou concours de bovins est une pratique courante dans les élevages du département » (Q6 SQ03 et SQ04)	106
Figure 30 : Nombre de bovins allaitants et laitiers montant en estives chaque année dans les territoires où cette pratique est courante à très courante	106
Figure 31 : Dynamique épidémiologique et année de découverte de la besnoitiose sur chaque territoire	107
Figure 32 : Répartition des années de découverte de la besnoitiose selon le statut épidémiologique.....	107
Figure 33 : Routes de transmission de la besnoitiose entre élevages les plus fréquemment identifiées par les GDS	108
Figure 34 : Prévalence individuelle connue chez les bovins laitiers (à gauche), les bovins allaitants (au milieu), et les bovins totaux (à droite).	109
Figure 35 : Prévalence en élevages laitiers (à gauche), et en élevages allaitants (à droite) .	109
Figure 36 : Carte des objectifs de gestion de la besnoitiose des GDS	111
Figure 37 : Taux d'assainissement selon le type d'élevage et la dynamique épidémiologique.....	113
Figure 38 : Statut des éleveurs participant le plus fréquemment aux formations organisées par les GDS	114
Figure 39 : Catégories d'animaux concernés par chaque mesure de surveillance.....	117
Figure 40 : Ressenti des GDS face aux affirmations « La réforme à l'abattoir / L'euthanasie est le devenir principal des animaux infectés » (Q64 SQ04 et SQ05).....	121
Figure 41 : Importance de l'élimination et du traitement médical selon les GDS.....	121
Figure 42 : Mesures de contrôle les plus conseillées par les GDS et pratiquées par les éleveurs	122
Figure 43 : Nombre de mesures de contrôle conseillées et pratiquées par les GDS selon la dynamique épidémiologique	123
Figure 44 : Importance des mesures de contrôle en élevage de la besnoitiose selon les GDS.....	124
Figure 45 : Ressenti des GDS face aux affirmations « La conduite en lots est facile à mettre en place en pâture / bâtiment » (Q64 SQ01 et SQ02)	125
Figure 46 : Ressenti des GDS face aux affirmations « L'application de traitements anti-parasitaires externes sur les animaux / bâtiments est efficace pour le contrôle de la besnoitiose » (Q64 SQ08 et SQ09)	126
Figure 47 : Ressenti des GDS face aux affirmations Q19 SQ01-SQ02, SQ03-SQ04, SQ05-SQ06, SQ07-SQ08 concernant les éleveurs.....	128
Figure 48 : Ressenti des GDS sur la vision des vétérinaires au sujet de la besnoitiose	131
Figure 49 : Répartition des scores d'impact économique attribués par les GDS selon le type de production et le taux d'infection des élevage.....	132
Figure 50 : Proportion des GDS proposant des aides financières lorsque la mesure est disponible sur leur territoire et organismes rattachés	134
Figure 51 : Limites à la mise en place de mesures de lutte supplémentaires identifiées par les GDS.....	136

Liste des tableaux

Tableau I : Trousses commerciales ELISA disponibles et leurs principales caractéristiques ...	67
Tableau II : Indemnisation pour la besnoitiose par le programme national et les fonds régionaux du FMGDS.....	82
Tableau III : Taille de l'échantillon à dépister en fonction de la taille du troupeau	87
Tableau IV : Classement des filières de production selon leur ordre d'importance par les GDS	104
Tableau V : Nombre annuel d'introductions de bovins et ratio intro de chaque territoire ..	105
Tableau VI : Prévalence élevage selon la pratique des estives et comices sur chaque territoire (Q6 SQ03-04)	110
Tableau VII : Proportion d'élevages en plan d'assainissement et prévalence élevage dans chaque territoire	112
Tableau VIII : Années et statut de mise en place des mesures de surveillance par les GDS .	115
Tableau IX : Taux de dépistage pour chacune des mesures de surveillance dans les GDS concernés	119
Tableau X : Nombre de mesures de contrôle conseillées selon leur importance perçue par les GDS.....	124
Tableau XI : Classement des maladies non réglementées selon leur rang d'importance par chaque GDS	127
Tableau XII : Ressentis face aux affirmations Q19 SQ01-02 (A), SQ03-04 (B), SQ05-06 (C) et SQ07-08 (D) selon la dynamique épidémiologique et l'importance de la filière bovine.....	130
Tableau XIII : Coût annuel de la surveillance et du contrôle de la besnoitiose pour les GDS de la zone d'étude	133

Liste des abréviations

ADA : Adénosine désaminase
ADN : Acide désoxyribonucléique
AMM : Autorisation de mise sur le marché
APE : Anti-parasitaire externe
ASAT : Aspartate transaminase
AURA : Auvergne Rhône-Alpes
BKI : Bumped Kinase Inhibitor
BPQ : Naptho-quinone buparvaquone
BVD : Diarrhée Virale Bovine (Bovine Viral Diarrhea)
CK : Créatine kinase
Ct = Cycle Threshold
DDETSPP : Directions départementales de l'emploi, du travail, des solidarités et de la protection des populations
DEET : Diethyl-3-methyl-benzamide
DNC : Dermatose nodulaire contagieuse bovine
DO : Densité optique
EFSA : European Food Safety Authority / Autorité Européenne de Sécurité des Aliments
ELISA : Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay
ELQs : Endochin-like quinolones
ENVT : Ecole Vétérinaire Nationale de Toulouse
FESASS : Fédération Européenne pour la Santé Animale et la Sécurité Sanitaire
FCO : Fièvre Catarrhale Ovine
FMGDS : Fonds de Mutualisation des Groupements de Défense Sanitaire
FNGDS : Fédération Nationale des Groupements de Défense Sanitaire
FRGDS : Fédération Régionale des Groupements de Défense Sanitaire
GDS : Groupement de Défense Sanitaire
GTV : Groupement Technique Vétérinaire
HE : Hématoxyline et éosine
H2A : Histones 2A
IA : Insémination artificielle
IC : Intervalle de confiance
ICW : Inner Cyst Wall

IFAT : Indirect Fluorescent Antibody Technic
ITS-1 : Internal Transcribed Spacer 1
LDH : Lactate déshydrogénase
LGM : Lait de grand mélange
LPM : Lait de petit mélange
LSA : Loi de Santé Animale
LVD : Laboratoire Vétérinaire Départemental
MAT : Micro Agglutination Test
MEB : Microscopie électronique à balayage
MET : Microscopie électronique à transmission
METs : Monocyte-derived Extracellular Traps
MHE : Maladie hémorragique Epizootique
NETs : Neutrophil-derived Extracellular Traps
NR : Non renseigné
OCW : Outer Cyst Wall
OMSA : Organisation Mondiale de la Santé Animale
OR : Odds Ratio
OVS : Organisme à Vocation Sanitaire
PACA : Provence-Alpes-Côte-d'Azur
PBO : Piperonyl butoxide
PCR : Polymerase Chain Reaction
PNB : Polynucléaire basophile
PNE : Polynucléaire éosinophile
PNN : Polynucléaire neutrophile
Smic : Salaire minimum interprofessionnel de croissance
UGBTP : Unités Gros Bétail Temps Plein

INTRODUCTION

La besnoitiose bovine est une maladie parasitaire vectorielle infectant les bovins, causée par le protozoaire *Besnoitia besnoiti*. Les vecteurs du parasite sont des arthropodes piqueurs (stomoxes et tabanidés). La maladie s'exprime en trois phases : une première phase fébrile, une phase des œdèmes, puis la phase de sclérodermie (phase chronique) pendant laquelle des symptômes cutanés prédominent. Les animaux cliniques deviennent généralement des non-valeurs économiques, dont la seule issue est la réforme ou l'euthanasie.

Historiquement, les zones d'endémie de la besnoitiose bovine étaient les Pyrénées françaises et espagnoles, ainsi que la région d'Alentejo au Portugal. Après une résurgence au début des années 2000, l'expansion géographique de la besnoitiose sur le territoire français et européen n'a cessé de croître. Cela lui a valu la qualification de maladie émergente en Europe par l'EFSA en 2010 (EFSA, 2010).

Cette progression fulgurante a eu pour conséquence un intérêt croissant pour la besnoitiose et sa gestion : les recherches et investissements se sont faits plus nombreux. Malgré cela, des inconnues demeurent, et l'absence de traitement ou de vaccination efficaces limite grandement les options de prévention et de contrôle. Des recommandations, en lien avec les connaissances actuelles, concernant les méthodes de gestion ont été établies afin d'accompagner et motiver les acteurs de cette lutte. Cependant, l'absence de réglementation à l'échelle européenne et nationale, et d'une ligne directrice commune claire, renforcent les difficultés à leur mise en œuvre. La gestion de la besnoitiose bovine se base essentiellement sur le volontariat, et l'hétérogénéité de sa prise en charge entre les pays, et même au sein des régions et départements français, en témoigne.

Un état des lieux national et complet de la situation en besnoitiose et des méthodes de gestion des GDS a été réalisé en 2018 (Chemouni, 2018). Plus localement, des travaux ont été menés sur la situation épidémiologique de la besnoitiose en région PACA entre les années 2000 et 2015 (Freudiger, 2008; Fouquet, 2009; Esquerré, 2015). En région AURA, une étude épidémiologique rétrospective a été menée en Isère en 2023 (Picq, 2023), suivie d'un état des lieux de la prévalence chez les troupeaux laitiers à l'échelle de la région en 2025 (Lahondes et al., 2025).

Dans la continuité de ces travaux, nous nous sommes intéressés à la situation et la place de la besnoitiose bovine sur l'ensemble des régions AURA et PACA. Quelle est la situation épidémiologique actuelle ? Quelles sont les mesures en place ? Comment la maladie est-elle considérée dans chacun des départements ? Quels sont les objectifs concernant sa gestion ?

Dans une première partie, ce travail abordera les connaissances bibliographiques déjà établies à propos de la besnoitiose bovine. Dans une seconde partie expérimentale, nous analyserons les réponses des GDS des régions AURA et PACA à notre enquête, afin d'établir un état des lieux de la situation épidémiologique, des mesures en place, et de la vision des acteurs de la filière bovine à ce sujet. Nous nous intéressons également aux liens entre cette situation et les caractéristiques de chaque département.

PARTIE 1

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Le parasite : *Besnoitia besnoiti*

1. Taxonomie

Besnoitia besnoiti est un protozoaire appartenant au phylum Apicomplexa. Il fait partie de la famille des Sarcocystidae rassemblant les genres *Sarcocystis*, *Hammondia*, *Neospora*, *Toxoplasma*, et *Cystoisospora* (Ellis et al., 2000).

A l'heure actuelle, il existe 10 espèces identifiées de *Besnoitia*, différenciées notamment via l'analyse et le séquençage moléculaires de la séquence ITS-1 (Internal Transcribed Spacer 1) dans l'ADN ribosomal du parasite (Ellis et al., 2000). Quatre de ces espèces infectent les grands mammifères tels que le bétail, les équidés et cervidés : *B. besnoiti*, *B. caprae*, *B. tarandi* et *B. benetti*. Les six espèces restantes infectent les petits mammifères tels que les rongeurs, les lagomorphes et les marsupiaux : *B. darlingi*, *B. jellisoni*, *B. wallacei*, *B. oryctofelisi*, *B. akodoni* et *B. neotomofelis* (Figure 1) (Olias et al., 2011). En 2021, un article fait état d'une possible découverte d'une onzième espèce de *Besnoitia*, proche des espèces infectant les petits mammifères. L'hôte définitif serait le guépard et les hôtes intermédiaires ses proies (Scharas et al., 2021). Actuellement, aucune espèce de *Besnoitia* infectant l'humain n'a été identifiée.

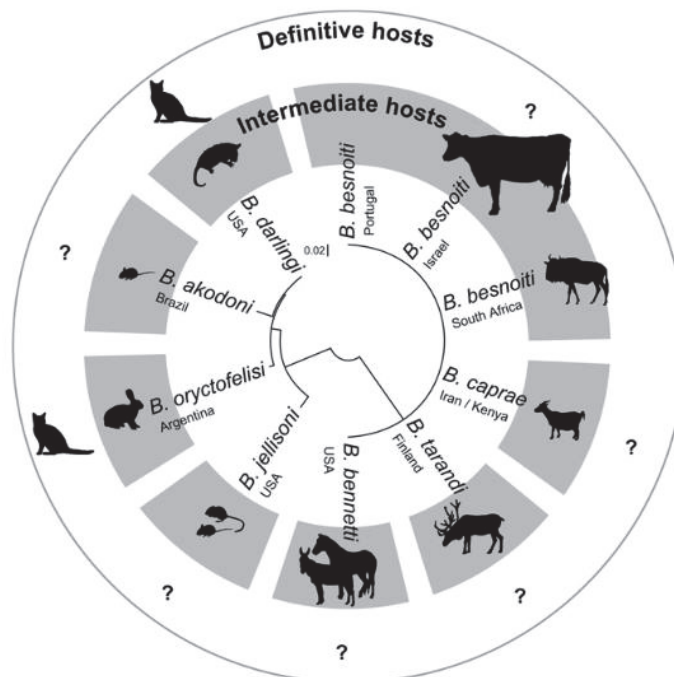


Figure 1 : Hôtes intermédiaires et définitifs de 8 espèces du genre *Besnoitia* spp.
Source : (Olias et al., 2011).

Plusieurs souches de *B. besnoiti* ont été isolées via des animaux infectés et maintenues en culture cellulaire dans divers pays. La première souche isolée est Bb-Israel en 1986 (Shkap et al., 1987a). Puis d'autres souches sont isolées en Europe à partir des années 2000 avec au Portugal Bb-Evora3 et Bb-Evora4 (Cortes et al., 2006; Frey et al., 2016) ; en Espagne Bb-Spain1, Bb-Spain2, Bb-Spain3, et Bb-Spain4 (Diezma-Díaz et al., 2019b; Fernandez-Garcia et al., 2009b; Frey et al., 2016; Gutiérrez-Expósito et al., 2016) ; en Allemagne Bb-Ger1 (Schaes et al., 2009) ; en France Bb-France (Liénard et al., 2011) ; et enfin en Italie Bb-Italy1 et Bb-Italy2 (Frey et al., 2016; Gentile et al., 2012).

2. Morphologie

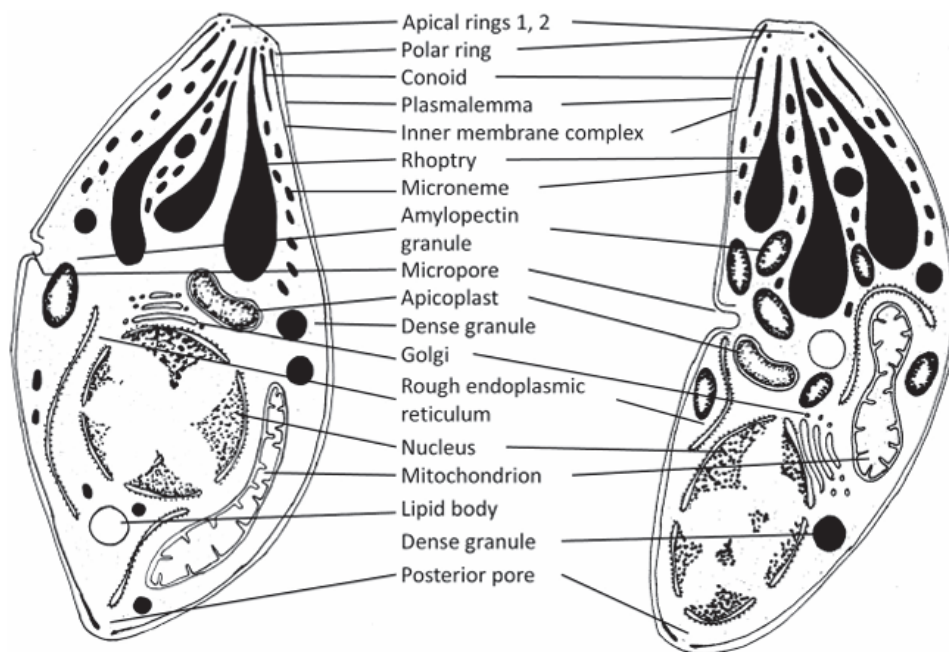


Figure 2 : Schémas de l'ultrastructure des tachyzoïtes (à gauche) et bradyzoïtes (à droite) de Besnoitia besnoiti. Source : (Langenmayer et al., 2015b)

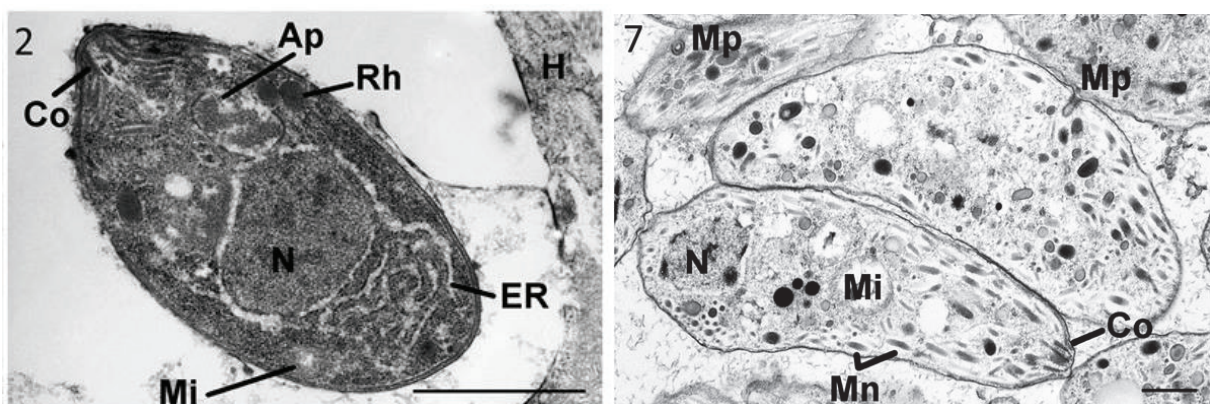


Figure 3 : Photographie au MET d'un tachyzoïte (à droite) et de bradyzoïtes (à gauche). Conoïde (Co), apicoplaste (Ap), rhoptries (Rh), cellule hôte (H), mitochondrion (Mi), réticulum endoplasmique (ER), micropore (Mp), noyau (N), micronèmes (Mn). Echelle = 1 µm. Source : (Langenmayer et al., 2015b)

Les tachyzoïtes et bradyzoïtes sont les formes de multiplication non sexuée de *Besnoitia besnoiti*. Ils se développent chez l'hôte intermédiaire du parasite.

a. Forme tachyzoïte

La forme tachyzoïte de *B. besnoiti* est sa forme proliférative en phase aiguë de la maladie, pendant laquelle elle se multiplie activement dans les cellules endothéliales des vaisseaux sanguins. On l'observe soit dans le cytoplasme de la cellule hôte, soit dans des vacuoles parasitophores. Sa morphologie peut varier d'une forme ovale ou ronde, en banane ou plus rarement en croissant, avec un pôle antérieur pointu et un pôle postérieur plus arrondi. Sa taille est d'approximativement 6-7,5 µm x 2,5-3,9 µm. Dans les cellules, les tachyzoïtes sont souvent organisés en grappe de raisin (Reis et al., 2006; Langenmayer et al., 2015b).

Son ultrastructure se rapproche de celles des autres coccidies (Figures 2 et 3). Le noyau est situé au milieu ou tiers postérieur du parasite. Le tachyzoïte possède des mitochondries, des rhoptries, des micronèmes, des anneaux apicaux, du réticulum endoplasmique, un conoïde, un apicoplaste, un appareil de Golgi, des granules denses et plus rarement des granules d'amylopectine. Sa membrane est composée de 3 couches. La couche la plus externe, aussi nommée plasmalemmme, est monocouche et entoure la totalité du parasite. Les deux couches les plus internes, ou complexe membranaire interne, sont discontinues au niveau des extrémités du parasite où elles forment les cercles polaires. La surface du parasite est recouverte de micropores (Langenmayer et al., 2015b).

Cette forme du parasite peut être cultivée et maintenue *in vitro* sur de nombreuses lignées cellulaires de mammifères (Cortes et al., 2014).

b. Forme bradyzoïte

Le bradyzoïte est la forme du parasite à multiplication plus lente, permettant sa résistance et sa survie dans l'hôte. Il possède une microstructure similaire au tachyzoïte (Figures 2 et 3), avec un noyau positionné dans la région postérieure de la cellule, des micronèmes, des rhoptries, des mitochondries, un conoïde, un appareil de Golgi, du réticulum endoplasmique, un apicoplaste, des granules denses, et des granules d'amylopectine. Sa membrane en trois couches est similaire à celles des tachyzoïtes. Comme les tachyzoïtes, sa partie antérieure est pointue et sa partie postérieure arrondie, mais sa forme est plus affinée et allongée (Langenmayer et al., 2015b). Sa taille est d'environ 1,6-8,2 µm x 1,7-2,0 µm (Dubey et al., 2013).

c. Kystes à bradyzoïtes

Les bradyzoïtes sont regroupés dans des kystes, constitués d'une cellule hôte contenant une vacuole parasitophore occupant la majorité de la place disponible dans le cytoplasme, et abritant de nombreux bradyzoïtes. Une vacuole peut abriter plus de 500 parasites (Cortes et al., 2006). Les cellules hôtes sont généralement hypertrophiées, possèdent de multiples noyaux élargis, ainsi que des organites cellulaires comprimés de manière circulaire autour de la vacuole parasitophore. Dans certaines cellules, on trouve deux vacuoles (Langenmayer et al., 2015a).

Il existe plusieurs nomenclatures définissant la structure de la paroi des kystes. La plus récente est celle de Langenmayer en 2015, qui la décrit comme suit (Figure 4) :

- *Outer Cyst Wall (OCW)* : présente chez les kystes matures, cette couche entoure la totalité de la cellule hôte de manière circulaire et possède une surface irrégulière. Elle est composée de fibrilles de collagène entremêlées organisées en lamelles concentriques.
- *Inner Cyst Wall (ICW)* : cette couche est située entre l'OCW et le cytoplasme de la cellule hôte. Elle peut être incomplète et d'épaisseur variable. Elle est probablement composée d'éléments issus de la matrice extracellulaire.

Ensemble, l'OCW et l'ICW forment une barrière protégeant le kyste de la réponse immunitaire cellulaire de l'hôte, constituant ainsi un mécanisme d'évasion au système immunitaire très efficace par séquestration de la cellule hôte des tissus adjacents (Langenmayer et al., 2015a).

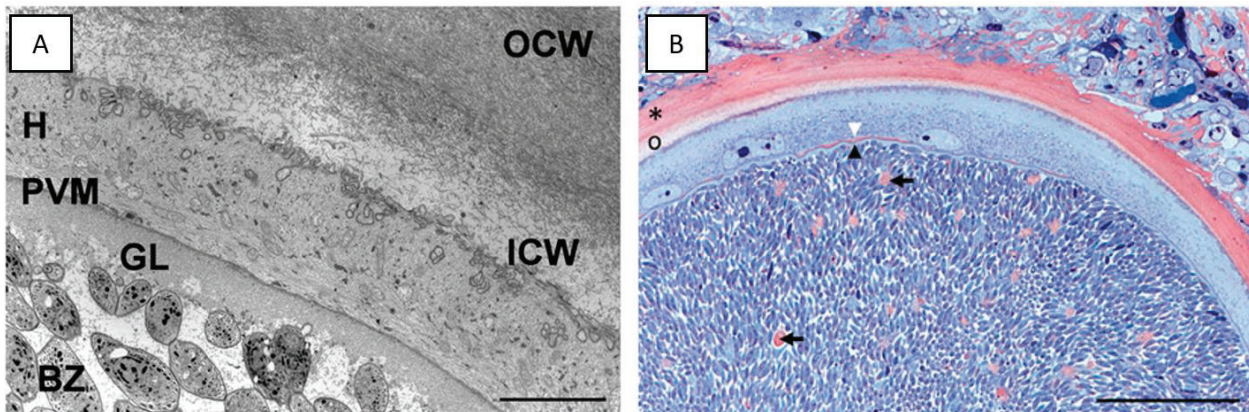


Figure 4 : Structure d'un kyste à bradyzoïtes et de sa paroi (MET).

A : Paroi d'un kyste à bradyzoïte. Echelle = 5 μ m. Bradyzoïte (BZ), couche granulaire (GL), vacuole parasitophore (PVM), cellule hôte (H), Inner Cyst Wall (ICW), Outer Cyst Wall (OCW).

B : Kyste à bradyzoïte coloré au bleu de toluidine et safranine. Echelle = 50 μ m.

Source : (Langenmayer et al., 2015b)

La formation d'un kyste débute par une cellule hôte hypertrophiée sans paroi kystique, possédant un ou deux noyaux et un seul zoïte. La paroi kystique se forme progressivement, avec l'apparition de l'ICW aux bordures irrégulières. La vacuole parasitophore est encore petite, et contient des bradyzoïtes de plus en plus nombreux se multipliant par endodyogénie. La cellule hôte s'élargit graduellement, avec en parallèle une augmentation de la taille de la vacuole parasitophore, et le développement en périphérie de l'OCW (Langenmayer et al., 2015a). Lors de ce processus, les bradyzoïtes connaissent une augmentation de leur taille, associée à une accumulation de granules d'amylopectine et de micronèmes dans leur cytoplasme (Dubey et al., 2013).

La taille d'un kyste peut varier d'environ 10 µm (immature) à 410 µm de diamètre en fin de maturation, environ 70 jours post-infection. Les kystes les plus vieux ne grossissent plus, avec un équilibre supposé entre multiplication et apoptose des bradyzoïtes. Des kystes proches peuvent coalescer par jointure de leur OCW (Dubey et al., 2013; Langenmayer et al., 2015a). La durée de vie des kystes n'est pas établie précisément, mais ils peuvent subsister au moins 10 ans chez l'animal (Alzieu et al., 2011).

3. Cycle parasitaire

Le cycle hypothétique des espèces de *Besnoitia* de grands mammifères est hétéroxène (Figure 5). L'hôte intermédiaire serait une proie et l'hôte définitif un prédateur, comme ce qui a été démontré chez les espèces de *Besnoitia* des petits mammifères. L'hôte définitif se contaminerait en consommant de la viande infectée de kystes de l'hôte intermédiaire. L'hôte intermédiaire s'infecterait quant à lui en ingérant des oocystes excrétés dans les matières fécales de l'hôte définitif. La transmission de *B. besnoiti* est également possible d'hôte intermédiaire à hôte intermédiaire (Olias et al., 2011). Les tachyzoïtes et bradyzoïtes sont les formes de multiplication non sexuée retrouvées chez l'hôte intermédiaire, tandis que les schizontes et gamontes seraient les formes de multiplication sexuée retrouvées chez l'hôte définitif (Dubey et al., 2003).

Les hôtes intermédiaires de *Besnoitia besnoiti* sont des ruminants. Le parasite peut aussi bien infecter des espèces sauvages comme l'impala, le kudu, le gnou, que des bovins domestiques (Bigalke et al., 1967; Malatji et al., 2023).

L'hôte définitif de *B. besnoiti* est pour l'instant inconnu. Le chat étant l'hôte définitif de quatre espèces de *Besnoitia* infectant les petits mammifères, il est suspecté que celui de *B. besnoiti* soit un carnivore, plus précisément un félin sauvage, mais sans identification formelle pour le moment (Olias et al., 2011). Pendant plusieurs années, il a été admis que l'hôte définitif était le chat, à la suite des travaux de Peteshev. Il a déclaré dans ces travaux avoir mis en évidence une excrétion fécale d'oocystes chez des chats domestiques et sauvages après les avoir nourris avec de la viande de bovins infectés (Peteshev et al., 1974). Mais cette hypothèse a été ensuite réfutée par d'autres auteurs. De nombreuses études ont été menées sur des espèces diverses sans parvenir à identifier un hôte définitif. Diesing a réalisé des expériences sur des félinés, des carnivores, des reptiles et vautours sans succès (Diesing et al., 1988). En 2012, une étude sérologique sur de nombreux carnivores européens (loups, renards, fouines, chats domestiques et sylvestres, genettes, mangoustes, etc) n'a pas donné de résultats (Millán et al., 2012). Plus récemment, de l'ADN de *Besnoitia* a été découvert dans les fèces de quatre

renards roux *Vulpes vulpes*, mais leur rôle dans le cycle du parasite n'est pas encore établi (González-Barrio et al., 2021b). Plusieurs lions en Namibie séropositifs aux anticorps de tachyzoïtes de *B. besnoiti* ont aussi été identifiés, mais leur rôle dans le cycle parasitaire reste à investiguer (Seltmann et al., 2020).

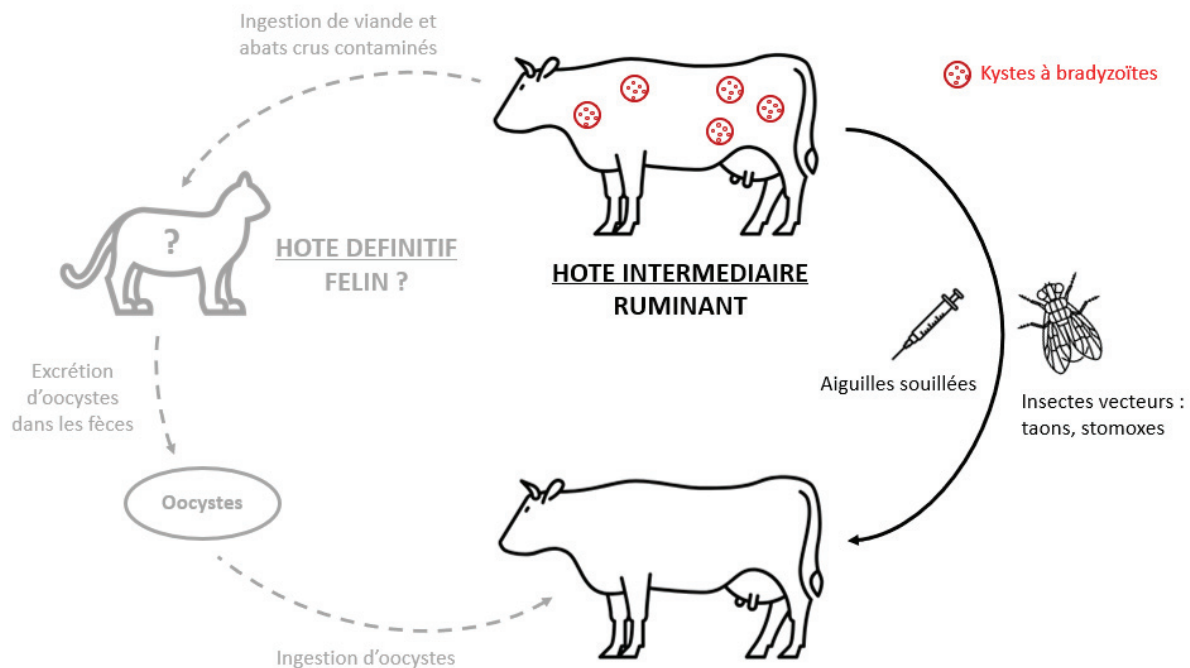


Figure 5 : Cycle parasitaire de *Besnoitia besnoiti*

En noir = cycle monoxène ; en gris = cycle hétéroxène présomptif. Source : MOREL Aziliz

4. Transmission

a. Transmission mécanique

La transmission quasi exclusive de la maladie entre bovins est mécanique et vectorielle, par piqûres d'insectes hématophages. Les insectes capables d'une telle transmission sont les taons (*Tabanus taeniola*, *Atylotus nigromaculatus*, *Tabanocella denticornis*, *Haematopota* spp.), et les mouches piqueuses comme les stomoxes (*Stomoxys calcitrans*) et les glossines (*Glossina brevipalpis*), aussi appelées mouches Tsé-tsé. En effectuant un repas sanguin sur un bovin infecté, les insectes souillent leurs pièces buccales, via des tachyzoïtes dans le sang ou des bradyzoïtes dans des kystes dermiques. Le protozoaire ne se multiplie pas et n'évolue pas dans le vecteur, contrairement à certaines maladies vectorielles comme la Fièvre Catarrhale Ovine (FCO) (Bigalke, 1968). L'infectivité du vecteur, liée à la survie du protozoaire sur les pièces buccales de l'insecte, est limitée à quelques heures, jusqu'à 24 heures pour les stomoxes (Liénard et al., 2012).

D'après des expériences sur des lapins, seules 25 piqûres de taons sont nécessaires à l'infection d'un individu sain, 30 pour les glossines, et environ 300 piqûres de stomoxes. Ce dernier chiffre est compatible avec la taille des populations de stomoxes retrouvées en été (Bigalke, 1968; Sharif et al., 2019). Chez les taons, seules les femelles piquent (Alzieu et al., 2007).

La transmission de *B. besnoiti* est grandement favorisée par l'interruption des repas sanguins, liée aux piqures douloureuses des tabanidés et stomoxes. Les vecteurs se nourrissent sur un premier bovin, sont chassés par un mouvement de défense de l'animal (coup de tête ou de queue, tressaillements cutanés), et terminent leur repas sur un autre hôte. Les trois quarts des repas sanguins des stomoxes sont interrompus par ce type de mouvement défensif (Baldacchino et al., 2013; Alzieu et al., 2015). Chez les taons, le comportement de « *feeding persistence* » limite la distance parcourue par l'insecte pour compléter son repas interrompu. Dans un tiers des cas, il retourne se nourrir sur sa cible initiale, sinon il cherche un hôte dans un rayon de généralement 5-10 mètres, 25 mètres au maximum (Figure 6). La transmission de proche en proche et intra-troupeau est donc grandement majoritaire, même si la contamination inter-troupeau reste possible (Barros & Foil, 2007).

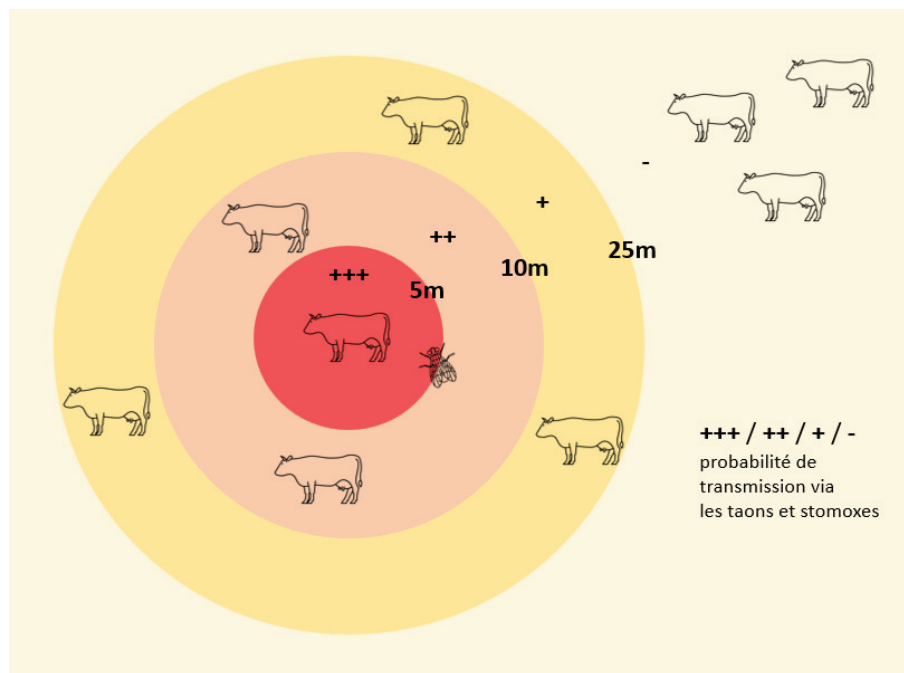


Figure 6 : Probabilité de transmission de la besnoïtiase via les insectes vecteurs en fonction de la distance entre bovins. D'après (Barros & Foil, 2007).

La transmission du parasite est également possible par le mécanisme d'aiguille souillée, notamment par des injections intraveineuses ou sous-cutanées. Cette transmission peut se faire via des tachyzoïtes et bradyzoïtes, en phase aiguë comme en phase chronique (Bigalke, 1968; Diesing et al., 1988; Pols, 1960).

Une transmission par les moustiques a été étudiée. Malgré un portage avéré du parasite sur les pièces buccales de l'insecte après un repas sanguin sur un animal infecté, aucune transmission vers un hôte sain n'a été mise en évidence à ce jour. L'hypothèse de transmission verticale du parasite par les œufs de stomoxes a aussi été infirmée (Bigalke, 1968). La transmission par les tiques semble peu probable également (Hornok et al., 2015). Certains auteurs ont émis l'hypothèse que des mouches non piqueuses comme *Musca autumnalis* et *Musca domestica* pourraient participer à la transmission mécanique du parasite via des fluides corporels comme les fluides lacrymaux, contaminés par des kystes rompus par exemple. Ce mode de transmission, s'il existe, resterait très minoritaire sur le terrain car il nécessiterait la mise en contact de fluides contaminés d'un animal infecté avec des plaies ou brèches cutanées sur un individu sain (Cortes et al., 2014; Liénard et al., 2012).

b. Autres modes de transmission

La transmission vénérienne par la semence de taureaux infectés n'a pas encore été mise en évidence et serait très improbable en conditions naturelles. L'ADN de *B. besnoiti* n'est pas ou très peu retrouvé dans le sperme, et l'état général altéré des taureaux malades en phase aiguë n'est pas favorable à la monte pendant cette période (Esteban-Gil et al., 2014).

La présence de nombreux kystes au niveau vulvaires chez les femelles infectées laissent supposer qu'une transmission entre reproducteurs par monte naturelle serait possible (Frey et al., 2013). Cependant, des expériences de cohabitation avec monte naturelle entre mâles sains et femelles infectées n'ont pas menées à de nouvelles contaminations (Gazzonis et al., 2017; Gollnick et al., 2015).

La transmission verticale par les vaches infectées est peu probable. Des kystes sont parfois retrouvés dans l'endomètre, mais les prélèvements effectués *in utero* ou post-partum sur des veaux et colostrums issus de mères infectées ne contiennent pas d'ADN du parasite. Les veaux de mère infectées naissent séronégatifs et deviennent séropositifs après consommation du colostrum, jusqu'à environ six mois (Alzieu et al., 2015; Hornok et al., 2015).

Les muqueuses nasales des animaux atteints sont riches en kystes, pouvant se rompre spontanément ou mécaniquement sous l'action d'un coup de langue par exemple. Une contamination mufle à mufle entre deux individus est donc théoriquement possible via ce biais (Bigalke, 1968).

Enfin, Bigalke parle d'une infection possible par ingestion de tachyzoïtes, mais les signes cliniques restent légers et ce mode de transmission est peu probable en conditions naturelles (Bigalke, 1968).

5. Prolifération cellulaire et cycle lytique du parasite

L'infection débute avec une phase de parasitémie entre le deuxième et le soixantième jour post-infection (Diezma-Díaz et al., 2019b). Les tachyzoïtes pénètrent puis se multiplient activement dans les cellules endothéliales des vaisseaux sanguins, jusqu'à l'éclatement de la cellule hôte. Ils sont ensuite libérés dans le flux sanguin, se propagent dans l'organisme, et pénètrent à nouveau dans des cellules endothéliales pour recommencer leur cycle lytique. Ils envahissent les capillaires d'organes divers comme la rate, les nœuds lymphatiques, la conjonctive de l'œil, la muqueuse nasale, les testicules et la peau (Pols, 1960; Alzieu et al., 2007, 2011). Les lésions endothéliales sont sources de vascularite, de thrombose, de nécrose des petits vaisseaux et d'œdème (Álvarez-García et al., 2013). La multiplication est aussi possible dans les polynucléaires neutrophiles et les monocytes (Pols, 1960; Schares et al., 2009).

L'invasion de la cellule hôte est médiée par le cytosquelette du tachyzoïte. Après un premier contact entre l'apex du tachyzoïte et la surface de la cellule, celui-ci est internalisé dans une vacuole parasitophore (Reis et al., 2006; Langenmayer et al., 2015b). Les cinétiques d'invasion dépendent des souches de *B. besnoiti*. Les souches Bb-France, Bb-Evora3 et Bb-Israel sont de forts envahisseurs, la souche Bb-Ger1 a des capacités intermédiaires, et les souches Bb-Spain1, Bb-Spain2 et Bb-Italy ont des capacités d'invasion faibles (Frey et al., 2016). *In vitro*, l'invasion commence dès dix minutes post-infection, avec 50 % des invasions réalisées entre deux et huit heures post-infection (Frey et al., 2016; Jiménez-Meléndez et al., 2019; Reis et al., 2006).

Une fois l'invasion réalisée, plusieurs étapes se succèdent pour compléter le cycle lytique : les petites vacuoles parasitophores, les grandes vacuoles parasitophores, puis finalement la lyse de la cellule hôte (Frey et al., 2016). Dans les vacuoles, la multiplication des tachyzoïtes par endodyogénie est exponentielle. Le taux de réplication varie entre 0,14 et 20 tachyzoïtes par heure (Scharès et al., 2009). Le temps de doublement de la population cellulaire est compris entre 13h et 35h (Frey et al., 2016; Jiménez-Meléndez et al., 2019). *In vitro*, la durée totale du cycle lytique varie entre 24 et 72h (Frey et al., 2016; Jiménez-Meléndez et al., 2019; Velásquez et al., 2020).

Les parasites pénètrent ensuite dans les fibroblastes et les histiocytes, souvent proches des vaisseaux sanguins. Ils entament leur multiplication sous forme bradyzoïte, jusqu'à formation d'un kyste (Alzieu et al., 2007; Pols, 1960). La durée de développement des kystes est individu-dépendante (Langenmayer et al., 2015a). Les kystes sont principalement retrouvés au niveau de la muqueuse respiratoire, le derme, la sclère oculaire, et les organes génitaux (testicules, vagin) (Frey et al., 2013).

Il existe peu de connaissances sur les modalités du passage des formes tachyzoïte à bradyzoïte. Il n'y a pour l'instant pas d'élément en faveur d'une possible réactivation du parasite en phase chronique, avec un passage à nouveau en phase active (Dubey et al., 2013). Par analogie avec des parasites proches comme *T. gondii* et *N. caninum*, on peut supposer qu'une telle réactivation est possible dans le cas d'une baisse immunitaire transitoire, avec une nouvelle transformation vers la forme tachyzoïte (Alzieu et al., 2016). Une réactivation de la phase chronique a été montrée expérimentalement sur des hamsters infectés par *Besnoitia jellisoni* en 1972 (Langenmayer et al., 2015a).

II. La maladie : la besnoitiose bovine

1. Infection

La besnoitiose se divise en trois phases, associées à des signes cliniques distincts : la phase fébrile ou phase aiguë, la phase des œdèmes ou phase subaiguë, et la phase de sclérodermie ou phase chronique.

a. Incubation

La période d'incubation correspond à l'intervalle entre l'inoculation du parasite (pique d'insecte, injection...) et la première hausse de température du sujet. En moyenne, les premiers signes cliniques apparaissent au bout de 13 jours, mais la période d'incubation peut durer jusqu'à deux mois. Lors d'infections expérimentales, cette période est toujours plus courte que lors d'infections naturelles, et les signes cliniques plus sévères (Bigalke, 1968; Álvarez-García et al., 2013). Une immunodépression de l'hôte facilite l'infection et abaisse la durée d'incubation (Diezma-Díaz et al., 2019b).

La durée d'incubation dépend de la voie d'infection de l'hôte. Lors d'une infection expérimentale par voie intraveineuse avec des tachyzoïtes, elle est de seulement 12 heures. Cette durée augmente avec l'âge, ce qui est à mettre en lien avec la différence de maturité du système immunitaire entre jeune et adulte (Diezma-Díaz et al., 2018). En cas d'infection par des bradyzoïtes, la durée d'incubation est variable en fonction de la voie d'inoculation. Lors d'infections expérimentales, la voie sous-cutanée est la plus rapide, avec une incubation de sept jours, suivie de la voie intraveineuse avec une période de 15 jours, puis enfin la voie intradermique avec une incubation de 17 jours. La durée accrue d'incubation lors d'infection par des bradyzoïtes serait liée à un passage vers la forme tachyzoïte, mais le mécanisme est encore méconnu (Diezma-Díaz et al., 2019b). Sur le terrain, les voies d'inoculations les plus fréquentes sont les voies sous-cutanées et intraveineuses (Bigalke, 1968).

b. Phase fébrile ou phase aiguë

Cette phase dure entre deux et dix jours en moyenne. Elle correspond à la période de parasitémie et de multiplication des tachyzoïtes dans les cellules endothéliales des vaisseaux sanguins, les macrophages et les fibroblastes (Jacquiet et al., 2010; Alzieu et al., 2011). La parasitémie précède généralement les premiers signes cliniques (Diezma-Díaz et al., 2019b).

Les symptômes sont aspécifiques (Figure 7). En premier lieu, l'animal présente un abattement marqué associé à une hyperthermie très élevée, entre 40 et 42°C. La peau est chaude, congestionnée et très douloureuse au toucher. Les animaux présentent de la tachycardie, de la tachypnée associée à un essoufflement et un jetage nasal séreux, une conjonctivite importante, et de l'épiphora abondant. Un arrêt de la rumination, une anorexie, et une photophobie sont également fréquents (Jacquiet et al., 2010; Alzieu et al., 2011). Une hyperthermie prodromique d'une durée d'une journée peut être observée un à deux jours avant le début de la phase fébrile (Bigalke, 1968).

Des cas d'avortements ont été rapportés, mais ils sont liés à la persistance d'une hyperthermie forte sur une période prolongée, plutôt qu'à un réel pouvoir abortif de la maladie (Alzieu et al., 2015).

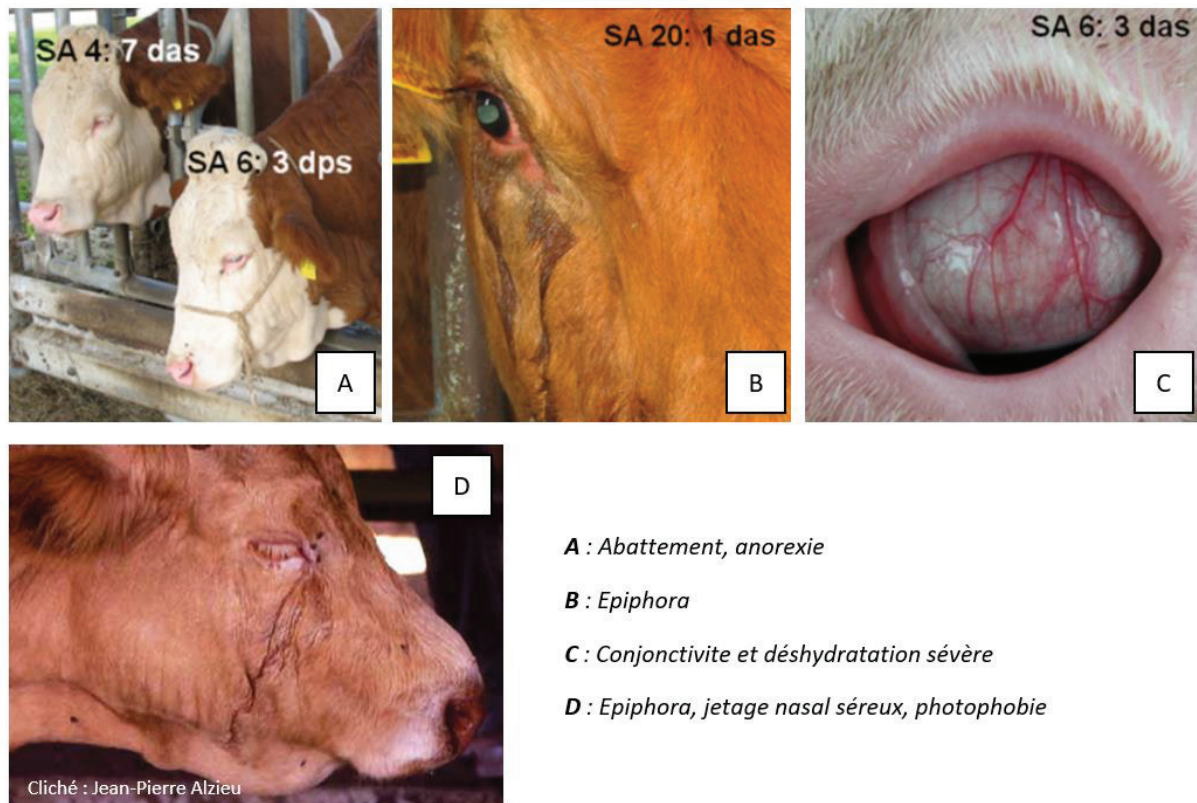


Figure 7 : Signes cliniques de la phase fébrile

Sources : A, B et C : (Gollnick et al., 2015) ; D : (Alzieu et al., 2011)

c. Phase des œdèmes ou phase subaiguë

Cette phase doit son nom à l'augmentation de la perméabilité vasculaire, secondaire aux lésions des endothéliums des vaisseaux sanguins, qui engendrent l'apparition d'œdèmes. Elle dure entre une et quatre semaines. Les anticorps contre *B. besnoiti* peuvent être détectables pendant cette phase puisqu'ils sont produits dès 15 à 18 jours post-infection. (Álvarez-García et al., 2013). Des kystes tissulaires peuvent commencer à apparaître lors de cette phase, dès 11 jours post-infection et jusqu'à quatre ou cinq semaines post-infection (Basson et al., 1970).

On observe une disparition progressive de l'état fébrile de l'animal qui redevient normotherme, ce qui laisse penser à tort à une guérison. La peau est chaude et douloureuse, les nœuds lymphatiques peuvent être hypertrophiés, et l'appétit est diminué. L'animal présente de l'œdème en régions déclives, au niveau de la tête et de l'auge, du fanon et des membres. Une raideur des membres apparaît progressivement, des crevasses au niveau de articulations se forment (Figure 8). Les animaux boitent et sont réticents à se déplacer (Jacquiet et al., 2010; Alzieu et al., 2011). Dans les cas les plus sévères, des difficultés respiratoires parfois sévères peuvent apparaître suite à de l'œdème pulmonaire, de l'émphysème et une pneumonie (Álvarez-García et al., 2013).

Chez les femelles, on peut observer une congestion mammaire ou un anneau violacé à la base des trayons (Figure 8). La production lactée peut être diminuée (Alzieu et al., 2011; Jacquet et al., 2010).

Les mâles peuvent développer des orchites aiguës, associées à une aspermie et une stérilité transitoire ou permanente selon la sévérité des lésions. Les testicules sont douloureux et œdématisés (Figure 8) (Esteban-Gil et al., 2014). En effet, la multiplication du parasite dans le tractus génital mâle engendre de la congestion, des thromboses, des vascularites parfois nécrosantes, de l'angiogenèse et des hémorragies, aboutissant entre autres à une fibrose interstitielle et une dégénération progressive des tissus. Les tissus les plus touchés sont le plexus pampiniforme, le parenchyme testiculaire et le scrotum (González-Barrio et al., 2020).

La mort peut survenir en cas de signes cliniques très sévères, mais la mortalité reste inférieure à 1 % (Álvarez-García et al., 2013).

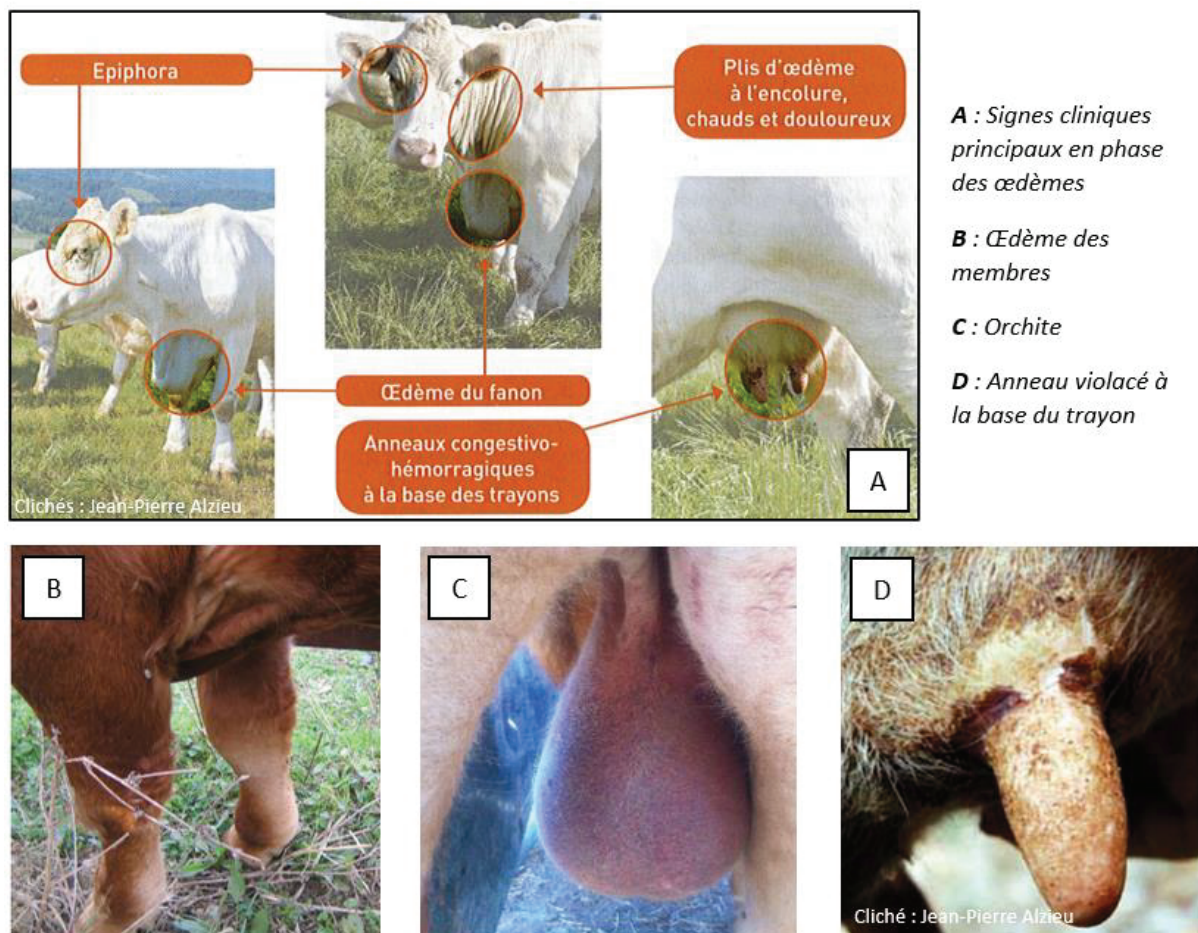


Figure 8 : Signes cliniques en phase des œdèmes

Sources : **A** : (Alzieu et al., 2016) ; **B** : (Jacquet et al., 2010) ; **C** : (Gutiérrez-Expósito et al., 2017a) ; **D** : (Alzieu et al., 2011)

d. Phase de sclérodermie ou phase chronique

Cette phase débute environ cinq à six semaines après le début des premiers signes cliniques. Les œdèmes régressent, et les animaux développent progressivement une « peau d'éléphant ». Ils présentent une hyperkératose, des plissements cutanés, un épaissement cutané marqué, et une alopecie qui s'aggrave avec le temps (Figure 9) (Jacquiet et al., 2010; Alzieu et al., 2011; Gollnick et al., 2015). Les animaux ont des difficultés pour se déplacer, et l'état général est altéré dans les cas les plus sévères (Gollnick et al., 2015). Des surinfections de crevasses articulaires sont possibles. En phase terminale, des lambeaux de peau nécrosée peuvent tomber. On peut aussi observer une photophobie, de l'épiphora et du jetage muco-purulent (Alzieu et al., 2011; Álvarez-García et al., 2013).

Les régions présentant les lésions macroscopiques les plus importantes sont la tête (face, contour de la gueule, contour des yeux), l'encolure, le fuyant du flanc, la face interne des cuisses, et la mamelle. Ce sont les zones privilégiées pour l'examen clinique de l'animal (Alzieu et al., 2011; Anastácio et al., 2022).

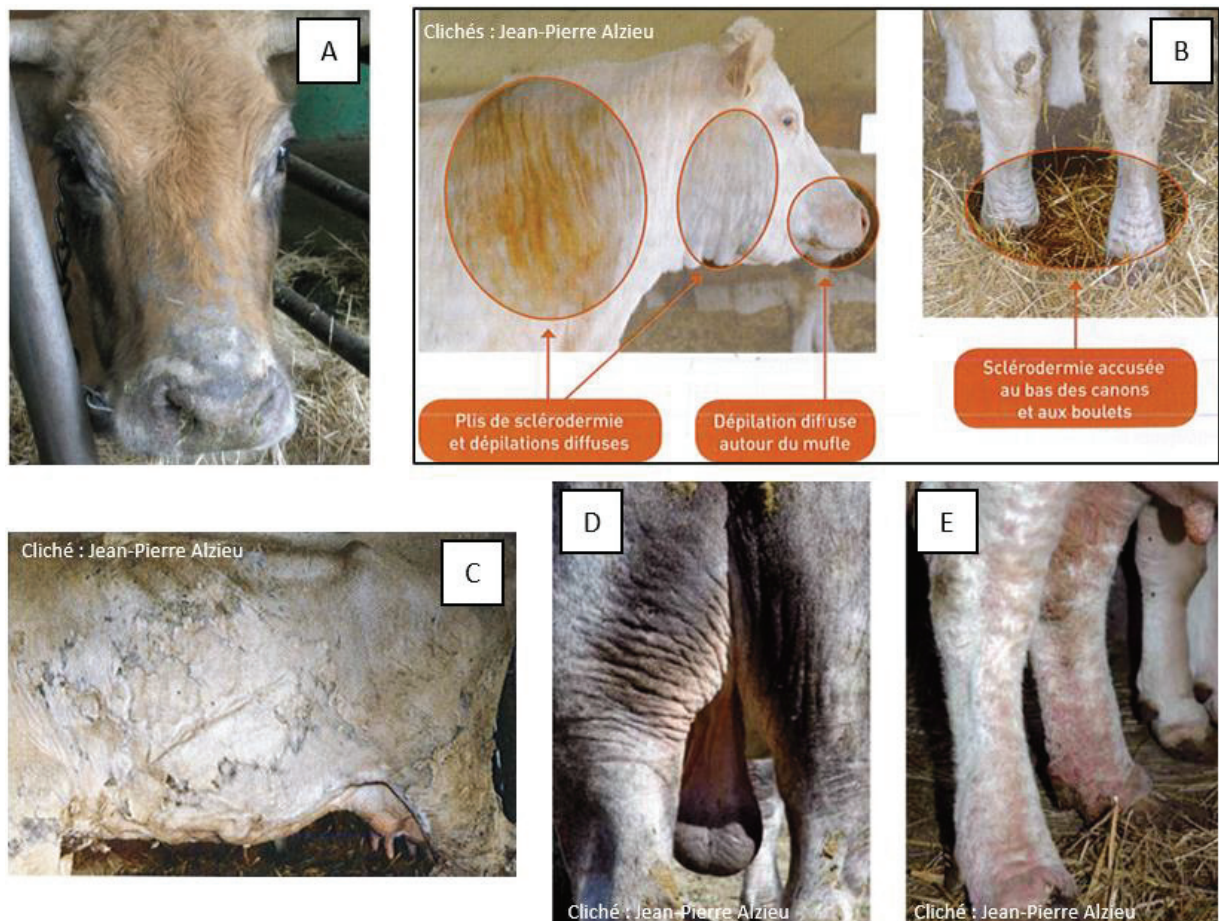
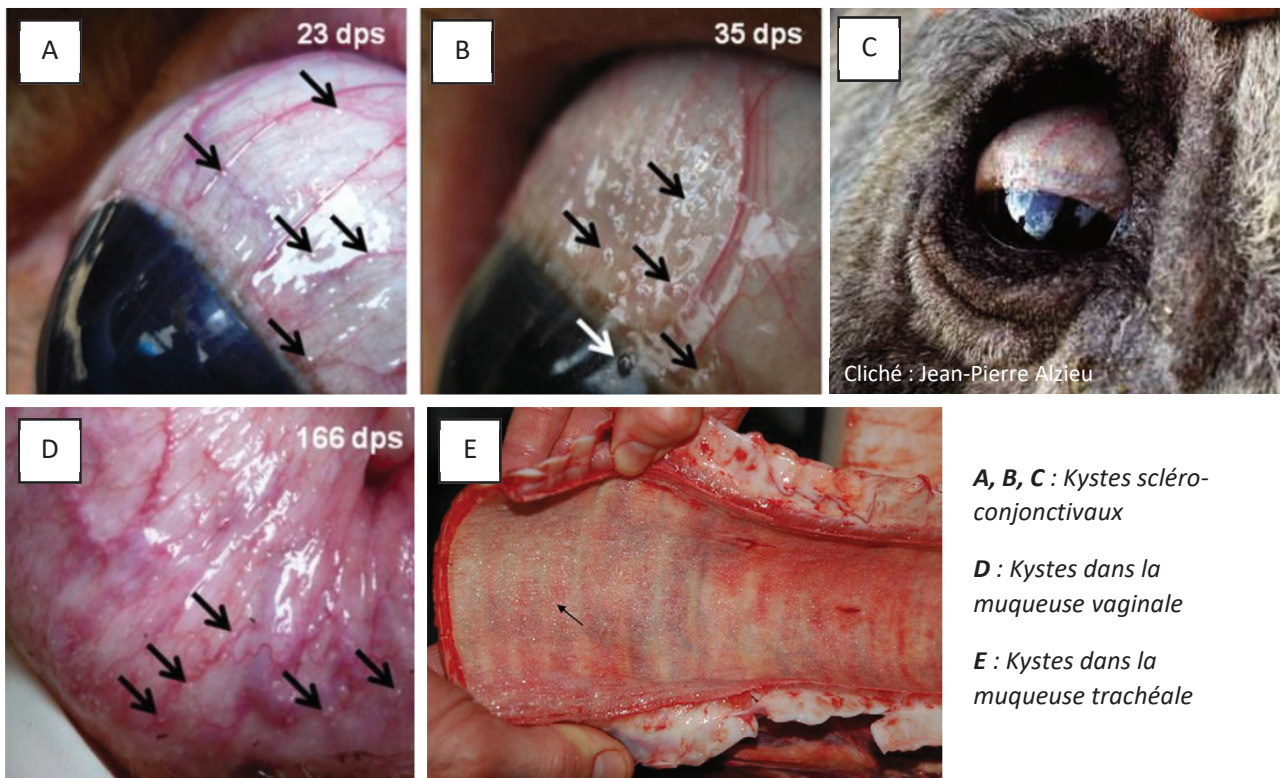


Figure 9 : Lésions cutanées typiques de la phase chronique

A : Alopecie et hyperkératose sur la face. **B :** Sclérodermie et dépilations sur l'encolure, la face et les membres. **C :** Lambeaux de peau « cartonnée » pouvant s'exfolier. **D :** Hyperkératose, plissements cutanés et dépilations de la face interne des cuisses. **E :** Hyperkératose et dépilations des membres.

Sources : **A :** (Jacquiet et al., 2010) ; **B et C :** (Alzieu et al., 2016) ; **D et E :** (Alzieu et al., 2011)

En parallèle, les animaux présentent des kystes à bradyzoïtes dans les tissus où la multiplication initiale du parasite a eu lieu. Les tissus principalement touchés sont l'appareil respiratoire supérieur, le derme, les tissus sous-cutanés et conjonctifs, la sclère conjonctivale oculaire, l'appareil génital distal chez les femelles, les testicules chez les mâles, et les muscles et fascias (Figure 10) (Pols, 1960; Frey et al., 2013; Gollnick et al., 2015). Alzieu décrit ces kystes tels des « têtes d'épingle » (Alzieu et al., 2011). Les kystes sont peu retrouvés dans les organes très vascularisés tels que le cerveau, la rate, le foie, les reins et le cœur (Langenmayer et al., 2015a). Le nombre de kystes tissulaires semble corrélé à la sévérité des lésions cutanées (Diezma-Díaz et al., 2019b).



A, B, C : Kystes scléro-conjonctivaux

D : Kystes dans la muqueuse vaginale

E : Kystes dans la muqueuse trachéale

*Figure 10 : Kystes à bradyzoïtes macroscopiquement visibles en phase chronique.
Sources : A, B et D : (Gollnick et al., 2015) ; C : (Alzieu et al., 2011) ; E : (Jacquet et al., 2010).*

Des kystes au niveau du chorion des onglons peuvent provoquer une fourbure chronique (Figure 11), altérant le bien-être des animaux touchés, limitant leur déplacement, et contribuant à leur dépérissement progressif (Langenmayer et al., 2015a).

Les femelles présentent des kystes dans l'appareil génital distal, principalement dans la muqueuse vaginale, vulvaire et parfois utérine (Alzieu et al., 2011; Frey et al., 2013). La fécondité ne semble pas altérée. Des hypertrophies et excroissances à la surface des trayons sont possibles, rendant la traite et la tétée difficiles (Figure 11) (Alzieu et al., 2011). Ces lésions peuvent mesurer jusqu'à 5mm de diamètre et s'ulcérer (Gollnick et al., 2015). La présence de kystes dans le placenta n'a pas été rapportée (Álvarez-García et al., 2014a).

Les taureaux peuvent développer une infertilité permanente ainsi qu'une azoospermie, suite à une dégénération testiculaire (Figure 11). De nombreux kystes se forment dans les testicules, l'épididyme, les parois vasculaires du plexus pampiniforme, et le scrotum. Les lésions endothéliales entraînent une réduction du flux sanguin, qui conduit à une fibrose, des minéralisations, des nécroses tissulaires focales, et une atrophie des testicules et du scrotum. La modification de ces organes induit une altération de la thermorégulation des testicules (Esteban-Gil et al., 2014, 2016; González-Barrio et al., 2020). Le spermogramme est altéré, avec une qualité du sperme plus modifiée chez les taureaux présentant des signes cliniques. Chez les individus séropositifs asymptomatiques, les lésions génitales sont moins fréquentes et importantes, et la qualité du sperme est comparable à celles des séronégatifs (Esteban-Gil et al., 2016).

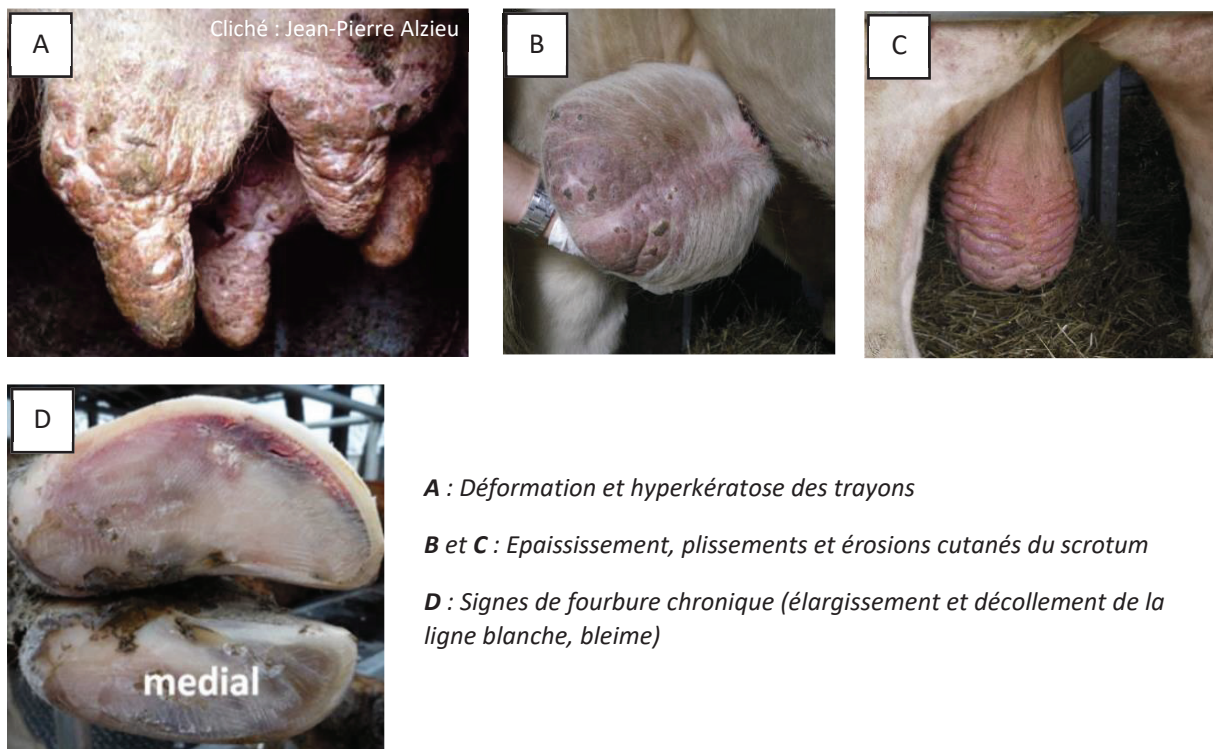


Figure 11 : Lésions chroniques au niveau des mamelles, des testicules et des onglons
Sources : A : (Alzieu et al., 2011) ; B et C : (Esteban-Gil et al., 2016) ; D : (Gollnick et al., 2015)

Théoriquement, les premiers kystes sont observables entre 34-43 jours post inoculation, et au plus tôt 18 jours après la séroconversion de l'animal. Le nombre de kystes augmente grandement à partir de 60 jours post infection (Langenmayer et al., 2015a; Diezma-Díaz et al., 2019a). En pratique, ils sont détectés à l'examen clinique dès 6-8 semaines post-infection (Bigalke, 1968; Alzieu et al., 2011; Álvarez-García et al., 2014a). Les kystes conjonctivaux apparaissent plus précocement que les kystes vulvaires, avec une détection macroscopique respective entre 19 et 32 jours, et 26 et 180 jours post-séroconversion (Gollnick et al., 2015).

La sévérité de cette phase est variable, la plupart des animaux sont asymptomatiques ou présentent uniquement des kystes dermiques et oculaires. La sclérodermie est le signe le plus remarquable, mais n'est pas systématique. Une sclérodermie légère est plus fréquente, tandis que les cas les plus sévères sont rares (Alzieu et al., 2016). Les kystes oculaires et vaginaux sont pathognomoniques de la maladie, mais sont présents sur seulement 25 % des animaux (Alzieu et al., 2011).

En cas d'atteinte sévère, l'état général se détériore progressivement. Malgré un appétit conservé, les animaux perdent du poids jusqu'à la cachexie. Ils dépérissent jusqu'à la mort en quelques mois s'ils ne sont pas euthanasiés ou abattus. Il est quasiment impossible de les engraisser, et représentent une non-valeur économique (Alzieu et al., 2011; Álvarez-García et al., 2013). Le taux de mortalité n'excède pas 10 % (Pols, 1960).

2. Modifications hématologiques et biochimiques

a. Phase aiguë et subaiguë

En phase aiguë, les changements hématologiques majeurs correspondent à la phase de parasitémie et au pic de température (Sharif et al., 2019). Une leucopénie est présente, avec une chute d'environ 50 % du nombre de lymphocytes et de polynucléaires neutrophiles (PNN). Les animaux sont anémiés, avec une diminution du nombre d'hématies et une baisse de 10-25 % de l'hématocrite. Il est possible que cette anémie résulte des multiples hémorragies focales parfois présentes en phase aiguë, lors de la multiplication des tachyzoïtes dans les parois des vaisseaux sanguins (Langenmayer et al., 2015c).

Concernant les paramètres biochimiques, une hyperbilirubinémie est présente, ainsi qu'une augmentation de l'activité de l'aspartate transaminase (ASAT) et des créatines kinases (CK). La hausse de ces paramètres traduit la présence d'une inflammation aiguë, de nécrose musculaire et de multiples hémorragies focales dans les tissus. Chez certains animaux, une diminution de l'urée, du magnésium et une hausse de la créatinine plasmatique sont parfois rapportées, probablement liées à l'anorexie et la déshydratation des animaux malades (Langenmayer et al., 2015c).

En conséquence de l'inflammation aiguë, les animaux présentent une augmentation des protéines totales, et plus précisément une hyperglobulinémie. En revanche, une hypoalbuminémie est rapportée entre 15 et 25 jours post-inoculation (Langenmayer et al., 2015c; González-Barrio et al., 2021a). Le taux d'albumine sérique pourrait être un indicateur pronostique, car de plus faibles valeurs seraient associées à de plus forts taux de morbidité et mortalité. En parallèle, les adénosines désaminases (ADA), des enzymes marqueurs de l'inflammation et de la réponse immune, et participant à l'activation de cellules inflammatoires et immunitaires, sont augmentées, en particulier en début d'infection. L'haptoglobine, un autre marqueur de l'inflammation, est parfois augmentée environ 10 jours post-infection, avant le pic d'hyperthermie, sans être systématique. Des marqueurs du stress oxydatif, comme la paraxonase-1, sont diminués en phase aiguë, pouvant être relié au dysfonctionnement des endothéliums sanguins (González-Barrio et al., 2021a). Un pic

d'interféron gamma, produit par les lymphocytes T et responsable en partie de l'activation de la réponse immunitaire innée et acquise, peut être observé lors de la première semaine d'infection (Diezma-Díaz et al., 2018).

b. Phase chronique

Le début de la phase chronique est marqué par une séroconversion, et l'apparition de kystes à bradyzoïtes dans les tissus. La leucopénie rencontrée en phase aiguë se normalise, mais les animaux conservent un taux de PNN élevé, et un taux de lymphocytes plus bas que les animaux sains. Le nombre d'érythrocytes et l'hématocrite remontent lentement, même si leurs valeurs restent proches des limites basses, signe d'une inflammation chronique (Langenmayer et al., 2015c; Villa et al., 2021). Une hyperprotéïnémie et une hyperglobulinémie sont toujours présentes, avec en particulier une hausse importante des gamma-globulines, en lien avec une production d'anticorps et une inflammation chronique (Langenmayer et al., 2015c).

Contrairement à la phase aiguë, on observe une augmentation des valeurs d'albumine et d'urée après la séroconversion des individus. L'hypothèse principale pour ces variations serait la déshydratation des sujets atteints (Langenmayer et al., 2015c). Cependant, l'albuminémie reste significativement plus basse que chez des individus séronégatifs (González-Barrio et al., 2021a).

Les activités des ASAT et CK se normalisent en phase chronique (Villa et al., 2021). Une augmentation des lactates déshydrogénases (LDH) est discutée par différents auteurs, mais n'est pas toujours significative selon les études. Cette hausse serait liée à l'inflammation chronique et aux dommages tissulaires occasionnés (Niето-Rodríguez et al., 2016; Villa et al., 2021).

Villa rapporte que la bilirubinémie reste proche de la limite haute des valeurs usuelles chez toutes les vaches séropositives. Le taux de cortisol sanguin serait aussi plus élevé chez ces animaux, malgré des différences non-significatives avec les vaches saines. Selon lui, ces variations pourraient être mises en lien avec la débilitation et l'immunodépression observées en phase chronique de la maladie (Villa et al., 2021).

Finalement, le manque de spécificité des altérations biochimiques et hématologiques lors d'une infection par la besnoitiose, majoritairement en lien avec l'inflammation causée par la maladie, ne permet donc pas d'en faire un outil diagnostique. Ces altérations peuvent simplement appuyer une suspicion clinique.

3. Réponse immunitaire de l'hôte

La réponse immunitaire s'appuie d'abord sur la défense innée, avant la mise en place d'une immunité plus spécifique, humorale et cellulaire.

- Réponse immunitaire innée

Les granulocytes polynucléaires neutrophiles (PNN), éosinophiles (PNE) ou basophiles (PNB), les mastocytes et les monocytes participent à la neutralisation des tachyzoïtes sanguins circulants. Plus précisément, les neutrophiles et monocytes déploient rapidement des Neutrophil ou Monocyte-derived Extracellular Traps (NETs et METs) pour piéger les parasites (Figure 12). Environ un tiers des tachyzoïtes sont immobilisés et incapables d'envahir les cellules hôtes. Les parasites piégés ne sont pas détruits, mais peuvent être la cible d'autres cellules du système immunitaire (Muñoz-Caro et al., 2014a, 2014b). D'après une étude plus récente, les bradyzoïtes peuvent aussi induire la formation de NETs quand ils se trouvent en dehors des kystes. Cela nécessite la rupture ou la réactivation de kystes par exemple (Zhou et al., 2020).

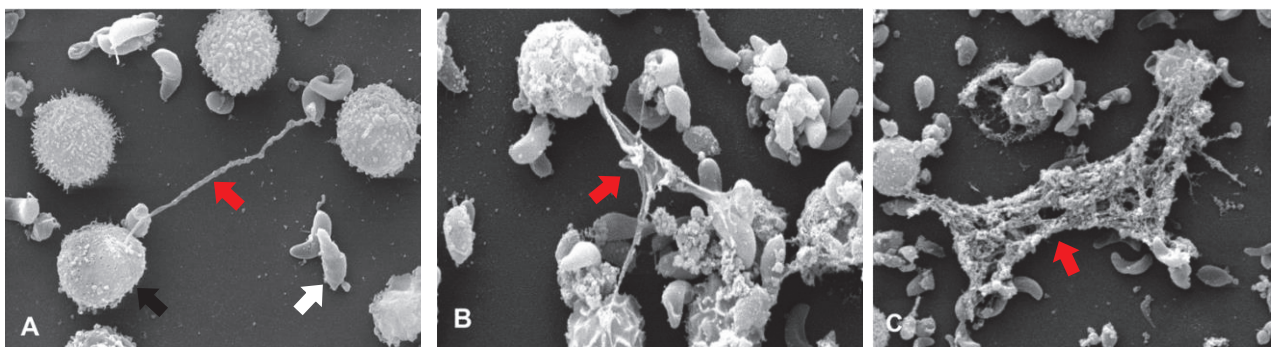


Figure 12 : Piégeage de tachyzoïtes de B. besnoiti par des NETs issus de PNN (MEB).

A : 10 minutes de contact. B : 30 minutes de contact. C : 60 minutes de contact. Flèche noire : PNN ; flèche rouge : filaments de NETs ; flèche blanche : tachyzoïte. D'après (Muñoz-Caro et al., 2014b)

En parallèle, une production d'interférons gamma est détectable dès quatre et 12 jours post-infection en cas d'inoculation via respectivement des tachyzoïtes et bradyzoïtes (Diezma-Díaz et al., 2018). Cette cytokine active entre autres des cellules immunitaires comme les macrophages. Elle joue un rôle majeur dans la réponse immunitaire innée et adaptative, notamment contre les pathogènes intracellulaires, ce qui est le cas de *Besnoitia besnoiti*. En cas d'infection par *B. besnoiti*, la production d'interféron gamma est plus précoce lors d'inoculation intraveineuse ou sous-cutanée, plutôt qu'intradermique. Cela suggère peut-être une défense de l'hôte plus efficace en cas d'inoculation intraveineuse ou sous-cutanée. (Diezma-Díaz et al., 2019a, 2019b).

Après cette première phase, l'immunité spécifique se met en place.

- Réponse immunitaire spécifique humorale

Une séroconversion a lieu en moyenne en deux ou trois semaines post-infection (Álvarez-García et al., 2013; Diezma-Díaz et al., 2019a, 2019b). Le taux d'anticorps sérique reste stable plusieurs années (Liénard et al., 2011; Alzieu et al., 2015). Une diminution du titre en anticorps peut être observée chez les animaux subcliniques chroniques (Frey et al., 2013). Concernant la valeur du titre en anticorps, les études ne tirent pas toutes les mêmes conclusions.

Plusieurs études montrent qu'une forte charge parasitaire chez l'hôte semble être significativement corrélée à un taux d'anticorps plus élevé par sérologie IFAT. Cela est particulièrement vrai pour la charge parasitaire cutanée. Ces résultats sont moins marqués avec la sérologie ELISA sur sang (Schaes et al., 2011, 2013; Gollnick et al., 2015; Esteban-Gil et al., 2017). Plus précisément, Esteban-Gil met en évidence un titre moyen d'anticorps respectivement de 1/800, 1/400 et 1/100 pour les bovins cliniques, les veaux cliniques et les animaux subcliniques (Esteban-Gil et al., 2017). Liénard constate que les taux d'anticorps des animaux présentant des kystes oculaires sont significativement plus élevés que chez les animaux asymptomatiques (Liénard et al., 2011). Le taux d'anticorps semble aussi plus élevé chez les animaux présentant des kystes rompus ou altérés par des cellules inflammatoires. L'hypothèse la plus probable est une exposition plus importante des antigènes parasitaires au système immunitaire, permettant une réponse humorale plus forte (Frey et al., 2013). Ainsi, toutes ces données suggèrent une réponse humorale de l'hôte plus importante en cas de forte infestation parasitaire, probablement liée à une stimulation immunitaire plus importante.

En parallèle, d'autres auteurs ont plus de mal à trancher car les corrélations entre titre en anticorps et charge parasitaire sont plus faibles et moins claires d'après leurs résultats (Frey et al., 2013; Grisez et al., 2020). D'après Diezma-Díaz, l'évolution des taux d'anticorps après une infection par des tachyzoïtes n'a aucune valeur prédictive quant à l'évolution et la sévérité de la maladie (Diezma-Díaz et al., 2018). Selon Alzieu, l'immunité humorale n'influe pas sur l'expression de la maladie, les anticorps sont seulement un témoin de l'infection. Un fort taux d'anticorps n'est pas prédictif de l'expression clinique, ou garant d'une protection immunitaire contre *Besnoitia besnoiti* (Alzieu et al., 2019b).

- Réponse immunitaire spécifique cellulaire

Par analogie avec d'autres maladies proches comme la toxoplasmose ou la néosporose, l'immunité cellulaire spécifique est probablement la réaction immunitaire jouant le rôle le plus crucial dans la lutte et la régulation de *B. besnoiti* par l'organisme, via notamment les lymphocytes T (Álvarez-García et al., 2014a). Elle se met en place en parallèle de la séroconversion.

La phase des œdèmes se caractérise histologiquement par des vascularites dans les tissus les plus touchés (derme, tractus génital, appareil respiratoire haut). On observe des infiltrats cellulaires multifocaux à coalescents, en périphérie des artérioles et veinules (Figure 13). L'inflammation est d'abord éosinophilique, puis lympho-plasmocytaire. Les cellules présentes sont essentiellement des lymphocytes, plasmocytes, PNE, et quelques macrophages lorsque l'inflammation est située dans le derme (Langenmayer et al., 2015a; Diezma-Díaz et al., 2018).

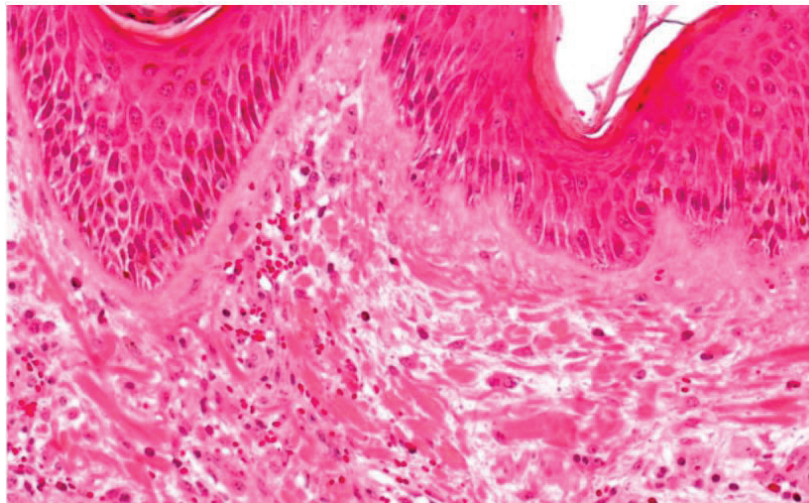


*Figure 13 : Inflammation et œdème périvasculaire dans le derme d'un bovin infecté par B. besnoiti (microscope optique, coloration HE)
Source : (Langenmayer et al., 2015a)*

Une fois les kystes tissulaires formés, une inflammation périkyistique est fréquemment observée (Figure 14). Elle concerne à la fois les kystes matures et immatures (Langenmayer et al., 2015a). Cette inflammation est protéiforme. Elle peut être décrite comme granulomateuse, nécrotique, purulente ou non (Basson et al., 1970; Frey et al., 2013; Diezma-Díaz et al., 2018). On observe un infiltrat cellulaire mixte, principalement lymphocytaire. Initialement, cet infiltrat se compose de quelques lymphocytes, macrophages ou histiocytes, et PNE. A mesure que l'inflammation s'intensifie, la proportion de lymphocytes s'accroît, et des cellules géantes plurinucléées sont visibles en cas d'inflammation sévère. Parmi les lymphocytes, on retrouve en majorité des lymphocytes T, et seulement quelques lymphocytes B (Frey et al., 2013; Langenmayer et al., 2015a). Les kystes situés dans les fascias peuvent être entourés d'une couronne de fibrocytes (Langenmayer et al., 2015a). Une fibrose périkyistique est possible. Ce phénomène est particulièrement observé dans les testicules des mâles touchés (Esteban-Gil et al., 2016; González-Barrio et al., 2020). Ainsi, cette réaction inflammatoire périkyistique cantonne les parasites dans les kystes, sans pour autant éliminer l'infection.

Certains kystes observés sont dégénérés voire nécrotiques (Figure 14). Leur taille diminue, et les bradyzoïtes qu'ils contiennent sont remplacés graduellement par des cellules issues de l'inflammation périkyistique (macrophages, PNE et cellules géantes plurinucléées essentiellement). Des débris nécrotiques peuvent être présents dans le kyste, et seule la couche OCW subsiste, partiellement intacte (Hornok et al., 2015; Langenmayer et al., 2015a).

Un certain nombre de kystes ne présentent pas d'inflammation périphérique, ce qui témoigne d'un échappement au système immunitaire. Ce mécanisme est encore peu compris (Langenmayer et al., 2015b). Ces kystes non-inflammatoires peuvent être proches de kystes présentant une inflammation périkyistique (Langenmayer et al., 2015a).

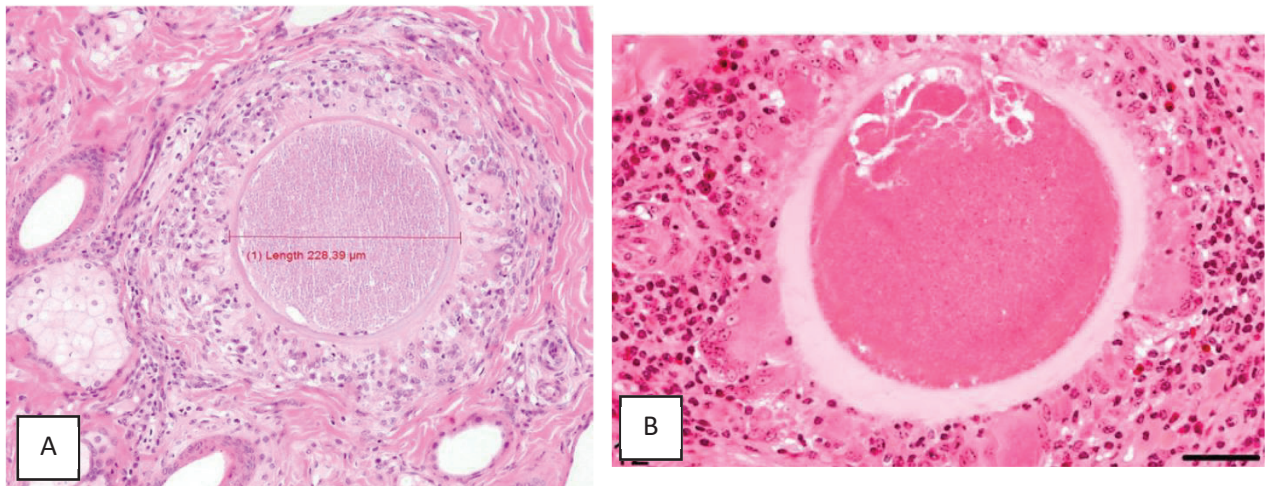


Figure 14 : Inflammation périkystique en phase chronique (microscope optique, coloration HE)

A : Kyste cutané entouré d'un infiltrat inflammatoire périphérique. Source : (Diezma-Díaz et al., 2019a)

B : Kyste lysé contenant des débris nécrotiques. Nombreux macrophages, lymphocytes, PNE et cellules géantes plurinucléées visibles. Echelle = 50 µm. Source : (Langenmayer et al., 2015a).

4. Rémission

Généralement, on observe des rémissions partielles chez des animaux infectés par une faible charge parasitaire, avec une amélioration clinique au bout de quelques semaines à quelques mois. Les lésions cutanées s'estompent, sans toutefois disparaître totalement, le nombre de kystes visibles sur la conjonctive diminue, et les performances zootechniques, comme la production laitière, retrouvent un niveau optimal. Des zones dépilées persistent fréquemment autour du mufle, des paupières, du fanon et sur la face interne des cuisses. Cependant, ces animaux restent infectés et contaminants à vie pour le reste du troupeau (Frey et al., 2013; Alzieu et al., 2015; Ryan et al., 2016). Dans son suivi épidémiologique longitudinal, Gollnick mentionne une rémission clinique de 37 %. Ce phénomène est généralement associé à une baisse progressive des titres de sérologie IFAT (Gollnick et al., 2018).

Quelques rares cas de rémission totale en phase chronique ont été décrits, avec une disparition des lésions et une séroconversion négative durable (Alzieu et al., 2015). Deux études de quatre ans en zone endémique espagnole (Gutiérrez-Expósito et al., 2015) et dans un cheptel allemand (Gollnick et al., 2018) ont décrit respectivement 20 séroconversions négatives et un taux de rémission sérologique annuel de 1,9 %. Les bovins concernés présentaient souvent des titres antérieurs en anticorps faibles à modérés, et n'avaient pas tous exprimé de signes cliniques. Une charge parasitaire initiale faible semble être un prérequis pour une telle rémission. Néanmoins, certains de ces animaux ont été re-testés séropositifs *a posteriori*, en deux ans et demi en moyenne. (Gutiérrez-Expósito et al., 2015; Gollnick et al., 2018)

5. Impact médical, zootechnique et humain

a. Reproduction

Chez les femelles, l'hyperthermie forte et prolongée peut être responsable d'avortements (Álvarez-García et al., 2013; Anastácio et al., 2022). Une étude sur un troupeau fortement atteint de 230 vaches laitières en zone endémique au Portugal n'a pas permis de mettre en évidence une diminution de l'intervalle vêlage-vêlage chez les femelles infectées. Pour le moment, l'impact de la maladie sur la fertilité des femelles reste inconnu, malgré la présence de kystes retrouvés dans le tractus génital (Anastácio et al., 2022).

Chez les taureaux, une infertilité transitoire voire permanente est fréquente. Elle est causée par des lésions souvent sévères et irréversibles au niveau de l'appareil génital, notamment de la fibrose, nécrose et calcification testiculaire. Ces lésions sont plus importantes chez les taureaux cliniques que chez les taureaux subcliniques et sains. Plus les lésions sont sévères, plus la qualité du sperme est diminuée. Certains taureaux présentent une azoospermie totale (Esteban-Gil et al., 2016). Le risque d'infertilité est d'autant plus important lorsqu'un taureau sain naïf est introduit dans un troupeau infecté. L'animal aura tendance à déclarer la maladie de manière plus sévère, et donc à devenir stérile (Pols, 1960; Duboisset, 2013).

En raison des problèmes de reproduction, le renouvellement du cheptel est parfois difficile. Lorsque des animaux à haut potentiel génétique, ou prévus pour le renouvellement, sont dépistés séropositifs, ils sont parfois vendus et réformés. A l'inverse, les animaux prévus initialement pour la réforme sont conservés pour combler les pertes. Cela limite voire bloque complètement l'amélioration génétique des troupeaux. Les éleveurs ont recours à des inséminations artificielles (IA) imprévues afin de pallier l'infertilité des reproducteurs, ce qui participe aux pertes financières (Duboisset, 2013).

b. Production laitière

La production laitière est nettement diminuée pendant la phase aiguë de la maladie, notamment à cause de l'état fébrile des animaux (Álvarez-García et al., 2013; Alzieu et al., 2015). En phase chronique, l'apparition d'excroissances ou de déformations du pis rendent la traite et la tétée difficiles (Alzieu et al., 2015). La présence de kystes dans les tissus mammaires et les trayons diminue l'élasticité tissulaire, et favorise les blessures et saignements dans la zone, ce qui complique également la traite (Cortes et al., 2014).

Lors d'une étude sur un troupeau laitier fortement infecté en zone endémique, Anastácio met en évidence que la séropositivité et la présence de kystes oculaires chez les animaux touchés sont des facteurs associés à une augmentation du nombre de cellules dans le lait (Anastácio et al., 2022). En parallèle, Villa rapporte que la présence de kystes cutanés est corrélée à une diminution du volume laitier journalier (environ 2 kg/jour/vache en moins), du taux butyreux et du taux protéique. Il relie cela à l'affaiblissement des animaux en phase chronique (Villa et al., 2019). Ces altérations de la qualité du lait diminuent sa valeur économique.

c. Production allaitante

De manière générale, l'état des animaux malades est dégradé. Ils dépérissent et perdent en masse, leur valeur économique est amoindrie. Pour limiter les pertes financières, les animaux sont vendus au début de l'évolution clinique, souvent plus tôt que prévu et en dehors de la saison propice à la vente (Duboisset, 2013). Des saisies partielles ou totales sur des animaux présentant de nombreuses lésions internes et kystes tissulaires sont fréquentes (Alzieu et al., 2011). Du fait des lésions cutanées, la valeur économique du cuir est fortement diminuée (Álvarez-García et al., 2013).

En élevage allaitant, la majorité de la reproduction se fait par monte naturelle. L'infertilité des taureaux est donc un problème majeur, d'autant plus que le prix d'achat des taureaux reproducteurs est souvent élevé en cas de forte valeur génétique. La réforme rapide des animaux séropositifs, même en cas de fertilité conservée, est fortement conseillée pour éviter une transmission de la maladie au reste du troupeau (Duboisset, 2013; Esteban-Gil et al., 2016; Gazzonis et al., 2017).

Enfin, d'après l'expérience d'éleveurs Ardéchois, la forte hausse de prévalence d'une année sur l'autre dans un élevage semble liée à des difficultés pour les primipares à s'occuper de leurs veaux (Alzieu et al., 2019a).

d. Impact humain

La besnoitiose est une maladie insidieuse, et assainir un élevage n'est pas chose aisée. Alzieu parle de « course de vitesse » lorsqu'il décrit l'assainissement dans les élevages à forte prévalence (Alzieu et al., 2020). L'assainissement présente des contraintes techniques et financières, et demande un effort important à l'éleveur lors des premiers mois et années de cette lutte contre la maladie. De nombreux éleveurs se disent découragés par le temps passé et l'argent mobilisé dans la mise en place de mesures de contrôle, pour des résultats parfois décevants et des pertes économiques toujours élevées. La gestion de la maladie va parfois jusqu'à porter atteinte à la santé de l'éleveur, à la fois sur l'aspect financier et moral, d'où la nécessité d'un accompagnement technique associé à un soutien prolongé aux éleveurs (Duboisset, 2013; Alzieu et al., 2020).

Dans sa thèse, Duboisset quantifie le temps perdu par les éleveurs lié à la mise en place de mesures de contrôle, comme le traitement médical des animaux, la lutte contre les insectes vecteurs, et l'observation des animaux pour détecter précocement des signes cliniques. Ce dernier élément représente plus des trois quarts de ce temps consacré à la gestion de la maladie. Ce temps perdu se concentre principalement en été, période de pullulation des insectes vecteurs, alors que l'été est aussi la saison des gros travaux agricoles dans les champs, déjà très chronophages. En moyenne, les éleveurs perdent jusqu'à 7 jours par an, soit environ 1h36 par bovin dans le troupeau et par an (Duboisset, 2013).

e. Impact économique

Comme évoqué dans les parties précédentes, les pertes économiques liées à la besnoitiose sont nombreuses et variées, et parfois difficilement quantifiables. Il est admis que le taux de mortalité de la maladie étant assez faible, les pertes liées à des décès sont limitées (Alzieu et al., 2016). Il faut alors comptabiliser l'ensemble des mesures de contrôle de la maladie, les réformes et achats d'animaux imprévus, les IA non pratiquées habituellement, la perte du potentiel génétique, la perte de production à court et moyen terme...

En 2013, Duboisset réalise une thèse pour estimer le coût de la besnoitiose et de sa gestion en élevage allaitant. Il estime le coût global moyen de la maladie à 8,29 €/animal/an pour les élevages sains ou en cours d'assainissement, et environ 40 €/animal/an pour les élevages souhaitant vivre avec la maladie. Dans ce calcul, il comprend le traitement, la prophylaxie, et les pertes de performances qui correspondent respectivement à 5 %, 10 % et 85 % de ce coût. A ces éléments, on peut ajouter la perte de temps annuelle de l'éleveur. Celle-ci se chiffre à un montant moyen de 15,37 €/animal/an, si on se base sur la valeur du Smic horaire de 2013. Le coût total de la besnoitiose pour un éleveur souhaitant vivre avec la maladie s'élève donc à 54,64 €/animal/an en moyenne. Certains éleveurs refusent parfois d'assainir leur élevage pour apprendre à vivre avec la maladie en atteignant un équilibre endémique. Mais ce calcul démontre clairement que, même si l'impact économique est souvent plus important dans les zones d'émergence et les troupeaux naïfs, il est illusoire de croire que la maladie et les pertes associées vont se stabiliser (Duboisset, 2013).

Plus précisément, Duboisset englobe dans le coût des traitements d'un animal le coût des médicaments, les frais vétérinaires, les analyses de laboratoires et l'euthanasie si elle a lieu. Ce coût est d'en moyenne 128 € par bovin malade, ce qui équivaut à 2,9 € par animal sur l'exploitation. Dans certaines exploitations, ces dépenses de traitement peuvent être supérieures à 1400 €. La prophylaxie comprend à la fois les mesures de prévention par l'éleveur, comme le dépistage à l'introduction ou les traitements anti-parasitaires externes, ainsi que les dépistages sérologiques souvent réalisés par les Groupements de Défense Sanitaire (GDS). Son coût moyen est de 8,93 €/animal/an dans les élevages en cours d'assainissement. Les pertes de performances ne sont pas équivalentes entre les élevages sains ou en cours d'assainissement, et les élevages vivant avec la maladie. Le coût moyen de l'assainissement, qui regroupe les pertes de performances et les réformes imprévues mais nécessaires, équivaut à 6,33 €/animal/an. Pour les élevages allaitants vivant avec la maladie, les pertes sont plus difficilement quantifiables et concernent prioritairement l'infertilité des taureaux atteints. Malgré ces chiffres moyens, il faut garder à l'esprit que les coûts réels peuvent fortement varier selon les situations. Certains élevages n'ont peu voire pas de frais par animal à l'année, tandis que certaines fermes atteignent des frais supérieurs à 70 €/animal/an. Dans sa thèse, Duboisset écrit que l'élevage le plus touché de son étude a perdu 12 600€ en un an, et 27 200€ sur trois années consécutives (Duboisset, 2013).

Enfin, la présence de la maladie dans un élevage, une région ou un pays peut avoir des conséquences sur le commerce et l'exportations des bovins. L'échange d'animaux peut être entravé par certaines législations nationales, ou le prix de vente de l'animal peut être diminué en raison de son statut séropositif, clinique ou non (Duboisset, 2013; Alzieu et al., 2017a).

III. Épidémiologie

1. Historique de la maladie

La besnoitiose bovine est pour la première fois décrite en 1817 par le Dr Santin, un vétérinaire du Tarn (Cadéac, 1884). Il détaille les symptômes de chaque phase clinique, et décrit la phase de sclérodermie comme suit « La peau se dessèche ; elle prend l'apparence d'un cuir tannée, ou il semble qu'elle a été brûlée par un fer rouge, elle tombe en lambeaux et s'exfolie comme l'écorce d'un platane ». Il nomme cette affection l'éléphantiasis du bœuf et de la vache (Santin, 1859). La maladie, présente dans le Sud de la France, est ensuite renommée l'anasarque du bœuf en 1884 par Cadéac, qui documente à nouveau ses symptômes et ses différentes phases cliniques (Cadéac, 1884).

Le parasite responsable de la besnoitiose est isolé pour la première fois en 1912 par les professeurs Besnoit et Robin de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse sur une vache originaire des Pyrénées françaises. Ils décrivent les symptômes de la maladie qu'ils appellent la sarcosporidiose bovine, et pensent avoir découvert une nouvelle espèce du genre *Sarcocystis* : *Sarcocystis besnoiti* (Besnoit & Robin, 1912). Suite à cette découverte, de nombreux débats ont lieu sur la nomenclature exacte de cette espèce, et c'est finalement Marotel qui renomme le parasite *Besnoitia besnoiti* en 1912 en créant le genre *Besnoitia* (Álvarez-García et al., 2013).

2. Répartition géographique

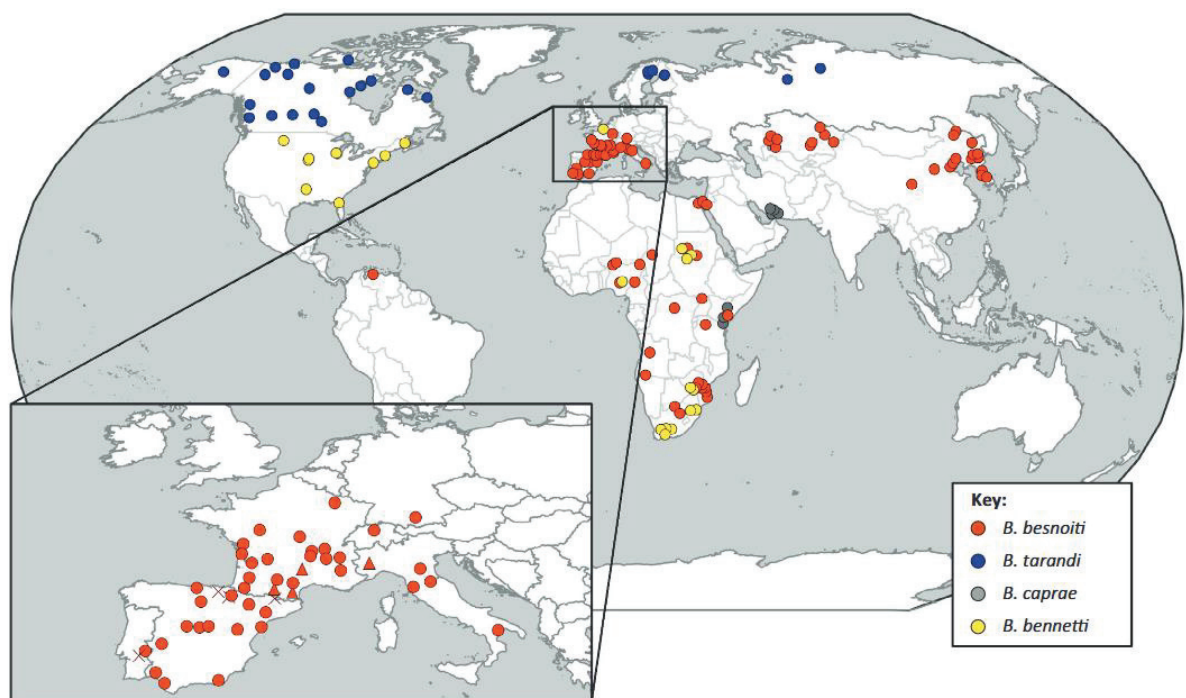
La besnoitiose bovine est présente dans de nombreux pays aux situations et climats divers. Son évolution insidieuse rend difficile la détection précoce d'une émergence sur un territoire (Figure 15) (Bigalke, 1968).

a. Dans le monde

La besnoitiose est enzootique en Asie depuis plusieurs décennies, notamment en région sud-est avec des cas décrits en Corée depuis 1932. Quelques rapports décrivent également des cas en Chine, en Inde et en Russie (Lee et al., 1970; Peteshev et al., 1974; Olias et al., 2011). En Malaisie, une étude épidémiologique sérologique réalisée en 2023 sur un échantillon de 225 bovins révèle une prévalence de 5,7 % de séropositifs. Cependant, les résultats préliminaires ne sont pas confirmés, et le doute reste permis sur la présence de la maladie dans le pays (Sadiq et al., 2023). Au Moyen Orient, la maladie est connue et enzootique en Israël depuis les années 1960 (Goldman & Pipano, 1983). Elle est aussi décrite au Kazakhstan et en Ouzbékistan (Bigalke, 1968; Olias et al., 2011).

La maladie est également enzootique en Afrique du Sud, avec des premiers cas décrits dans les années 1940. Elle se propage ensuite à l'Afrique subsaharienne. L'origine de la maladie sur le territoire africain est inconnue, mais son introduction daterait probablement du XVIIIème ou XIXème siècle via l'importation de bétail portugais infecté (Bigalke, 1968; Pols, 1960). Cependant, Saegermaan postule que ce serait plutôt le continent africain qui aurait contaminé l'Europe (Saegerman et al., 2022). Plus précisément, une étude de 2023 a permis d'établir que la besnoitiose bovine est présente en Afrique du Sud, au Swaziland, au Zimbabwe, en Zambie, au Botswana, en Namibie, en Angola, en Tanzanie, au Kenya, en Ouganda, au Soudan, au Nigeria et au Cameroun (Malatji et al., 2023). En 2022, une étude épidémiologique met en évidence la présence de la besnoitiose dans le gouvernorat d'Assiout en Egypte. Dans cette zone, 22,1 % des animaux testés seraient séropositifs avec certains bovins présentant des signes évocateurs de la maladie (Kuraa et al., 2022).

En Amérique du Nord et du Sud, la présence de la maladie reste inconnue. Quelques rapports font état de cas au Vénézuéla, mais sans confirmation (Bigalke, 1968; Olias et al., 2011). En 2014, Uzêda réalise une enquête épidémiologique au Brésil mais les résultats sont peu concluants. Il émet la possibilité de la présence d'une souche de *Besnoitia besnoiti* légèrement différente des souches décrites en Afrique et en Europe (Uzêda et al., 2014). La présence de la maladie en Australie est aussi impossible à confirmer. Cependant, le pays important du bétail depuis l'Europe, une contamination du territoire n'est pas exclue (Nasir et al., 2012).



TRENDS in Parasitology

Figure 15 : Répartition géographique mondiale de *Besnoitia* spp. en 2012

En orange : *B. besnoiti* ; En bleu : *B. tarandi* ; En gris : *B. caprae* ; En jaune : *B. bennetti* ; Croix : avant 1900 ; Triangles : 1991-2000 ; Cercles 2001-2012. Source : (Álvarez-García et al., 2013)

b. En Europe

Historiquement, les bassins endémiques de la besnoitiose sont les Pyrénées françaises et espagnoles, et la région d'Alentejo au Portugal. La maladie y reste confinée jusqu'aux années 1990, à partir desquelles on observe une augmentation du nombre de cas locaux, associée à une expansion progressive au reste des pays européens (Figure 16) (Besnoit & Robin, 1912; Álvarez-García et al., 2013). En 2010, la maladie est déclarée comme émergente, voire re-émergente en Europe, par l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (EFSA) du fait de sa progression rapide en Europe. Cette expansion est en grande partie la conséquence du commerce d'animaux entre pays (EFSA, 2010).

Au Portugal, les premiers cas sont décrits dans la région d'Alentejo par Franco et Borge en 1915, qui écrivent que la maladie serait connue dans la zone depuis 1885, puis par Leitao en 1949. Leitao imputerait l'origine de la maladie sur le sol portugais aux échanges de bétail historiques entre le Portugal et l'Angola (Pols, 1960). Jusque dans les années 1980, les rapports de cas se raréfient, jusqu'à une recrudescence de cas à partir des années 1990 (Cortes et al., 2003). Plus récemment, des cas sont détectés en dehors de la région d'Alentejo, au centre et nord-est du pays. D'après une enquête épidémiologique en 2014, la prévalence intra-troupeau sur le sol portugais serait comprise entre 0,7 et 72,4 %, avec plus de la moitié des troupeaux au-delà de 10,3 % de prévalence (Waap et al., 2014).

En Espagne, les premiers cas de la maladie sont décrits en 1990 dans les régions de Navarre et du Pays Basque, en région pyrénéenne du pays, ce qui laisse supposer que la besnoitiose y serait enzootique (Juste et al., 1990). Depuis, la maladie connaît une extension importante dans toute la moitié nord du pays et devient endémique dans la zone, avec plus de 87 % des troupeaux touchés et 50 % des animaux séropositifs en Navarre en 2014 (Álvarez-García et al., 2014b). De nouveaux foyers d'émergence sont rapportés en Espagne centrale et du Sud-Ouest (Fernandez-Garcia et al., 2010; Nieto-Rodríguez et al., 2016).

En Italie, la première description de la maladie remonte à 1993 dans la région du Piémont, chez des animaux importés de France (Mutinelli et al., 2011). Après cela, quelques cas isolés chez des animaux importés sont décrits, jusqu'à l'émergence de cas autochtones au Nord des Appenins. Depuis 2009, la maladie est considérée comme endémique dans certaines régions, notamment au nord et au centre du pays (Gentile et al., 2012; Gazzonis et al., 2017).

La première émergence de la maladie en Allemagne est décrite en 2009 en Bavière, au Sud du pays. D'après les symptômes évoluant depuis plusieurs années chez des animaux de l'élevage, la maladie serait plus ancienne. Une importation d'animaux infectés français est l'hypothèse privilégiée. Cette découverte constitue le premier cas décrit de besnoitiose en Europe centrale (Mehlhorn et al., 2009; Gollnick et al., 2010).

En 2012, un cas est identifié pour la première fois en Suisse. L'arrivée de la maladie sur le territoire est attribuée à l'importations de bovins infectés de France et d'Allemagne (Lesser et al., 2012). La même année, le premier cas de besnoitiose dans la région de la Wallonie en Belgique est détecté chez un taureau importé du Sud de la France (Vanhoudt et al., 2015). La propagation de la maladie est rapidement enrayée et un système de surveillance national des importations de bovins est mis en place, couplée à des campagnes d'informations. Malgré ces mesures, la maladie re-émerge, probablement à cause d'importations de bovins étrangers, à

partir de 2019 au sud du pays avec plusieurs foyers identifiés (Evrard & Quinet, 2020; Delooz et al., 2021).

En 2014, un article rapporte le premier cas connu de besnoitiose bovine en Hongrie, et plus largement en Europe centrale de l'est, sur des génisses et taureaux importés de France entre 2011 et 2012 (Hornok et al., 2014).

En 2015, une enquête épidémiologique est réalisée pour la première fois dans le nord de la Grèce et révèle que 22 % des animaux testés sont séropositifs. Les animaux concernés sont à la fois natifs du pays, et importés de France, d'Allemagne et des Pays-Bas (Papadopoulos et al., 2014).

La même année, la besnoitiose est diagnostiquée officiellement en Irlande, dans un troupeau laitier dans lesquels des animaux présentent des symptômes compatibles avec la maladie depuis 2010. Ce diagnostic constitue la première description de la maladie au Royaume-Uni, et le cas décrit le plus au nord de l'Europe (Ryan et al., 2016).

Entre 2015 et 2016, une enquête sérologique est conduite en Turquie pour la première fois. Sur 450 animaux testés dans la région d'Anatolie, l'étude révèle une séroprévalence de 2,7 % sans signes cliniques associés. Aucune confirmation des résultats par des tests sérologiques plus fiables n'est réalisée, ne permettant pas de conclure formellement sur la présence de la maladie dans la zone (Özdal et al., 2019).



*Figure 16 : Expansion géographique de la besnoitiose bovine en Europe en 2019
D'après (Evrard & Quinet, 2020) et (ARSIA)*

c. En France

En France, la besnoitiose est historiquement endémique dans la région sud-ouest du pays (Bigalke, 1968). Entre les années 1800 et 1960, les zones touchées sont les vallées de l'Aude, l'Ariège, le Gers, les Hautes Pyrénées, l'ouest Gironde et l'Ardour. Dans les années 1970-1980, la maladie se concentre dans les départements de l'Aude, l'Ariège, la Haute-Garonne et les Pyrénées orientales, avec un accroissement progressif de la prévalence dans les Pyrénées (Alzieu et al., 2007).

A partir de 1990, la maladie se propage largement à travers le territoire national et le nombre de cas explose. Des foyers apparaissent dans le Massif central et les Deux-Sèvres. (Alzieu et al., 2007). La besnoitiose est détectée pour la première fois dans le département des Hautes-Alpes en 2004, même si des cas cliniques sporadiques sont soupçonnés depuis 2002. Dès 2005, les cas se multiplient et s'étendent aux départements voisins (Freudiger, 2008). En parallèle, l'expansion se poursuit à l'Ardèche, aux Pays de la Loire et à l'Ouest du pays dès 2003 (Alzieu et al., 2007). Le premier cas dans le département du Rhône est décrit sur un taureau ardéchois en 2007 (Le Sobre & Pin, 2011). A partir des années 2010, Alzieu rapporte une expansion géographique de la maladie à la zone au sud de la ligne Lyon-Nantes, avec une avancée progressive vers le nord et l'est du pays (Figure 17) (Alzieu et al., 2011). En 2012, un cas de besnoitiose clinique est diagnostiqué en Corrèze (Sageaud, 2024). Depuis 2020, la besnoitiose a été identifiée en Maine et Loire, dans le Calvados et la Manche (GDS Calvados; GDS Maine et Loire; GDS Manche, 2024).

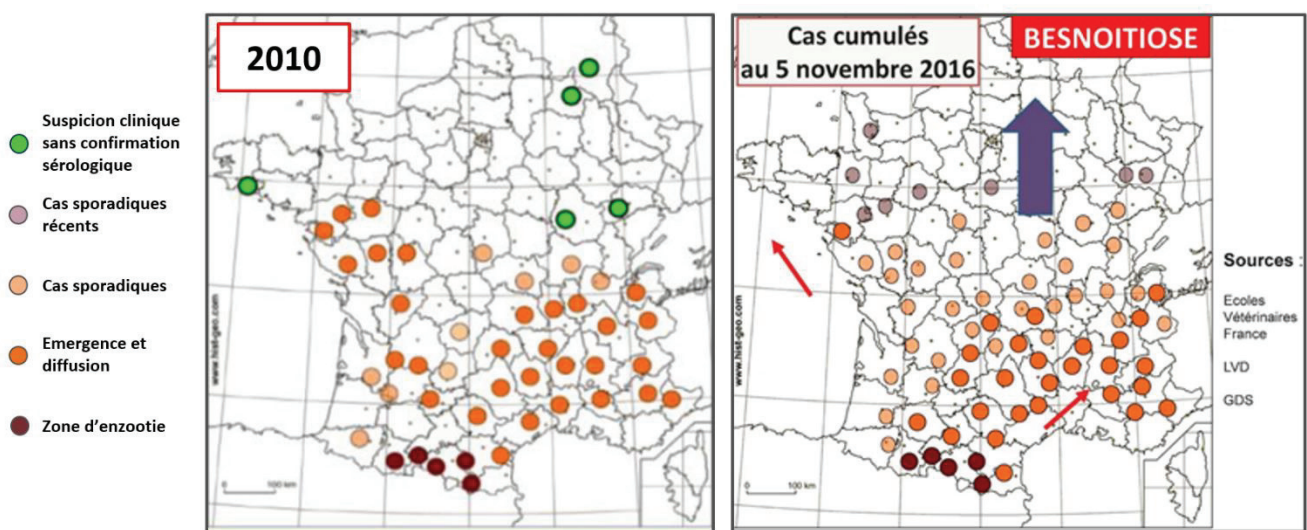


Figure 17 : Expansion géographique de la besnoitiose bovine en France entre 2010 et 2016
D'après (GDS Corrèze; GDS PACA)

Certains foyers départementaux, comme c'est le cas dans les Vosges en 2016, ont été découverts et gérés rapidement, ce qui a permis le maintien du statut *a priori* indemne du département (GDS Vosges). Dans sa thèse parue en 2018, Chemouni fait état de tous les GDS départementaux ayant déjà recensé au moins un cas de besnoitiose sur leur territoire depuis 2007 (Figure 18) (Chemouni, 2018).

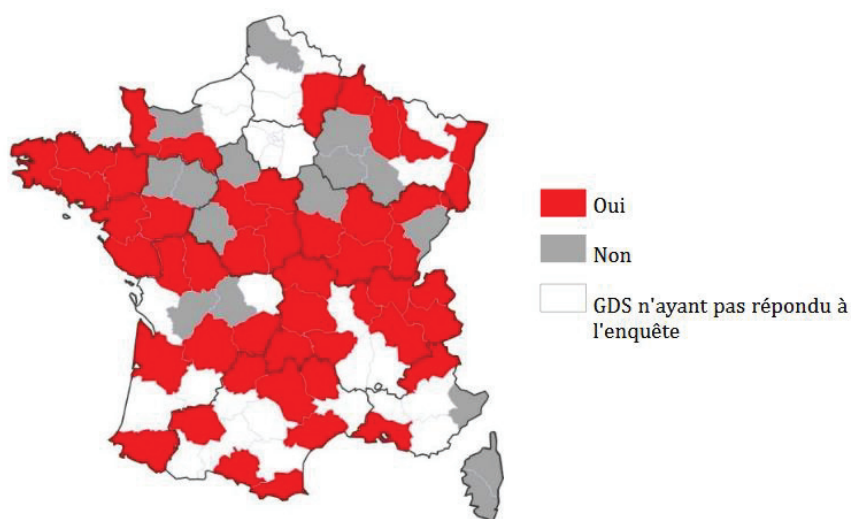


Figure 18 : Répartition géographique des GDS ayant ou non recensé des cas de brucellose bovine sur leur territoire entre 2007 et 2017. Source : (Chemouni, 2018)

Actuellement, la grande majorité des troupeaux français sont indemnes de la maladie. Au sein des départements touchés, des cheptels sains subsistent. Il faut donc considérer le statut sanitaire vis-à-vis de la maladie à l'échelle du cheptel plutôt qu'à l'échelle du département (Alzieu et al., 2020).

3. Epidémiologie descriptive

a. Cas cliniques et subcliniques

La définition des cas cliniques et subcliniques varie selon les études. Les animaux subcliniques sont définis par Frey comme des individus séropositifs ne présentant pas de kystes macroscopiquement visibles, ou étant en phase aiguë mais sans signes cliniques détectables (Frey et al., 2013). D'autres auteurs parlent d'animaux subcliniques ou asymptomatiques pour désigner les sujets sans signes cliniques généraux mais porteurs de kystes oculaires et vaginaux (Bigalke, 1968; Fernandez-Garcia et al., 2010). De ces définitions découle celle des cas cliniques, qui désignent les animaux infectés présentant des signes cliniques visibles de la maladie, tels qu'un état fébrile, des lésions cutanées, etc. Ces signes cliniques comprennent ou non les kystes oculaires et vaginaux selon les auteurs.

Les animaux asymptomatiques et subcliniques, représentent la majorité des individus infectés. Parmi les animaux cliniques, une petite proportion présente des symptômes typiques et prononcés, mais la plupart expriment seulement des symptômes frustes (Bigalke, 1968; Jacquet et al., 2010; Frey et al., 2013; Gutiérrez-Expósito et al., 2015).

La prévalence des cas cliniques oscille entre 18 et 62 % selon les études, en prenant en compte les animaux avec des signes cliniques généraux et/ou des kystes oculaires et vaginaux (Fernandez-Garcia et al., 2010; Gutiérrez-Expósito et al., 2015; Ryan et al., 2016; Esteban-Gil et al., 2017). Dans son étude, Bigalke rapporte que plus de 53 % des animaux infectés ne présentent pas de kystes scléro-conjonctivaux (Bigalke, 1968). Alzieu écrit même que ce serait moins d'un quart des individus infectés qui seraient porteurs de kystes oculaires (Alzieu et al., 2011). Les bovins manifestant des signes cliniques sont l'équivalent de la partie visible de l'iceberg, notamment dans les troupeaux à forte prévalence.

Les raisons pour lesquelles certains bovins n'expriment pas de signes cliniques ne sont pas encore élucidées. La taille de l'inoculum (en lien avec la taille des pièces buccales des insectes vecteurs), la variabilité individuelle de la résistance des hôtes à l'infection, et des variations de virulence entre les souches de *Besnoitia besnoiti* sont mises en cause (Jacquiet et al., 2010; Alzieu et al., 2015). Alzieu évoque une capacité de certains individus à mieux réguler et maîtriser la multiplication du parasite après le début de l'infection. Chez ces animaux, une séroconversion aurait lieu sans signes cliniques associés (Alzieu et al., 2019b).

Un fort taux en anticorps serait associé à la présence de signes cliniques, tandis que ce taux serait stable chez les animaux subcliniques en phase chronique, avec une tendance à la diminution (Frey et al., 2013; Esteban-Gil et al., 2017). Malgré l'absence de symptômes, les animaux séropositifs restent porteurs du parasite et représentent un risque pour le reste du troupeau (Fernandez-Garcia et al., 2010; Frey et al., 2013).

b. Dynamiques épidémique et endémique

- Zone d'émergence : dynamique épidémique

En zone d'émergence, la majorité des troupeaux et animaux sont naïfs et n'ont jamais rencontrés la maladie. Une introduction d'un bovin infecté dans un cheptel naïf conduit à une propagation rapide et massive de la maladie. L'incidence annuelle se situe entre 20 et 40 % (Gazzonis et al., 2017; Alzieu et al., 2020). La séroprévalence peut atteindre 50-60 % en seulement deux à trois ans, puis 70-80 % en trois à cinq ans (Cortes et al., 2014; Alzieu et al., 2015; Alzieu et al., 2017b). Nieto-Rodríguez décrit un bond de la séroprévalence de presque 10 % en seulement quatre mois au début du printemps, dans un troupeau allaitant extensif en Espagne (Nieto-Rodríguez et al., 2016).

Les cas cliniques sont nombreux pendant les deux ou trois premières années, quels que soit l'âge, le sexe ou la race des animaux, avec parfois une allure-enzootique pendant la période estivale (Alzieu et al., 2017b). La prévalence de cas cliniques peut varier entre 15 et 20 % par an. Malgré cela, le diagnostic de la besnoitiose intervient souvent tardivement, lorsque que la séroprévalence du troupeau est déjà supérieure à 50 % (Jacquiet et al., 2010). Pendant les trois à cinq premières années, la mortalité peut atteindre 7 à 10 % dans certains troupeaux (Alzieu et al., 2015).

Lors d'épidémie, beaucoup d'éleveurs espèrent une stabilisation progressive de la maladie. Un équilibre endémique peut espérer être atteint au bout de six, huit voire dix ans, même si l'obtention d'une stabilité comme il en existe dans les zones d'enzootie historique est illusoire. En outre, ce délai est ponctué par l'apparition régulière de cas cliniques et de réformes anticipées, auxquelles il faut rajouter les coûts des traitements et des mesures de surveillance. Alzieu parle d'un « piège redoutable et ruineux » (Alzieu et al., 2015).

- Zone historique : dynamique endémique

En zone d'endémie, la maladie est installée durablement dans les troupeaux atteints et son évolution est stable. La prévalence régionale est assez variable selon les études, avec 44 % des troupeaux atteints dans les Appenins en Italie (Álvarez-García et al., 2013), 87,3 % en Navarre (Álvarez-García et al., 2014b), et 21,5 % dans le nord des Pyrénées espagnoles (Garrido-Castañé et al., 2018). La séroprévalence dans les cheptels est élevée, souvent supérieure à 50-60 % (Liénard et al., 2011; Álvarez-García et al., 2014b; Alzieu et al., 2017b), voire même supérieure à 90 % (Gollnick et al., 2018).

La majorité des animaux sont asymptomatiques et la plupart des cas cliniques sont discrets à modérés, avec seulement des kystes oculaires ou vaginaux. Les cas cliniques sévères sont sporadiques et concernent généralement des animaux naïfs introduits dans des troupeaux endémiques. C'est le cas des achats de reproducteurs par exemple (Gutiérrez-Expósito et al., 2015; Gollnick et al., 2018).

La prévalence clinique est souvent inférieure à 10 % si on n'inclue pas les kystes oculaires ou vaginaux comme signes cliniques (Jacquiet et al., 2010; Álvarez-García et al., 2013), sinon elle est comprise entre 22 et 62 % (Liénard et al., 2011; Gutiérrez-Expósito et al., 2015; Gollnick et al., 2018). Dans l'étude longitudinale de Gutiérrez-Expósito, l'incidence sérologique est en moyenne de 22 %, tandis que l'incidence clinique incluant les kystes varie entre 12 et 16 % (Gutiérrez-Expósito et al., 2015). L'incidence clinique sans considérer la présence de kystes est faible, entre 2 et 5 %. La mortalité en zone endémique est inférieure à 1 % (Jacquiet et al., 2010).

Les différences de valeurs entre les études peuvent s'expliquer par divers facteurs régionaux comme les conditions d'élevages et écologiques, l'abondance d'insectes vecteurs, la virulence des souches de *Besnoitia besnoiti*, les mesures de contrôles en place, ou les variations dans l'examen des animaux lors de l'étude (Álvarez-García et al., 2013; Gutiérrez-Expósito et al., 2015; Gollnick et al., 2018).

c. Saisonnalité

Jusque dans les années 1990 à 2000, la besnoitiose était une maladie très saisonnière. La contamination se faisait entre la fin du printemps et l'automne, période de pullulation des insectes piqueurs. La période de juillet à septembre regroupait plus de 80 % des cas cliniques. Alzieu décrit une « allure pseudo-enzootique » pendant l'été (Jacquiet et al., 2010; Alzieu et al., 2011).

La saisonnalité de la maladie s'élargit progressivement, sous l'effet du réchauffement climatique, et par conséquent la plus large période de pullulation des insectes piqueurs (Jacquiet et al., 2010). Les séroconversions ont lieu toute l'année, avec un pic persistant au printemps et en été (Liénard et al., 2011; Alzieu et al., 2015; Gollnick et al., 2018).

Les tabanidés conservent une période d'activité réduite entre juin et août, tandis que les stomoxes ont une période d'activité extrêmement large. Elles sont capturées en pâtures généralement d'avril à novembre, mais parfois jusqu'à mi-décembre quand les conditions climatiques sont favorables. Elles possèdent aussi une activité trophique en bâtiment, en fin d'hiver et au début du printemps. Cette activité est corrélée à de nouvelles séroconversions en bâtiment ou lors de la mise à l'herbe (Alzieu et al., 2011, 2015; Liénard et al., 2011). La période sans risque de contamination, qui correspond au cœur de l'hiver, est donc extrêmement réduite (Alzieu et al., 2017b).

d. Age

Les bovins de tout âge sont réceptifs à la maladie, mais les sujets de moins d'un an semblent moins sensibles. La prévalence en dessous de six mois est très faible. Les hypothèses énoncées pour expliquer cette moindre sensibilité sont une exposition moins importante au parasite, une réceptivité plus faible grâce à l'immunité acquise par la mère, ou encore une immunité innée juvénile des sujets (Diezma-Díaz et al., 2017).

Dans un troupeau laitier irlandais, Ryan décrit la présence de kystes scléro-conjonctivaux chez 42 % des veaux de moins de six mois. Certains des veaux expriment des signes cliniques avant leur séroconversion (Ryan et al., 2016). Alzieu rapporte deux cas cliniques sur des veaux de trois mois, nés et élevés en stabulation et ayant exprimés successivement des symptômes de la phase fébrile, des œdèmes et enfin une alopecie localisée à la tête sans kystes macroscopiquement visibles (Alzieu et al., 2016). En 2017, un rapport de cas clinique chronique fait état d'un veau Limousin ayant exprimé des signes cliniques non spécifiques évocateurs de la phase aiguë à deux mois, puis une alopecie à quatre mois (Diezma-Díaz et al., 2017).

La prévalence de l'infection augmente avec l'âge, vraisemblablement car les animaux sont plus exposés à la maladie sur la durée. D'après l'étude d'Anastácio dans un troupeau portugais, le risque de déclencher l'infection est multiplié par 1,68 par an passé au sein du troupeau (Anastácio et al., 2022). Dans une autre étude sur la dynamique de la maladie, Gazzonis écrit que le risque d'infection est associé à l'âge, avec un odds ratio (OR) de 1,007 (IC95% : [1,003 ; 1,011]) (Gazzonis et al., 2017).

Les formes cliniques sont généralement exprimées par des bovins entre deux et quatre ans, et au-delà de sept ans (Gutiérrez-Expósito et al., 2015; Alzieu et al., 2016; Coelho et al., 2023). Habituellement, les plus jeunes présentent surtout des symptômes de la phase aiguë, tandis que les animaux plus âgés expriment la phase de sclérodermie de manière plus marquée (Alzieu et al., 2016). Cependant, une étude récente d'infection expérimentale par des tachyzoïtes n'a pas montré de lien entre l'âge à l'infection, et l'apparition de signes cliniques ou lésions en phase chronique (Diezma-Díaz et al., 2018).

e. Sexe

De multiples publications se contredisent quant à une plus grande sensibilité des mâles à la besnoitiose.

Alzieu et Jacquet rapportent à plusieurs reprises une sévérité plus importante des signes cliniques chez les taureaux, notamment en phase chronique, entraînant une détérioration de l'état général jusqu'à leur euthanasie ou abattage précoce (Alzieu et al., 2007, 2011, 2015; Jacquet et al., 2010). Cette théorie est confirmée par l'étude épidémiologique de Gazzonis, qui identifie que les mâles sont plus à risque de contracter l'infection que les femelles, avec un OR de 2,006 (Gazzonis et al., 2017).

En parallèle, d'autres études n'ont pas mis en évidence de différence d'incidence et de sévérité entre les sexes. Ces études s'intéressent à des races et productions diverses, et ont lieu dans différents pays comme l'Afrique du Sud, l'Israël, l'Allemagne ou l'Espagne (Pols, 1960; Bigalke, 1968; Goldman & Pipano, 1983; Fernandez-Garcia et al., 2010; Álvarez-García et al., 2014b; Gollnick et al., 2018).

Álvarez-García soumet l'idée que du fait de la valeur économique souvent importante des taureaux, les cas chez les mâles passent moins inaperçus auprès des éleveurs et vétérinaires (Álvarez-García et al., 2014b). Par ailleurs, les taureaux naïfs introduits dans les troupeaux où la maladie est endémique ont tendance à déclarer la maladie de manière très sévère (Cortes et al., 2005). Ces éléments ont peut-être tendance à biaiser les observations sur la sensibilité selon les sexes.

f. Race et types de production

Toutes les races semblent être atteintes par la besnoitiose, avec une sensibilité équivalente (Liénard et al., 2011; Álvarez-García et al., 2014a). Cependant, une étude récente sur un troupeau portugais met en évidence une potentielle sensibilité accrue des vaches salers (OR = 14,6) et charolaises (OR = 5,6). L'auteur émet la possibilité d'une prédisposition génétique (Coelho et al., 2023). Dans une autre étude iséroise, les bovins charolais sont 2,3 fois plus à risque d'être dépistés positifs que les autres races, mais l'hypothèse avancée étant cette fois-ci la couleur claire de la robe qui attirerait davantage les insectes (Picq, 2023).

Plusieurs études dans des pays et zones endémiques comme la Catalogne et Navarre en Espagne, et l'Israël ont montré que la prévalence des troupeaux allaitants infectés est souvent bien supérieure à celle des troupeaux laitiers. Dans ces études, la prévalence en production laitière est presque nulle (Goldman & Pipano, 1983; Álvarez-García et al., 2014b; Garrido-Castañé et al., 2018).

Cette différence de prévalence selon le type de production s'explique par les différences de conduite d'élevage, qui peuvent faciliter la transmission de la maladie. En élevage allaitant, la monte naturelle et le pâturage, parfois en mélange avec d'autres troupeaux ou en contact avec la faune sauvage, sont des pratiques fréquentes et favorisent la transmission de la maladie. Le commerce et les échanges d'animaux sont aussi communs. En élevage laitier, les inséminations artificielles sont majoritaires et le pâturage est souvent moins extensif (Álvarez-García et al., 2014b; Gazzonis et al., 2017).

4. Facteurs de risque

Les facteurs de risque sont nombreux et leur identification est cruciale pour améliorer la gestion et la lutte contre la besnoitiose. Ces facteurs sont déjà mentionnés par de nombreux auteurs. Récemment, Saegerman interroge des experts européens (Álvarez-García, Alzieu, Delooz, Evrard, Gazzonis, Gentile, Houtain, Jacquet, Liénard, Schares, Villa) dans son étude concernant les facteurs responsables de l'émergence de la maladie en Europe (Saegerman et al., 2022).

a. Commerce et introduction d'animaux

L'introduction d'un seul bovin malade peut suffire à contaminer un troupeau naïf (Bigalke, 1968; Alzieu et al., 2020). Après un tel événement, on peut comptabiliser jusqu'à 10 % d'animaux malades cliniquement dans le troupeau dans les trois années suivant cette introduction (Cortes et al., 2014). Les achats et échanges d'animaux sans vérification de leur statut sanitaire représentent les modes de contamination majeurs des cheptels, surtout depuis des zones fortement touchées vers des zones saines (Álvarez-García et al., 2013; Alzieu et al., 2020; Saegerman et al., 2022). En France, la vente d'animaux issus de la zone endémique historique au sud-ouest du pays a provoqué la propagation de la besnoitiose dans les Alpes (Jacquet et al., 2010). Une enquête lancée après l'émergence de foyers en Belgique en 2019 a pu démontrer que l'expansion de la maladie dans le pays était directement liée aux échanges entre exploitations (Delooz et al., 2021). L'apparition de la besnoitiose dans des pays auparavant naïfs est souvent imputée à l'introduction de bovins contaminés dans des cheptels naïfs (Álvarez-García et al., 2013). C'est le cas notamment en Allemagne (Gollnick et al., 2010), en Italie (Mutinelli et al., 2011) et en Suisse (Lesser et al., 2012).

A l'inverse, l'introduction d'un bovin naïf dans un troupeau fortement contaminé en zone endémique peut provoquer le développement d'une forme clinique très sévère de la maladie, suivie d'une dégradation rapide de l'animal (Cortes et al., 2005).

b. Promiscuité et mélanges d'animaux

Une densité importante d'animaux dans une exploitation favorise la transmission de la besnoitiose (Saegerman et al., 2022). Cela se vérifie d'autant plus en élevage intensif où les animaux sont en contact étroit, généralement en bâtiment (Esteban-Gil et al., 2017; Saegerman et al., 2022). Le risque de contamination est plus important lorsque les animaux sains sont logés en bâtiment avec des sujets infectés, même en présence d'une séparation physique comme un mur (Hornok et al., 2015; Anastácio et al., 2022). La probabilité de séroconversion d'un individu sain est directement liée au nombre de séropositifs avec lesquels l'animal a été alloté pendant la période en bâtiment, ainsi qu'à la durée passée en bâtiment (Esteban-Gil et al., 2017). La proximité des veaux avec leur mère jusqu'au sevrage augmente le risque de contamination des jeunes (Hornok et al., 2015; Ryan et al., 2016; Esteban-Gil et al., 2017). Lors de monte naturelle, la proximité successive des taureaux reproducteurs avec un grand nombre de vaches augmente le risque de transmission de la maladie. En ce sens, Gazzonis recommande l'introduction progressive de l'IA dans les troupeaux, avec l'objectif final de remplacer la monte naturelle (Gazzonis et al., 2017).

Le pâturage partagé et les estives mélangeant des cheptels sont des facteurs majeurs de l'expansion de la maladie en Europe (Álvarez-García et al., 2013). Les troupeaux pratiquant l'estive peuvent être jusqu'à 3,2 fois plus à risque d'être infectés (Picq, 2023). Ce risque augmente quand le statut sanitaire des animaux n'est pas pris en compte. Ces pratiques sont fréquentes en France en période estivale, avec les cheptels collectifs en estives montagnardes ou des partages de pâtures libres dans le centre de la France. Les animaux nouvellement contaminés par ce biais contaminent ensuite leur reste de leur cheptel d'origine, une fois revenus dans l'exploitation (Alzieu et al., 2016). Sur le même principe, les rassemblements d'animaux, lors de comices ou de concours, favorisent la transmission entre cheptels (Gazzonis et al., 2017).

La pique douloureuse des taons provoque une multitude d'interruptions de leurs repas sanguins et un changement fréquent d'hôte. Malgré cela, les taons ont un comportement de « *feeding persistence* ». Ils poursuivent leur repas sanguin sur leur cible initiale, ou dans un rayon généralement inférieur à 25 mètres majoritairement (Barros & Foil, 2007). En parallèle, les bovins ont tendance à se resserrer entre eux en cas de forte pression d'insectes piqueurs. Ce comportement favorise la transmission du parasite par les piqures entre animaux proches (Baldacchino et al., 2014a). Ces éléments, couplés à la faible période de survie et d'infectiosité du parasite dans les pièces buccales des insectes, sont en faveur d'une transmission intra-cheptel très majoritaire (Alzieu et al., 2016).

Des travaux sur le potentiel de dispersion de plusieurs insectes vecteurs révèlent que les stomoxes et taons à jeun peuvent parcourir respectivement jusqu'à 300 et 200 mètres par trajet. La distance parcourue après un repas sanguin est sensiblement inférieure (150 mètres chez les stomoxes). Des interruptions répétées des repas sanguins rendent possible la couverture d'une longue distance au total (Lempereur et al., 2017). La transmission entre cheptels proches est donc envisageable, même si rare. Les pâtures voisines, séparées uniquement par une haie ou une clôture, augmentent ce risque de transmission inter-cheptel (Alzieu et al., 2016). En parallèle, les mélanges imprévus de troupeaux en cas de changement de parcs accidentels peuvent majorer ce risque (Alzieu et al., 2017b).

c. Transmission vectorielle et période estivale

Les insectes vecteurs de *Besnoitia besnoiti* sont largement présents dans tous les pays européens. Cela permet l'expansion de la maladie sur l'ensemble du territoire (Hornok et al., 2015; Saegerman et al., 2022).

Les conditions climatiques et météorologiques influencent le risque de transmission du parasite par les insectes hématophages (Álvarez-García et al., 2013). La période estivale est la saison de pullulation des insectes piqueurs, et donc la période la plus à risque (Liénard et al., 2011). Les piqures sont plus nombreuses en cas d'ensoleillement, sauf quand la température grimpe au-delà de 30°C. Le taux de morsure par des taons en été sur les chevaux varie entre 0 et 3,5 piqures par minutes (Baldacchino et al., 2014a; Lempereur et al., 2017). À l'inverse, les températures plus basses en hiver, ainsi que les périodes de fort vent limitent l'activité du vecteur (Baldacchino et al., 2014a). Le réchauffement climatique, avec la hausse progressive des températures et les hivers plus doux, est soupçonné d'impacter les dynamiques des populations d'insectes piqueurs (Álvarez-García et al., 2013). La saisonnalité de la maladie est maintenant élargie à la majorité de l'année dans les régions tempérées (Jacquiet et al., 2010).

d. Maladie silencieuse et détection difficile

Le nombre important d'animaux asymptomatiques ou présentant une clinique frustrée rend difficile la détection de la besnoitiose. (Jacquiet et al., 2010; Frey et al., 2013; Gutiérrez-Expósito et al., 2015). A cela s'ajoutent la non-spécificité des symptômes de la phase aiguë, et la difficulté de détection par manque d'outils diagnostiques efficaces en début d'infection, ou manque de surveillance des cheptels. La maladie peut facilement évoluer à bas bruit dans un élevage, pendant plusieurs mois voire années, avant qu'un diagnostic ne soit établi (Saegerman et al., 2022).

Les animaux subcliniques constituent un véritable réservoir de la maladie et sont sources d'infection pour leurs congénères sains (Frey et al., 2013; Saegerman et al., 2022). Les individus les plus riches en kystes cutanés, parfois nommés « bons donneurs », favorisent grandement la transmission de la maladie (Alzieu et al., 2015). Par ailleurs, les animaux infectés en phase aiguë, étant souvent moins prompts à réagir aux piqures que leurs congénères, sont souvent la proie privilégiée des insectes piqueurs (Gollnick et al., 2015).

e. Cycle méconnu et réservoir sauvage

Les données manquantes sur le cycle parasitaire de *B. besnoiti*, notamment sur l'identité de l'hôte définitif, ne facilitent pas le contrôle de la maladie et la définition claire de tous les facteurs de risque (Álvarez-García et al., 2013; Saegerman et al., 2022).

En pâturage et en alpage, la faune sauvage peut agir comme réservoir de la maladie, mais son rôle dans le cycle parasitaire est encore très méconnu (Saegerman et al., 2022). En effet, les insectes piqueurs se nourrissent sur certains ongulés sauvages. D'après plusieurs études épidémiologiques dans des zones endémiques historiques, les ruminants sauvages de montagne comme le cerf élaphe et le chevreuil peuvent servir d'hôtes intermédiaires exceptionnels. Cependant, les chamois mouflons et isards ne semblent pas intervenir dans le cycle du parasite (Gutiérrez-Expósito et al., 2013; Baldacchino et al., 2014b; Arnal et al., 2017).

Pols rapporte avoir réussi à infecter expérimentalement des moutons et chèvres, mais les études épidémiologiques plus récentes dans des zones d'endémie n'ont pas permis de confirmer le rôle de ces ruminants dans le cycle parasitaire (Pols, 1960; Gutiérrez-Expósito, Ortega-Mora, et al., 2017).

f. Immunodépression

De manière générale, toute période ou situation d'immunosuppression favorise l'expression et la circulation d'infections. La réceptivité et sensibilité des individus sont accrues (Álvarez-García et al., 2014a; Alzieu et al., 2016).

La période de post-partum est une période d'immunodépression physiologique. Alzieu rapporte deux cas cliniques typiques de besnoitiose en période hivernale chez des vaches à trois semaines post-partum (Alzieu et al., 2016).

La Diarrhée Virale Bovine (BVD) altère particulièrement le système immunitaire. Une co-infection avec la besnoitiose semble favoriser une invasion plus précoce des cellules endothéliales par les tachyzoïtes (Jiménez-Meléndez et al., 2019). Des successions de cas cliniques sévères sont rapportées dans des élevages très atteints par la BVD (Alzieu et al., 2016).

Dans ces travaux, Bigalke rapporte le décès en phase aiguë d'une génisse dont la rate avait été retirée avant l'infection expérimentale (Bigalke, 1968). Dans plusieurs études, les infections expérimentales les plus sévères concernent les animaux immunodéprimés suite à un traitement corticoïde (Bigalke, 1968; Diesing et al., 1988).

g. Facteurs liés au parasite

Plusieurs études se sont penchées sur les facteurs dépendants du parasite, comme le stade parasitaire, la souche infectante et la virulence associée, la voie d'inoculation... Cependant, les conditions de chaque étude sont différentes ce qui rend difficile les comparaisons et conclusions (Álvarez-García et al., 2014a).

D'après Bigalke et Diesing, les infections induites par une inoculation de bradyzoïtes sont moins sévères que celles induites par des tachyzoïtes (Bigalke, 1968; Diesing et al., 1988). Cependant, des auteurs écrivent plus récemment que des travaux plus poussés sont nécessaires afin de tirer des conclusions à ce sujet (Álvarez-García et al., 2014a).

Il semble que la voie d'inoculation, en cas d'infection par des bradyzoïtes, influe sur l'évolution de la maladie. Une inoculation intradermique a tendance à provoquer une expression clinique plus sévère, avec une charge parasitaire sur l'animal plus importante (Diezma-Díaz et al., 2019b). Concernant une infection par des tachyzoïtes, la voie d'inoculation ne semble pas avoir d'impact (Diezma-Díaz et al., 2019a).

Certains auteurs suspectent qu'une dose d'inoculât plus importante pourrait favoriser une expression plus sévère de la maladie. Néanmoins, ce paramètre est dépendant de multiples facteurs tels que la viabilité et la virulence des parasites inoculés (Álvarez-García et al., 2014a). Dans son étude, Diezma-Díaz montre que les animaux infectés par une dose plus importante de tachyzoïtes expriment une fièvre plus forte en phase aiguë, sans pour autant déclarer une forme clinique chronique plus sévère (Diezma-Díaz et al., 2018).

Les différentes souches de *Besnoitia besnoiti* semblent avoir des capacités de virulence différentes (Álvarez-García et al., 2014a). Par exemple, la souche israélienne a été utilisée pour développer un vaccin vivant en raison de sa faible virulence (Shkap & Pipano, 1993). Plus récemment, les travaux de Frey ont mis en évidence un taux d'invasion cellulaire *in vitro*, c'est-à-dire la vitesse d'invasion des cellules hôtes par les tachyzoïtes, propre à chaque souche de *B. besnoiti*. Les souches Bb-France, Bb-Evora3 et Bb-Israël possèdent un fort potentiel d'invasion, contrairement aux souches Bb-Spain1, Bb-Spain2 et Bb-Italy qui ont des capacités faibles. La souche allemande Bb-Ger1 possède un pouvoir d'invasion intermédiaires (Frey et al., 2016).

h. Manque de mesures de prévention

Un dernier facteur de risque soulevé par l'étude de Saegerman concerne directement la gestion de la maladie par les Etats. La besnoitiose n'est pas une maladie réglementée à l'échelle européenne et sa notification n'est pas obligatoire dans la majorité des pays. Les contrôles à l'importation et l'introduction sont grandement facilités par l'existence de kits sérologiques commerciaux. La notification systématique des cas sécuriserait davantage les échanges de bovins, notamment entre pays infectés et indemnes, en certifiant le statut sanitaire sain ou infecté des animaux (Saegerman et al., 2022).

Plusieurs articles européens ont déjà alerté sur la nécessité de revoir la législation en ce sens (Cortes et al., 2014; Gutiérrez-Expósito et al., 2017a; Delooz et al., 2021), et sur la mise en place de mesures de prévention et de contrôle supplémentaires. Ces mesures sont nécessaires pour limiter la propagation de la besnoitiose, et le passage du statut épidémique à endémique dans de nouveaux territoires. Les connaissances sur la besnoitiose, et notamment sur les pertes économiques associées, sont encore incomplètes. Des études plus poussées sur le sujet sont nécessaires, afin de solidifier les arguments déjà existants (Saegerman et al., 2022).

IV. Diagnostic

1. Diagnostic différentiel

a. Phases aiguë et subaiguë

Les symptômes en phase fébrile sont peu spécifiques et sont communs à un grand nombre d'affections. Ils peuvent évoquer des maladies respiratoires infectieuses comme des BPIE ou des pneumonies à *Mycoplasma bovis*, le coryza gangréneux, la FCO en phase aiguë, une ehrlichiose granulocytaire bovine à *Anaplasma phagocytophilum* (« maladie des gros paturons »), une photosensibilisation aiguë, ou encore la maladie des muqueuses (BVD) (Rostaher et al., 2010; Alzieu et al., 2016). En lien avec l'actualité, on peut aussi intégrer la maladie hémorragique épizootique (MHE), ainsi que la dermatose nodulaire contagieuse bovine (DNC) à cette liste.

En phase des œdèmes, le diagnostic est un peu plus restreint. On peut envisager la FCO en phase subaiguë avec parfois des trayons violacés, l'ehrlichiose granulocytaire bovine avec une symptomatique plutôt respiratoire et locomotrice, ou la photosensibilisation subaiguë lors de l'apparition des premières lésions cutanées. Cette phase est également évocatrice d'une DNC débutante (Alzieu et al., 2016).

Pour la plupart de ces maladies, des PCR ou des sérologies sont disponibles pour éclaircir le diagnostic (Rostaher et al., 2010).

b. Phase chronique

En phase chronique, le diagnostic différentiel se compose surtout de pathologies à atteinte cutanée, il est donc plus aisé. Malgré cela, jusqu'aux années 2010 la besnoitiose était peu considérée dans les hypothèses diagnostiques en cas d'affections cutanées par la plupart des vétérinaires européens. Depuis, la communication sur la maladie a pris de l'ampleur et la maladie est mieux prise en compte (Álvarez-García et al., 2013; Cortes et al., 2014).

Les lésions cutanées, parfois extensives, sont évocatrices de gale sarcoptique. Cependant, en cas de gale on peut observer des acariens au raclage cutané et le prurit est généralement intense, alors qu'il est absent chez les animaux atteints de la besnoitiose (Alzieu et al., 2016). Des parakératoses héréditaires ou secondaires à des carences en vitamines et oligo-éléments, notamment en cuivre, peuvent causer des dépilations non prurigineuses, mais elles sont souvent localisées et douloureuses à la palpation (Alzieu et al., 2007). On peut aussi considérer les dermatophytoses, les dermatites allergiques, la dermatophilose (« gale de boue »), la DNC, la photosensibilisation, les lymphomes cutanés ou encore l'hyperkératose des bovins (Rostaher et al., 2010; Álvarez-García et al., 2013).

Ici encore, des analyses de laboratoires comme des PCR, sérologies, ou histologies sur biopsies sont réalisables pour restreindre les hypothèses diagnostiques (Rostaher et al., 2010).

2. Méthodes diagnostiques

Il existe une pluralité de méthodes diagnostiques, explicitées dans les paragraphes ci-dessous (Figure 19). Le choix de l'outil le plus approprié dépend principalement du stade supposé de la maladie (Gutiérrez-Expósito et al., 2017a). L'utilisation conjointe de plusieurs méthodes est recommandée, notamment lors du premier diagnostic dans un cheptel. Idéalement, le diagnostic devrait se baser sur la combinaison de la clinique et l'anamnèse de l'animal, un examen direct (histopathologie ou analyse moléculaire), et un examen indirect (sérologie) (García-Lunar et al., 2013; Gutiérrez-Expósito et al., 2017a).

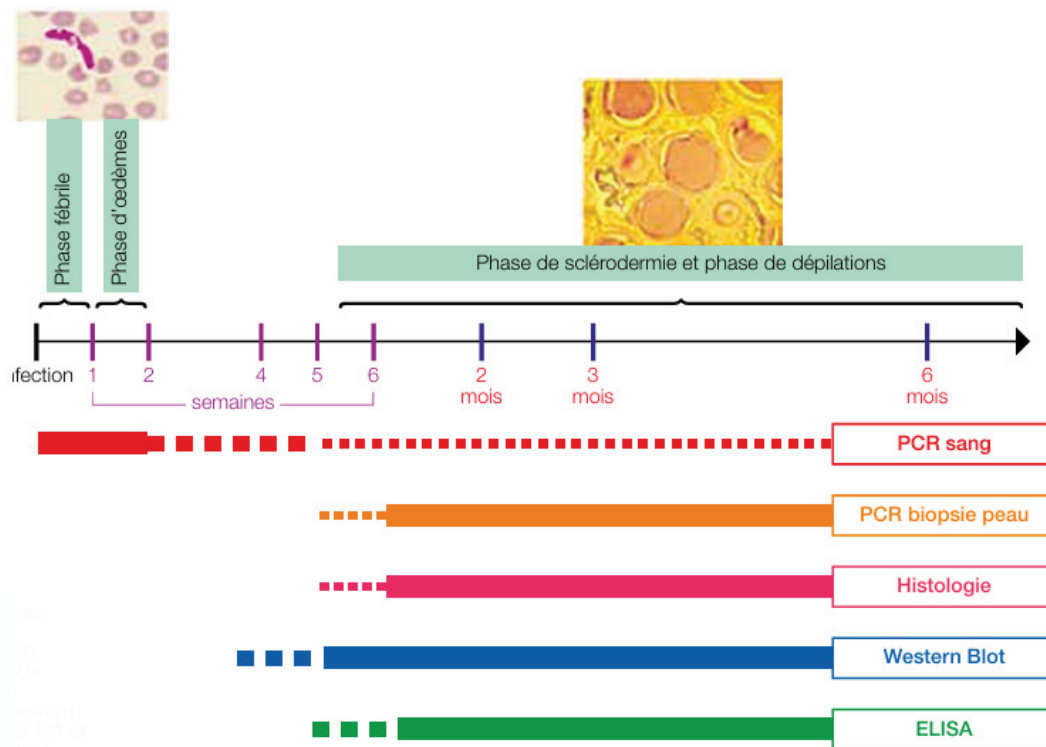


Figure 19 : Méthodes diagnostiques possibles selon le stade de l'infection. Source : (Alzieu et al., 2019b)

a. Diagnostic clinique

Le diagnostic clinique est essentiel pour la détection de nouveaux foyers. Plus il est précoce, plus les chances d'éradication rapide sont importantes. Cependant, il est souvent tardif car généralement réalisé en phase chronique (Alzieu et al., 2007). Il se base principalement sur la dégradation de l'état général des animaux, les lésions cutanées (alopécie, lichénification, hyperkératose) et les kystes tissulaires présents en phase chronique (Álvarez-García et al., 2013). Les zones présentant le plus d'altérations cutanées sont la tête, l'encolure, et la mamelle. Elles sont à privilégier lors de l'examen clinique (Anastácio et al., 2022).

Les kystes scléro-conjonctivaux, vaginaux et vulvaires, et dans la muqueuse nasale sont des signes pathognomoniques de la maladie. Ils sont détectables macroscopiquement au plus tôt huit semaines post-infection (Álvarez-García et al., 2014a). Pour une détection optimale,

l'observation de la sclère conjonctivale doit se faire à la lumière rasante (Alzieu et al., 2007). L'examen de la vulve et du vagin n'est pas à délaissier, puisque la présence de kystes dans ces zones est fréquente (Gutiérrez-Expósito et al., 2015). Chez les animaux porteurs de kystes, 20 % d'entre eux ont uniquement des kystes vulvaires, 29 % des kystes oculaires uniquement, et 50 % présentent des kystes sur les deux sites. De plus, le nombre de kystes serait significativement associé à l'évolution de la maladie, et aurait donc une valeur pronostique. Un grand nombre de kystes serait associé à une clinique sévère, et un nombre faible associé à une diminution progressive des symptômes (Gollnick et al., 2018).

L'examen clinique présente toutefois des limites. Une majorité de bovins est asymptomatique, et les cas cliniques sont souvent faibles à modérés (Alzieu et al., 2016). D'après Gollnick, seules 10 % des vaches présentent des lésions cutanées (Gollnick et al., 2018). De plus, tous les bovins ne sont pas porteurs de kystes, et lorsque c'est le cas, le nombre de kystes visibles à chaque site d'examen est généralement inférieur à 20 (Gutiérrez-Expósito et al., 2015; Gollnick et al., 2018).

Ainsi, le diagnostic uniquement clinique est trop peu sensible pour détecter tous les animaux infectés. Il est fréquent que les éleveurs ne détectent pas les cas frustrés (Gollnick et al., 2015).

b. Histopathologie

L'histologie est la méthode diagnostique historique de la besnoitiose, notamment en phase chronique. Elle permet l'observation microscopique après coloration du parasite et des lésions associées.

En phase chronique, l'observation de kystes à bradyzoïtes est un diagnostic de certitude. Le raclage du derme au niveau de lésions cutanées permet une observation rapide, facile et peu onéreuse. Des frottis de raclages vaginaux ou de la sclère conjonctivale sont réalisables, mais rarement utilisés en pratique. (Sannusi, 1991; Rostaher et al., 2010; Frey et al., 2013). L'histologie se fait aussi sur biopsie cutanée (Sannusi, 1991). Cependant, la répartition des kystes tissulaires est hétérogène, et la charge parasitaire est souvent faible chez les animaux subcliniques ce qui peut engendrer des résultats faussement négatifs (Frey et al., 2013).

En phase aiguë, la sensibilité de l'histologie sur biopsie est moindre car les tachyzoïtes sont rarement détectés (Langenmayer et al., 2015b). Des biopsies de l'appareil génital mâle peuvent mettre en évidence des lésions précoces de dégénérescence (Dubey et al., 2013). Des frottis sanguins ou de lymphe peuvent permettre la détection précoce de tachyzoïtes lors de la période de parasitémie. Cependant, la sensibilité est médiocre et inférieure à celle de la PCR sur sang, en raison de la sporadicité de la parasitémie (Gollnick et al., 2015; Gutiérrez-Expósito et al., 2017a; Diezma-Díaz et al., 2018).

L'immunohistochimie est la technique histologique la plus sensible, surtout en phase aiguë, mais elle est plutôt réservée à la recherche en raison du matériel nécessaire et de sa chronophagie. (Frey et al., 2013; Langenmayer et al., 2015a; Gutiérrez-Expósito et al., 2017a).

c. Méthode moléculaire (PCR)

La PCR (Polymerase Chain Reaction) est une méthode moléculaire permettant la détection directe de l'ADN du parasite, avant toute séroconversion. Il existe la PCR conventionnelle, et la PCR quantitative ou temps réel. La PCR est très sensible et spécifique, avec une sensibilité supérieure à l'histopathologie (Schares et al., 2011; Gutiérrez-Expósito et al., 2017a). La détection de l'ADN du parasite se base généralement sur la séquence ITS-1 de *Besnoitia* spp., elle n'est donc pas spécifique d'espèce (Schares et al., 2011). Une technique modifiée utilise l'ADN ribosomal 18S (Nieto-Rodríguez et al., 2016). La limite basse de détection est l'ADN d'environ 0,1 parasite (Schares et al., 2011).

Le résultat de la PCR en temps réel s'exprime en Ct (Cycle Threshold). Généralement, un résultat est considéré positif quand le Ct est inférieur à 36, douteux entre 36 et 40, et négatif au-delà de 40. Un résultat négatif ne permet pas d'exclure une infection, mais un résultat positif est un diagnostic de certitude (Alzieu et al., 2019b). Il existe plusieurs kits PCR en temps réel commercialisés : Adiavet™, VetPCR™, par Biomerieux®, et Bioingentech®. Les sensibilités et spécificités exactes de ces kits ne sont pas connues (Gutiérrez-Expósito et al., 2017a).

La PCR à visée diagnostique peut être réalisée sur biopsie cutanée ou sang. La PCR est aussi utilisée dans des activités de recherche comme la distribution intra-organique du parasite (Frey et al., 2013), l'inhibition de la prolifération parasitaire pour la recherche de traitements (Cortes et al., 2007), la détection dans d'autres hôtes potentiels (Gutiérrez-Expósito et al., 2016), ou le portage par les insectes vecteurs (Gollnick et al., 2015).

- PCR sur sang

La PCR sur sang est surtout utile en phase aiguë, pendant la phase de parasitémie. Une parasitémie post-séroconversion en phase chronique est possible, mais rare (Alzieu et al., 2017a; Gutiérrez-Expósito et al., 2017a). Le kit commercial Adiavet® *Besnoitia* Real-Time détecte l'ADN de tachyzoïtes circulants, mais la phase de parasitémie est courte et évolue par vagues. D'après des observations du Laboratoire Vétérinaire Départemental (LVD) de l'Ariège et du laboratoire de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (ENVT), les PCR sur sang au stade précoce de la maladie sont positives dans environ 50 % des cas. Cette technique reste néanmoins recommandée en début d'évolution étant donné l'absence d'autres méthodes diagnostiques plus efficaces (Alzieu et al., 2017a).

- PCR sur biopsie cutanée

Pour la détection des cas chroniques, la PCR temps réel sur biopsie ou raclage cutané se substitue peu à peu à l'histologie. Lors de sclérodermie avancée, la distribution parasitaire dans le derme est massive et homogène, et les Ct sont souvent inférieurs à 25 (Schares et al., 2011; Alzieu et al., 2017b). Une grande quantité d'ADN dans le derme est corrélée à une forte charge parasitaire (Gutiérrez-Expósito et al., 2017a).

Une étude conduite entre 2017 et 2019 en Occitanie montre l'intérêt de la PCR sur biopsie cutanée pour identifier les animaux asymptomatiques « forts-contaminateurs ». Cette petite proportion d'asymptomatiques sont porteurs de nombreux kystes cutanés et représentent un fort risque de transmission du parasite pour le reste du troupeau. On parle de « fort-contaminateur » quand le Ct est inférieur à 36. Ce statut semble être stable dans le temps. Cependant, un résultats supérieur à 36 ne signifie pas que l'animal ne présente pas de risque de contamination pour le reste du troupeau (Grisez et al., 2020).

La détection du parasite par PCR sur biopsie cutanée peut intervenir quelques jours avant la séroconversion, et être complémentaire de la sérologie ELISA en début de phase aiguë (Gutiérrez-Expósito et al., 2017a). La détection par PCR est possible dès un à trois jours après le début des symptômes, contre sept à huit jours pour la sérologie ELISA (Scharès et al., 2013). Malgré la répartition hétérogène des kystes cutanés chez les bêtes asymptomatiques, la base de la queue est le site de choix pour les prélèvements (Scharès et al., 2016; Grisez et al., 2020).

d. Méthode sérologique

La sérologie se base sur la détection d'anticorps spécifiques contre un pathogène. Pour la besnoitiose, la plupart des méthodes utilisent des antigènes de tachyzoïtes, mais quelques-unes utilisent des antigènes de bradyzoïtes (Gutiérrez-Expósito et al., 2017a).

Les animaux infectés, subcliniques ou non, présentent une séroconversion quasi-systématique. Les individus cliniques ou porteurs de kystes sont généralement fortement séropositifs, tandis que les asymptomatiques présentent des taux de séropositivité plus variables (Alzieu et al., 2019b). Le taux d'anticorps individuel reste stable dans la durée, sans décroissance significative. Des fluctuations sont possibles, mais rarement en dessous du seuil de détection des outils sérologiques (Liénard et al., 2011; Scharès et al., 2013). Ces éléments rendent les tests sérologiques très intéressants pour la détection de la maladie, ainsi que des asymptomatiques « réservoirs du parasite ».

Les premiers anticorps sanguins détectables et spécifiques contre *B. besnoiti* apparaissent généralement dès trois semaines post-infection, après les premiers signes cliniques (Alzieu et al., 2017b). La sérologie n'est pas donc la méthode la plus adaptée pour une détection précoce de l'infection, mais elle est un bon complément de la PCR sur sang en phase aiguë (Scharès et al., 2013). Sur le terrain, il est impossible de connaître avec précision la date de l'infection, et donc le délai précis pour la détection des anticorps (Alzieu et al., 2019b). Pour une détection optimale d'une infection récente, il est recommandé de réaliser deux sérologies espacées de trois semaines (Gutiérrez-Expósito et al., 2017a).

Les réactions croisées avec des parasites proches comme *Neospora caninum*, *Toxoplasma gondii* et *Sarcocystis* spp. sont possibles. Elles sont plus fréquentes pour les sérologies ELISA et IFAT, tandis que le Western blot s'affranchit le mieux de ce problème (García-Lunar et al., 2013; Gutiérrez-Expósito et al., 2017a). De rares individus infectés, parfois cliniques, possèdent un taux d'anticorps inférieur au seuil de détection ou ne connaissent pas de séroconversion. Ces cas représentent entre 1 et 17 % des animaux infectés selon les études, et sont un risque pour leurs congénères (Gutiérrez-Expósito et al., 2015; García-Lunar et al., 2017; Gollnick et al., 2018).

(1) Western blot ou immunoblot

La sérologie Western blot est une technique de transfert protéique. Elle est considérée comme la méthode de référence, ou « *gold standard* », pour le diagnostic de la besnoitiose, pour ses fortes sensibilité et spécificité, ainsi que la quasi absence de réactions croisées avec d'autres parasites Sarcocystidés (Alzieu et al., 2019b). Néanmoins, le remplacement du Western blot par des sérologies ELISA ID VET comme méthode de référence est à l'étude (GDS France, 2025b).

Plusieurs méthodes ont été développées, avec des variations dans le protocole et les conditions de réalisation. Les méthodes de SALUVET-Madrid (Fernandez-Garcia et al., 2009a) et FLI-Wusterhausen (Schaes et al., 2010) possèdent des sensibilités et spécificités proches de 100 %, tandis que la méthode de l'ENVT (Liénard et al., 2011) propose une sensibilité de 91 % et une spécificité de 98,5 % (García-Lunar et al., 2013). Toutes ces méthodes permettent un diagnostic à tous les stades de la maladie une fois la séroconversion achevée (García-Lunar et al., 2013; Schaes et al., 2013).

Des antigènes, issus de tachyzoïtes ou bradyzoïtes cultivés *in vitro*, sont extraits puis séparés par électrophorèse. Par ce biais, leurs protéines sont réparties en trois domaines de faibles, moyens et forts poids moléculaires, formant ainsi un profil spécifique de reconnaissance. La détection d'un sérum positif se base ensuite sur les motifs de fixation à ces antigènes des anticorps présents dans les sérums testés. Le critère de positivité repose sur un minima de quatre bandes, réparties sur deux ou trois domaines de poids moléculaires. La réalisation de l'électrophorèse en conditions non dénaturantes octroie de meilleures sensibilités et spécificités au test (Figure 20) (García-Lunar et al., 2013).

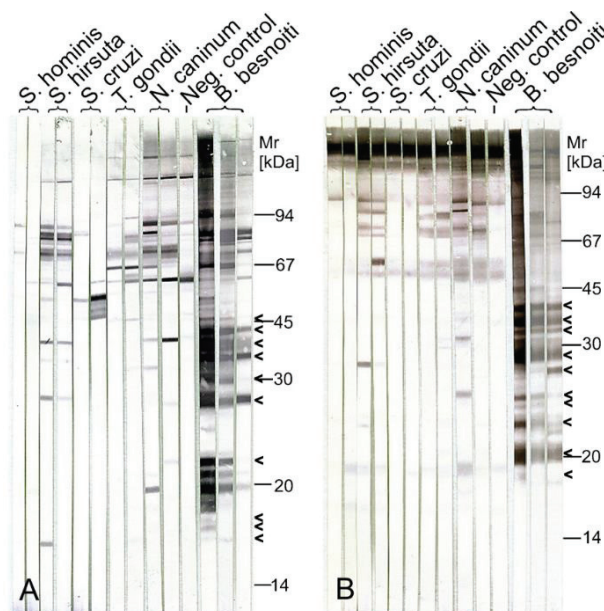


Figure 20 : Réactions western blot pour des antigènes de tachyzoïtes (A) ou bradyzoïtes (B) de *B. besnoiti*, et d'autres parasites Sarcocystidés. Les antigènes d'intérêt sont marqués par une flèche noire.

Source : (Schaes et al., 2010)

Cette méthode diagnostique est chronophage et onéreuse, et n'est pas utilisable en routine ou pour les campagnes de dépistage sérologique. Elle est recommandée comme outil de confirmation des résultats de sérologie ELISA. Cela concerne les résultats douteux, les premiers cas cliniques diagnostiqués dans un troupeau (« cas index »), l'abattage sélectif des individus infectés, ou encore l'introduction d'animaux dans des troupeaux sains. Elle peut aussi servir à la validation de nouveaux outils sérologiques. (Schaes et al., 2010; García-Lunar et al., 2017; Alzieu et al., 2019b).

Seuls quelques laboratoires spécialisés proposent la sérologie Western blot. En France, elle est disponible à l'ENVT, avec une détection possible dès 15 jours post-infection, contre 22 jours pour la sérologie ELISA (Alzieu et al., 2017a).

(2) ELISA

La sérologie ELISA (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay en anglais, ou technique d'immunoabsorption par enzyme liée en français) est la technique la plus fréquemment employée. Elle est réalisable sur des prélèvements sanguins, et plus récemment sur le lait. Elle s'utilise à grande échelle lors d'enquêtes épidémiologiques, campagnes de dépistage en cheptels, ou lors de diagnostics individuels en cas de suspicion clinique (Alzieu et al., 2017a; Alzieu et al., 2019b). Une confirmation par sérologie Western blot peut être nécessaire en cas de résultats ELISA douteux, ou pour confirmer une première détection d'un cas (García-Lunar et al., 2017).

La plupart des méthodes disponibles permettent une détection dès quatre à cinq semaines post-infection (Alzieu et al., 2019b). Une détection dès sept à huit jours après la phase d'hyperthermie est possible avec certaines techniques (Schaes et al., 2013). Une deuxième sérologie ELISA quatre à six semaines plus tard peut être nécessaire (Alzieu et al., 2015).

- ELISA sur matrice sang

Cette méthode est fiable, peu onéreuse, rapide, et facile à mettre en place. Le balayage sérologique des cheptels peut être couplé à la prophylaxie annuelle. Cependant, cette méthode n'est pas adaptée aux élevages laitiers dans lesquels les analyses sont réalisées sur le lait de tank (Alzieu et al., 2017b).

Il existe de nombreuses méthodes de sérologie ELISA sur sang, expérimentales ou commerciales. Les troupes commerciales disponibles sont résumées dans le Tableau I. Ces méthodes varient selon les extraits protéiques antigéniques utilisés, les immunoglobulines ciblées, les conjugués, les substrats, les unités de mesures et leurs seuils (Gutiérrez-Expósito et al., 2017a).

Tableau I : Trousses commerciales ELISA disponibles et leurs principales caractéristiques

TROUSSE ELISA	PERFORMANCES	MODALITES D'UTILISATION
ID Screen® <i>Besnoitia</i> Indirect 2.0 (Innovative Diagnostics) (Alzieu et al., 2017b; ID.Vet, 2023) B	Se = 98,1-98,5 % Sp = 99,7-100 %	Sérum, plasma - Individuel Détection IgG dès 30 jours post-infection
ID Screen® <i>Besnoitia</i> Competition (Innovative Diagnostics) (ID VET, 2024) B	Individuel : - Se = 100 % IC95% [98,1 ; 100,0] - Sp = 100 % IC95% [99,2 ; 100,0] Mélange de 10 - Se = 99,0 % IC95% [96,4 ; 99,7] - Sp = 100 % IC95% [99,1 ; 100,0]	Sérum, plasma - Individuel, mélange de 10 Détection Ig et IgM dès 5-10 jours post infection
Monoscreen AbELISA <i>Besnoitia besnoiti</i> (Bio-X Diagnostics) (Scharès et al., 2022 ; BioX Diagnostics, 2023) M	Se = 97,5 % IC95% [93.9 ; 99.1] Sp = 99,5 % IC95% [98.5 ; 99.9]	Sérum, plasma - Individuel, mélange de 10 Détection IgG et IgM
BioLisa® Kit <i>Besnoitia</i> Ab (Biosellal) (Biosellal, 2024) M	Se = 99 % IC95% [97.7 ; 100] Sp = 98,6 % IC95% [97.6 ; 99.6]	Sérum - Individuel
PrioCHECK™ <i>Besnoitia</i> Indirect 2.0 (ThermoFisher Scientific) (Alzieu et al., 2017a) M	Se = 98,5 % Sp = 99,7 %	Sérum, plasma
PrioCHECK™ <i>Besnoitia</i> Ab V2.0 (ThermoFisher Scientific) (García-Lunar et al., 2017) /	Se = 88 % Sp = 98 %	Sérum, plasma
INGEZIM <i>BESNOITIA</i> (Gold Standard Diagnostics) (Gold Standard Diagnostics) /	Se = 94,7 % Sp = 100 %	Sérum Détection IgG

M = monocupule ; B = bicupule ; Se = sensibilité ; Sp = spécificité ; IC = intervalle de confiance

Les trousses ID Screen® *Besnoitia* Indirect 2.0, ID Screen® *Besnoitia* Competition, Monoscreen AbELISA *Besnoitia besnoiti*, et BioLisa® Kit *Besnoitia* Ab ont été contrôlées conformes par l'Anses, le laboratoire en charge de la référence pour la besnoitiose (Anses, 2024).

Parmi les techniques ELISA expérimentales, la méthode BbSALUVET ELISA 2.0 (García-Lunar et al., 2017) utilise des antigènes de tachyzoïtes lyophilisés, ce qui permet une meilleure préservation des antigènes de surface. Ces antigènes sont particulièrement intéressants pour le diagnostic de la besnoitiose, et permettraient d'augmenter la spécificité des tests ELISA (Scharès et al., 2013). Le test BbSALUVET ELISA 2.0 a aussi la particularité d'être utilisable sur les ruminants sauvages (García-Lunar et al., 2017).

La méthode expérimentale Bb-cELISAs utilise des anticorps monoclonaux dirigés contre les tachyzoïtes de *B. besnoiti* (Scharès et al., 2020). Les anticorps monoclonaux permettent de s'affranchir de la plupart des réactions croisées (García-Lunar et al., 2019). C'est sur ce principe qu'est basé le test Monoscreen AbELISA *Besnoitia besnoiti* (Scharès et al., 2022).

Un autre test expérimental se base sur les IgM anti-*B. besnoiti*. Les IgM sont détectés entre une et trois semaines avant les IgG habituellement utilisés en sérologie ELISA. Une détection d'IgM seuls est signe d'une infection récente, tandis qu'une détection conjointe d'IgG et IgM signale une infection chronique. Cependant, les IgM sont moins spécifiques et produisent plus de réactions croisées (Diezma-Díaz et al., 2020).

- ELISA sur matrice lait

La sérologie sur lait, expérimentée depuis 2018 en Ardèche, remplace la prophylaxie sanguine en troupeau laitier. Elle est facilement réalisable, et offre une possibilité de suivi longitudinal du cheptel, avec des analyses une à deux fois par an. (Alzieu et al., 2017b; Alzieu et al., 2019b).

ID Screen® *Besnoitia* Milk Indirect est l'unique trousse ELISA utilisable sur du lait individuel ou de mélange disponible en France. Ce test est bicupule, dont l'une est sensibilisée à des antigènes purifiés de *Besnoitia besnoiti*. Le test mesure la densité optique (DO) des cupules, et les résultats s'expriment en pourcentage d'un témoin contrôle positif P : $S/P \% = (DO \text{ échantillon} / DO \text{ témoin positif}) \times 100$. Le seuil de positivité est établi à 35 %. La corrélation des résultats sur lait individuel ou de mélange avec les tests sur sérums est excellente. En analyse individuelle ou sur un lait de mélange, la spécificité du kit est égale à 100 %, avec une absence de réaction croisée avec *N. caninum*. La sensibilité relative lors d'analyses sur lait individuel est de 94,9 % (ID VET, 2023). Sur lait de mélanges, la détection d'anticorps à *B. besnoiti* est dépendante de la séroprévalence au sein du troupeau, de la phase de l'infection, des affections concomitantes individuelles, des stades de lactation, des contributions relatives au tank, des animaux écartés du tank au moment du test... En cas de séroprévalence forte dans le troupeau (supérieure à 50 %), l'analyse sur lait de grand mélange (LGM) est systématiquement positive. Pour une séroprévalence de troupeau entre 15 et 50 %, le taux de détection est d'environ 80-90 %. En cas de séroprévalence faible (entre 3 et 7 %), les résultats sont positifs dans un quart des cas seulement. En dessous de 3 % de séroprévalence, la détection via le LGM est très faible. Lorsque le taux de positivité de l'élevage n'est pas connu, il est recommandé de réaliser le test sur des laits de petits mélanges (LPM) pour augmenter la probabilité de détection, entre trois et 20 animaux selon les recommandations (Alzieu et al., 2019b; ID.Vet, 2023).

Néanmoins, l'apparition des anticorps dans le lait est plus tardive que dans le sérum, et la concentration en immunoglobulines est 20 à 30 fois inférieure à la concentration sérique (Alzieu et al., 2017b). L'utilisation de laits colostraux est aussi à éviter, en raison de leur concentration augmentée en immunoglobulines pouvant être responsable de faux positifs (Alzieu et al., 2019b).

(3) IFAT

L'IFAT, ou Indirect Fluorescent Antibody Technic en anglais, permet la détermination du titre en anticorps d'un sérum par immunofluorescence indirecte. Plusieurs méthodes ont été proposées par divers laboratoires européens. Une étude comparative évalue la sensibilité du test proposé par Schares à 100 %, et sa spécificité à environ 95 % (Scharès et al., 2010). Cependant, les valeurs de ces performances varient selon les études et les laboratoires (García-Lunar et al., 2013; Lenfant et al., 2014).

L'IFAT était considéré il y a quelques années comme la méthode diagnostique « *gold standard* » pour la besnoitiose (Cortés et al., 2014). Un système sérologique de référence composé d'une sérologie IFAT et de deux sérologies Western blot est proposé dans littérature, (Scharès et al., 2013; Gollnick et al., 2015). Cependant, les résultats d'IFAT sont fortement dépendants de l'expertise et de l'expérience du manipulateur. Des réactions croisées sont possibles avec d'autres espèces de la famille des Sarcocystidae comme *N. caninum* et *T. gondii* (Cortés et al., 2014; Gutiérrez-Expósito et al., 2017a).

La sérologie ELISA lui est préférée pour les raisons citées précédemment, ainsi que pour sa facilité d'utilisation, et son automatisation possible en laboratoire. (Alzieu et al., 2019b). L'IFAT est recommandé en complément d'autres analyses sérologiques, ou dans des activités de recherche (Lenfant et al., 2014; Gutiérrez-Expósito et al., 2017a).

Le titre d'anticorps obtenu via l'IFAT serait associé à l'évolution clinique des animaux atteints, avec un titre faible corrélé à une diminution progressive des symptômes (Gollnick et al., 2015, 2018).

(4) MAT

Le test de micro-agglutination, ou Micro Agglutination Test en anglais (MAT), développé par Waap pour le diagnostic de la besnoitiose repose sur la formation d'agglutinats entre des tachyzoïtes et des anticorps spécifiques anti-*Besnoitia besnoiti*. La sensibilité est de 97,2 % et la spécificité de 99,3 % (Waap et al., 2011). Cependant, des réactions croisées avec *Neospora spp.*, *T. gondii* et *Sarcocystis spp.* sont possibles. Un test de confirmation des résultats positifs est conseillé (Gutiérrez-Expósito et al., 2017a).

La sérologie MAT est peu onéreuse, rapide avec des résultats lisibles en cinq à 18 heures, et utilisable à grande échelle pour des études épidémiologiques ou des campagnes de dépistage (Waap et al., 2011). L'utilisation d'un antisérum non spécifique d'espèce permet une utilisation multi-espèce, notamment pour les études sur la faune sauvage (Waap et al., 2011; Gutiérrez-Expósito et al., 2017a).

Malgré ces avantages, les tests validés comme les sérologies ELISA ou Western blot sont souvent préférés pour le dépistage chez les animaux de rente en raison de leurs meilleures sensibilités et spécificités. Le MAT reste néanmoins utile dans les pays où les tests PCR, ELISA ou Western blot ne sont pas toujours accessibles par manque de d'équipements, d'expertise ou de moyens financiers (Gutiérrez-Expósito et al., 2017a). En France, il n'est pas utilisé en pratique.

V. Méthodes de prévention et de lutte

1. Vaccination

Actuellement, aucun vaccin ne dispose d'une autorisation de mise sur le marché (AMM) en Europe (Álvarez-García et al., 2013; Alzieu et al., 2017a). La vaccination est possible en Afrique du Sud et en Israël, avec des vaccins vivants atténués. Ces vaccins préviennent l'apparition de signes cliniques et les formes graves, mais n'empêchent pas les infections subcliniques (Bigalke et al., 1974; Shkap & Pipano, 1993).

Le vaccin sud-africain se base sur une souche peu pathogène de gnou bleu. L'immunité chez les animaux cliniques est durable (jusqu'à quatre ans), et le vaccin permet une réduction du nombre de cas subcliniques et de kystes scléro-conjonctivaux (Bigalke et al., 1974). Le vaccin israélien est issu d'une souche bovine locale peu virulente (Shkap & Pipano, 1993). Depuis 1986, tous les taureaux introduits en Israël sont vaccinés pendant leur quarantaine (Olias et al., 2011).

Le développement d'un nouveau vaccin est freiné par la méconnaissance du fonctionnement moléculaire du parasite, et par l'absence d'un modèle expérimental animal satisfaisant (Cortes et al., 2014). En 2015, Liénard propose un modèle expérimental sur lapin avec inoculation de bradyzoïtes, peu coûteux et prometteur pour des études vaccinales ou thérapeutiques (Liénard et al., 2015). En effet, une première expérience sur des campagnols a permis de démontrer une plus grande virulence des bradyzoïtes face aux tachyzoïtes (Basso et al., 2011). Cette observation se confirme sur les lapins, chez qui une inoculation de bradyzoïtes induit une meilleure stimulation du système immunitaire, avec une plus forte production d'anticorps. Les tachyzoïtes induisent une séroconversion plus faible et sans signes cliniques (Liénard et al., 2015).

Pour le moment, aucun laboratoire européen n'a entamé de recherches pour le développement, la production et la commercialisation d'un vaccin, notamment pour des questions économiques et de rentabilité (Alzieu et al., 2017a).

2. Traitement

a. Traitement historique

Le traitement de la besnoitiose est illusoire. En phase aiguë, il permet une amélioration clinique, mais l'évolution en phase chronique est toujours possible, sans disparition des kystes. Les animaux restent porteurs du parasite et contaminants pour le reste du troupeau (Alzieu et al., 2011; Liénard et al., 2011). En phase chronique, le traitement est sans effet du fait de la difficulté d'accès des molécules aux parasites enkystés (Pols, 1960; Rostaher et al., 2010).

Le traitement historique le plus utilisé consiste en l'administration de sulfamides à forte dose hors AMM, en phase fébrile ou des œdèmes. Les doses recommandées sont 150-200 mg/kg de sulfadimérazine, ou 60-80 mg/kg de sulfadiméthoxine. La durée minimale de traitement est de sept jours. La première administration est réalisée par voie intraveineuse lente, suivi d'un relai par voie parentérale, prolongé de deux à trois jours en *per os*. Ce traitement ne permet pas une guérison, seulement une amélioration de l'état général du bovin en vue d'une réforme rapide. Sur le terrain, la posologie est souvent inadaptée avec des sous-dosages fréquents, une durée du traitement trop courte, et une mauvaise observance. Les résultats sont médiocres voire nuls (Alzieu et al., 2011).

Les tétracyclines ont longtemps été utilisées dans les zones historiques d'enzooties, puis remplacées par les sulfamides. Leur utilisation n'a pas de preuve d'efficacité et est souvent décevante. Seule une dose unique d'oxytétracycline longue action à 200 mg/kg pourrait présenter un intérêt, mais cela n'est pas réalisable en pratique (Alzieu et al., 2011). Des utilisations par des praticiens de spiramycine à 100 000 UI/kg ou de toltrazuril, deux molécules utilisables contre *T. gondii* et les coccidies, sont rapportées mais sans preuve d'efficacité (Alzieu et al., 2007). Dans les années 50, les premières recommandations mentionnent l'administration de formol en phase aiguë, et de Lugol en phase chronique. Mais ces traitements provoquent de nombreux effets secondaires (Cortes et al., 2014).

Un traitement de soutien symptomatique en phase aiguë reste envisageable pour soulager l'animal. Généralement, il passe par l'administration d'anti-inflammatoires, et éventuellement de diurétiques (Alzieu et al., 2011).

b. Pistes de recherche

Les recherches de traitement contre la besnoitiose bovine se concentrent sur l'effet sur les tachyzoïtes, qui sont la forme proliférative et accessible du parasite.

Avant les années 2000, de multiples essais infructueux sont réalisés. Pols s'intéresse sans succès à la pentamidine, l'auréomycine, le formol, l'iodure de sodium, la sulfamérazine, la mycostatine et la terramycine (Pols, 1960). Shkap montre qu'une injection unique d'oxytétracycline longue action en intramusculaire à la dose de 200 mg/kg est efficace chez les gerbilles. Mais cette dose n'est pas applicable en élevage bovin, et des doses plus faibles ou des injections multiples ne montrent pas la même efficacité. Il étudie également les sulfamides, le triméthoprime, l'halofuginone, le diaminazène acéturate et la pentamidine mais les résultats ne sont pas concluants (Shkap et al., 1987b).

Les années suivantes, la plupart des études s'intéressent à des molécules déjà reconnues efficaces contre des parasites apicomplexes proches de *B. besnoiti*. La majorité des molécules étudiées ont souvent peu d'effets, ou inhibent la prolifération des tachyzoïtes sans être parasitocides.

Les thiazolides (Cortes et al., 2007) et les arylimidamides (Cortes et al., 2011) inhibent partiellement la prolifération des tachyzoïtes, mais celle-ci peut reprendre après l'arrêt du traitement.

La midazo[1,2-a]pyridine, une imidazoazine, pourrait être une piste thérapeutique puisqu'elle permet une inhibition de la croissance *in vitro* des tachyzoïtes à des doses efficaces assez faibles. De plus amples investigations sont nécessaires (Moine et al., 2015).

Les « *Bumped Kinase Inhibitor* » (BKI) ciblent l'activité des protéines kinase calcium dépendantes qui jouent un rôle crucial dans la motilité des tachyzoïtes, leur fonctionnement moléculaire, leur capacité d'invasion, et leur différenciation en bradyzoïtes. Les BKI provoquent une inhibition jusqu'à 90 % de l'invasion et la prolifération en interférant dans le cycle de réplication du parasite. Cependant, les BKI sont parasitostatiques et l'invasion cellulaire peut reprendre après l'arrêt du traitement (Jiménez-Meléndez et al., 2017).

La naphtho-quinone buparvaquone (BPQ) est une piste intéressante puisqu'elle s'attaque à la structure des tachyzoïtes intracellulaires et altère leur prolifération. L'inhibition n'est pas totale mais plus efficace que celles observées pour les thiazolides, les arylimidamides et les BKI. Cependant, une reprise plus lente de la prolifération parasitaire est observée au bout d'une dizaine de jours de traitement, malgré une augmentation progressive des doses de BPQ. L'adaptation du parasite aux effets de cette molécule ne permet pas son utilisation sur le long terme (Müller et al., 2019).

Les Endochin-like quinolones (ELQs) sont aussi des solutions thérapeutiques prometteuses. Elles inhibent la prolifération d'autres parasites apicomplexes en agissant sur le complexe cytochrome BC1 des mitochondries. Mais sur le long terme, les effets ne sont pas parasitocides (Eberhard et al., 2020).

Jimenez-Melendez adopte une autre approche et passe en revue l'efficacité de molécules déjà utilisées en médecine bovine dans l'objectif de réorienter l'utilisation de spécialités déjà existantes. Il étudie le toltrazuril, le diclaruzil, l'imidocarbe, le décoquinate, la sulfadiazine et le triméthoprime. Parmi ces molécules, ce sont le décoquinate et le diclaruzil qui ont les effets les plus notables. Ils ont un effet parasitostatique dose-dépendant, jusqu'à 99 % d'inhibition de la croissance des parasites. Mais les tachyzoïtes conservent leur capacité d'invasion de nouvelles cellules hôtes une fois le traitement terminé. L'auteur propose tout de même d'ajouter du décoquinate à la ration des animaux, comme ce qui se fait déjà pour la prévention de la coccidiose bovine (Jiménez-Meléndez et al., 2018).

Une étude innovante s'est intéressée aux histones 2A (H2A), des composés des NETS produits par les granulocytes neutrophiles et les macrophages. Leur production est déclenchée entre autres par l'invasion et la multiplication des tachyzoïtes dans les cellules endothéliales. Ces composés sont cytotoxiques pour les cellules infectées par *B. besnoiti*. Dans les cellules touchées, les vacuoles parasitophores sont moins nombreuses et plus petites, et les parasites altérés. Néanmoins, la prolifération totale des tachyzoïtes n'est pas altérée. Les H2A n'empêchent donc pas la phase de réplication intracellulaire du parasite (Conejeros et al., 2019).

Enfin, le curcumin, issu du rhizome de *Curcuma longa*, possède des propriétés anti-protozoaires avérées même si son mode d'action sur les parasites n'est pas connu. *In vitro*, il réduit la viabilité et la prolifération des tachyzoïtes et affecte leur motilité. Il est partiellement parasitocide, avec un taux de létalité maximal observé de 57 %. Des études *in vivo* sont nécessaires pour déterminer son intérêt réel, mais il présente l'avantage d'être peu coûteux et naturel (Cervantes-Valencia et al., 2019).

3. Lutte vectorielle

Du fait de l'absence de traitements efficaces ou de vaccin, la lutte vectorielle est un élément clé dans la gestion de la besnoitiose. Malgré l'importance de cette lutte, l'efficacité de ces méthodes est limitée, notamment contre les taons (Barros & Foil, 2007). La mise en place de mesures conjointes à la fois chimiques, mécaniques, environnementales et biologiques est recommandée (Bouyer et al., 2011; Baldacchino et al., 2013).

L'activité des stomoxes est plus moins élargie selon les régions, parfois entre avril et novembre, avec un pic de population en été. Certaines mouches sont encore piégées en décembre dans les bâtiments (Lempereur et al., 2017). Les taons ont une période d'activité plus restreinte, entre mai et septembre (Baldacchino et al., 2014a). La lutte vectorielle doit donc être mise en place précocement et sur une longue durée. Lors de la gestion d'un foyer d'émergence en Loire Atlantique, cette lutte a été mise en place entre avril et août (Lantuejoul, 2015).

a. Lutte chimique

- Anti-parasitaires externes

Les antiparasitaires insecticides les plus fréquents en France sont les pyréthrinoïdes pour leur persistance et longue durée d'action. Ils sont disponibles en pour-on, plaquettes auriculaires et spray. La deltaméthrine en pour on, et la cyperméthrine en plaquettes auriculaires sont particulièrement utilisées. Les organophosphorés comme le phoxime sont plus rarement employés (Alzieu et al., 2011; Tainchum et al., 2018).

La période de rémanence des pyréthrinoïdes est limitée. Pour une couverture optimale en période estivale, un traitement toutes les trois semaines est nécessaire (Alzieu et al., 2019a). Des articles recommandent même l'application de deltaméthrine pour on tous les dix jours (Baldacchino et al., 2014a).

Les taons et stomoxes passent peu de temps en contact avec les animaux lors de leurs repas sanguins. Ils se nourrissent préférentiellement au niveau des membres des animaux, en partie distale. Ces zones sont plus exposées aux éléments extérieurs (frottements, boue, humidité, vent...) (Alzieu et al., 2011; Baldacchino et al., 2014a). En parallèle, la répartition des antiparasitaires externes est souvent inégale sur le corps, et faible sur les membres, ce qui réduit leur efficacité contre ces insectes (Alzieu et al., 2007; Salem et al., 2012; Baldacchino et al., 2014a). Les formes pour-on provoquent une mortalité chez les taons de l'ordre de seulement 75 % dans les 24 heures après un repas sanguin (Alzieu et al., 2017a).

Ndeledje propose une solution innovante de bains de pieds aux insecticides, ce qui octroie une protection des parties distales des membres. Il propose des bains de deltaméthrine à 0,005 % tous les trois jours pendant les mois les plus à risque, et hebdomadaire à l'automne. Cependant, cette méthode est peu pratique et couteuse (Ndeledje et al., 2013). L'usage de piperonyl butoxide (PBO), un synergisant déjà testé au Danemark, est également proposé pour améliorer l'effet des insecticides (Reissert-Oppermann et al., 2019).

Le traitement des bâtiments d'élevage avec des insecticides est possible. Les pyréthrinoïdes longue durée en sprays sont utilisables, avec une durée d'activité de six mois. Cette exposition longue dans l'environnement favorise l'apparition de résistances (Reissert-Oppermann et al., 2019).

Des résistances des stomoxes aux pyréthrinoïdes se développent progressivement. Deux études françaises réalisées en 2012 puis 2018 mettent en évidence une sensibilité incomplète dans la majorité des populations de stomoxes étudiées. Cette diminution de sensibilité est observée jusqu'à sept fois la dose recommandée pour la deltaméthrine, et 22 fois pour le fenvalérate (Salem et al., 2012; Tainchum et al., 2018). Des résistances sont aussi observées dans des élevages où la dernière application d'insecticide remonte à 15 ans (Tainchum et al., 2018). Dans une étude allemande de 2019, ce sont 100 % des 40 populations de stomoxes étudiées qui sont résistantes à la deltaméthrine. Cette résistance se transmet à la descendance, et ne semble pas être réversible (Reissert-Oppermann et al., 2019). Des résistances au phoxime sont rapportées aux Etats-Unis, mais semblent limitées voire absentes en France (Tainchum et al., 2018). La substitution des pyréthrinoïdes par des organophosphorés ou des avermectines est donc judicieuse. (Salem et al., 2012).

Ainsi, l'application d'anti-parasitaires ne protège pas totalement les bovins. Elle permet uniquement de limiter la pression de transmission de la maladie. L'apparition de cas en période estivale est fréquente malgré un traitement régulier des animaux (Liénard et al., 2011; Alzieu et al., 2019a). Beaucoup d'éleveurs réduisent voire abandonnent l'utilisation d'anti-parasitaires en raison d'un sentiment d'inefficacité (Duboisset, 2013).

Des produits répulsifs sont disponibles sur le marché. Le diethyl-3-methyl-benzamide (DEET) est le répulsif le plus efficace sur les taons, mais il n'existe aucune spécialité longue action. Employé à forte doses, il protège pendant trois à quatre heures, mais est responsable d'effets secondaires cutanés. L'emploi sur le terrain est donc difficile à ce stade. D'autres répulsifs à base d'huiles essentielles sont utilisables, parfois actifs jusqu'à 50 heures sur des chevaux. Mais leur volatilité importante les rend vite inefficaces (Baldacchino et al., 2014a). Ces produits sont testés à la Réunion depuis les années 2000, mais l'efficacité rapportée sur les populations de stomoxes est très limitée (Bouyer et al., 2011).

- Régulateurs de croissance

Les régulateurs de croissance sont un moyen sécurisé et peu onéreux de contrôler les stades larvaires de *Stomoxys calcitrans*, notamment dans un contexte d'augmentation des résistances aux anti-parasitaires classiques. Les cibles lors de l'utilisation de ces molécules sont les zones hébergeant un substrat propice à la croissance des larves de mouches. Ce sont les sites d'alimentation des animaux, ainsi que les points de mélanges de fumier et d'urine (Taylor et al., 2012).

D'après une étude américaine, une application unique de cyromazine à 0,5 mg/m² autour des râteliers de foin au printemps permet une réduction de 97 % des adultes émergeant du site traité pendant les deux mois suivants. Aucune résistance chez les stomoxes n'est rapportée. Cependant, l'effet sur la décomposition des matières organiques comme le fumier est incertain (Taylor et al., 2012). Une étude allemande sur la cyromazine et du pyriproxifène a montré une inhibition complète de la croissance larvaire des stomoxes aux doses recommandées d'utilisation. Ces deux molécules sont disponibles en France (Reissert-Oppermann et al., 2019).

La lutte contre les stades larvaires des tabanidés n'est pas possible en raison de la variété de gîtes de ponte de ces espèces, qui sont souvent moins accessibles (Baldacchino et al., 2014a).

b. Lutte mécanique

- Pièges à insectes

Les pièges à insectes constituent une alternative prometteuse à la lutte chimique. Plusieurs modèles existent : certains sont adhésifs, et d'autres sont en tissus. Les pièges adhésifs les plus classiques sont composés de panneaux d'Alsynite, de la résine dans laquelle sont incorporées des fibres de verre. Ils s'utilisent surtout pour le piégeage des stomoxes (Taylor & Berkebile, 2006). Cependant, ces pièges sont peu spécifiques d'espèces et capturent une plus grande variété d'insectes. Ils sont généralement moins efficaces et pratiques d'utilisation que les pièges en tissus (Gilles et al., 2007).

Un des pièges en tissus les plus répandus est le piège Vavoua, développé initialement pour le piégeage des glossines en Afrique. Il est bâti à partir de tissus bleus et noirs, et utilisé pour la capture des stomoxes (Alzieu et al., 2017a). Il est simple d'utilisation et moins coûteux que le piège Nzi (Gilles et al., 2007).

Les pièges Nzi, en tissu de couleur bleue-noire brillante, sont très efficaces sur les tabanidés. Ils sont particulièrement attractifs pour les femelles à jeun et les jeunes à la recherche d'un repas sanguin (Baldacchino et al., 2014a; Lantuejoul, 2015). Leur spécificité pour les taons augmente avec l'ajout d'octenol dans le piège. Ce modèle a été testé en Europe, en Afrique, en Amérique du Nord et en Australie (Baldacchino et al., 2014a). Il a montré de très bons résultats en Loire Atlantique (Lantuejoul, 2015). Il est moins efficace sur les stomoxes. Par ailleurs, il s'abîme vite avec la formation rapide de trous (dès six semaines) dans les panneaux de tissus, permettant la sortie des insectes (Taylor & Berkebile, 2006).

Le piège H-trap est classiquement utilisé pour protéger les chevaux des tabanidés. Il est composé d'une boule noire et brillante en plastique. Il fonctionne également sur les stomoxes. Son assemblage et son entretien sont faciles, et il est peu coûteux (Alzieu et al., 2017a; Lempereur et al., 2017).

L'emplacement idéal des pièges est une aire ouverte entre l'enclos des bovins et les hautes herbes. Cette zone constitue un couloir de circulation pour les stomoxes, qui alternent entre animaux lorsqu'elles sont à jeun, et hautes herbes une fois leur repas terminé. Plus la distance au troupeau est grande, plus l'abondance de stomoxes diminue (Gilles et al., 2007)..

Le principal défaut des pièges est leur entretien régulier. Dès qu'ils sont remplis d'insectes, ils doivent être vidés et nettoyés sous peine d'être inefficaces. Les pièges adhésifs sont saturés plus vite que les pièges en tissus (Gilles et al., 2007).

- Aiguilles à usage unique

La transmission du parasite est possible par la réutilisation d'aiguilles (Pols, 1960; Bigalke, 1968; Diesing et al., 1988). Les aiguilles utilisées dans le cadre d'interventions thérapeutiques, vaccinations, ou prophylaxies (prises de sang, intradermotuberculinations) sont des sources potentielles de transmission entre les animaux. Le risque est présent au sein d'un même troupeau, ou entre troupeaux si les aiguilles ne sont pas changées entre chaque élevage. Il est conseillé et prudent d'utiliser des aiguilles jetables et individuelles dans les troupeaux infectés, et de changer les aiguilles entre deux troupeaux (Alzieu et al., 2011).

c. Lutte biologique

Peu de données sont disponibles sur l'utilisation du contrôle biologique des insectes vecteurs de la besnoitiose. Ce volet de lutte est donc difficile à mettre en place. On sait que des champignons, des protozoaires et des nématodes de la famille des mermithidés peuvent être pathogènes pour les taons. Les guêpes hyménoptères sont des parasitoïdes des tabanidés. Les taons possèdent aussi des insectes prédateurs naturels comme les Asilidae, les Spheciade et les guêpes Bembinici. Pour le moment, seule la prédation par les guêpes Bembinici a montré une efficacité par une réduction des populations de taons autour des troupeaux. Néanmoins, les spécificités saisonnières et d'habitats de ces espèces rendent leur utilisation difficile. Pour garantir un gîte adapté, il faut créer des zones sableuses autour des pâtures (Baldacchino et al., 2014a).

d. Lutte environnementale

L'élimination des sites de pontes est essentielle pour le contrôle des populations de stomoxes. Les larves se développent dans les milieux riches en matière organique en décomposition. Cela concerne les litières, le fumier et lisier, les déchets alimentaires et les zones humides mal drainées (Bouyer et al., 2011; Baldacchino et al., 2013). La gestion des effluents par la vente ou le bâchage du fumier, et la couverture des fosses à lisier est recommandée. Depuis 2003, cette gestion a fait ses preuves à la Réunion (Bouyer et al., 2011).

Les taons sont plutôt présents dans les zones de jonction entre prairie et forêt. Les prairies ouvertes et éloignées de zones boisées sont intéressantes lors du pic d'activité estivale des insectes. Dans les Pyrénées, les populations de tabanidés ont tendance à diminuer avec l'altitude. De plus, les vents forts réduisent les activités de vol des insectes. Privilégier des pâtures en altitude et/ou assez ventées peut aider à réduire la pression des vecteurs sur les animaux en période estivale (Baldacchino et al., 2014b). L'observation de nombreux comportements de stress chez les bovins peut être un bon indicateur de la pression en taons sur une parcelle, puisque ces deux éléments sont assez bien corrélés (Lantuejoul, 2015).

Les femelles tabanidés rentrent moins dans les bâtiments. Un abri au pré peut offrir une protection aux animaux quand ils s'y trouvent. Les femelles tabanidés volent rarement au-dessus des obstacles tels que les barrières ou les bosquets de végétation dense, et ont tendance à les contourner. La mise en place de clôtures ou bocages peut participer à la réduction des déplacements d'insectes entre pâtures (Baldacchino et al., 2014b).

La production de fumée à partir de végétaux autour des animaux est une méthode de contrôle traditionnelle contre les insectes piqueurs. Cependant, les animaux ont tendance à rester sous la fumée pour profiter d'une protection plus longue, ce qui limite leur temps de pâturage (Baldacchino et al., 2014b).

VI. Mesures de gestion de la maladie

Les mesures de gestion en territoire infecté sont complémentaires des mesures de prévention énoncées précédemment. Ces mesures s'appliquent du cadre international jusqu'au individuel de l'animal.

1. Réglementation

A l'échelle mondiale, la besnoitiose bovine n'est pas soumise à la déclaration obligatoire auprès de l'Organisation Mondiale de la Santé Animale (OMSA). A l'échelle européenne, elle n'est pas une maladie réglementée, puisqu'elle n'est pas concernée par la Loi de Santé Animale (LSA). Cela implique qu'aucune mesure de dépistage ou de gestion n'est imposée aux Etats membres de l'Union Européenne (Alzieu et al., 2020). La réglementation de la besnoitiose est laissée à la discrétion des Etats, et il n'existe pas de politique commune internationale concernant sa gestion et son contrôle.

En France, la besnoitiose n'est actuellement pas réglementée à l'échelle nationale. Elle faisait auparavant partie des dangers sanitaires de catégorie 3, définis par le Code rural et de la pêche maritime comme les dangers sanitaires « pour lesquels les mesures de prévention, de surveillance ou de lutte relèvent de l'initiative privée » (Légifrance, 2011). Cette catégorisation a pris fin le 21 avril 2021, date d'entrée en application de la LSA (DRAAF Occitanie, 2021). Les mesures de prévention, lutte et gestion de la besnoitiose sont donc uniquement basées sur le volontariat et la motivation des régions, départements et acteurs de la filière bovine française.

La Suisse, l'Irlande, la Belgique et le Canada sont, à notre connaissance, les seuls pays où la besnoitiose bovine est réglementée.

En Suisse, la besnoitiose fait partie des épizooties à éradiquer depuis 2014. Tous les bovins importés de zones ou pays où la maladie est endémique doivent être testés par sérologie. Lors de suspicion ou confirmation d'un cas, des restrictions de mouvements sont appliquées. Pour lever les restrictions, tous les animaux des cheptels concernés doivent être testés, puis les bovins suspects et infectés doivent être éliminés (Conseil fédéral suisse, 2023).

En Irlande, la besnoitiose est une maladie à notification obligatoire depuis 2022. Des restrictions de mouvements des bovins peuvent être imposées, ainsi que la mise en place d'un plan de prévention, lutte et surveillance selon la situation (Irish Statute Book, 2016, 2023).

En Belgique, deux arrêtés sont parus en 2024. Un arrêté royal définit la besnoitiose comme un vice rédhibitoire lors de ventes et échanges d'animaux domestiques entre établissements belges (SPF Santé publique, 2024a). Un arrêté ministériel définit des mesures d'urgence pour prévenir l'introduction et l'expansion de la maladie dans le pays. Il prévoit des mesures d'importations strictes envers les bovins issus de « pays à risque » (Espagne, France, Hongrie, Italie, Portugal), ainsi que des mesures restrictives au sein du territoire belge (SPF Santé publique, 2024b).

Au Canada, la besnoitiose est une maladie à déclaration immédiate depuis 2024. Les laboratoires ont l'obligation de notifier toute suspicion ou confirmation d'infection (Gouvernement du Canada, 2024).

2. Contrôle des importations et commerce international

Comme nous l'avons vu dans la partie III.2, l'arrivée de la besnoitiose dans la majorité des pays européens est liée à des importations de bovins contaminés. Le contrôle du statut sanitaire des animaux importés est essentiel afin de limiter l'expansion géographique de la maladie, la contamination de pays indemnes, et l'apparition de nouvelles zones endémiques. Plusieurs auteurs soulignent l'importance d'une surveillance active des importations, en particulier lors d'échanges européens et dans les zones encore indemnes (Ryan et al., 2016; Delooz et al., 2021). Néanmoins, ce contrôle est assez limité en Europe à l'heure actuelle (Anastácio et al., 2022).

Le premier pays à avoir instauré le contrôle aux importations est la Belgique (Evrard & Quinet, 2020). Après l'arrivée de la besnoitiose dans le pays en 2012, un contrôle à grande échelle des troupeaux possédant des animaux importés a été lancé. Depuis 2018, de nouvelles actions de surveillance ont été mises en place, dont le contrôle sérologique systématique de tous les bovins provenant de pays considérés à risque. Cette mesure, entérinée par un arrêté ministériel en 2024, concerne les bêtes nouvellement importées, ainsi que celles déjà introduites en Belgique mais dont le statut sanitaire n'est pas connu. Les pays européens concernés par ces mesures sont l'Espagne, la France, l'Italie, la Hongrie et le Portugal (Evrard & Quinet, 2020; Delooz et al., 2021; SPF Santé publique, 2024b). Depuis 2020, Ces mesures ont permis l'identification d'au moins cinq troupeaux infectés ayant importés du bétail français (Delooz et al., 2021).

Le second pays européen à avoir mis en place un dépistage de la besnoitiose en cas d'importation est la Suisse. Tous les bovins importés de zones endémiques sont obligatoirement dépistés par sérologie (Conseil fédéral suisse, 2023).

3. Accompagnement par les organismes sanitaires français : les GDS

Les GDS ont un rôle crucial dans le conseil et l'accompagnement des éleveurs. Ce sont leurs interlocuteurs privilégiés en dehors des vétérinaires (Alzieu et al., 2020; GDS France).

a. Présentation des GDS

Les Groupements de Défense Sanitaire (GDS), sont une association loi 1901. A l'origine, ce sont des associations d'éleveurs ayant pour mission la défense sanitaire des élevages. Après la Seconde guerre mondiale, une volonté de développer une agriculture nationale forte s'impose dans les esprits. A cette période, aucune action sanitaire collective n'existe, et cet objectif est freiné par des maladies impactantes. Pour répondre à cet enjeu, la Fédération Nationale des Groupements de Défense Sanitaire (FNGDS) est créée en 1954, en collaboration avec l'Etat français. Initialement, elle concerne uniquement l'élevage bovin, et a pour mission de fédérer et organiser la lutte contre la tuberculose bovine, puis la fièvre aphteuse. Peu à peu, les GDS s'ouvrent aux autres filières d'élevages et étendent leurs actions à d'autres maladies. L'objectif principal est la promotion de la santé sanitaire des élevages, avec la mise en place de plans de surveillance, prévention et lutte contre des maladies d'élevage. Tous les enjeux de la santé animale sont pris en compte, avec l'économie des élevages, le développement des échanges, le bien-être animal, la santé animale et humaine (Ganière, 2024; GDS France).

Les GDS interviennent à différents échelons territoriaux, et l'adhésion des éleveurs se fait par cotisation. A la tête de la pyramide se trouve GDS France, anciennement FNGDS. Il conseille et coordonne leurs antennes territoriales, en établissant des lignes de conduite et objectifs nationaux. Les Fédérations Régionales des Groupements de Défense Sanitaire (FRGDS) sont les instances régionales. Depuis 2014, elles sont reconnues comme Organismes à Vocation Sanitaire (OVS), ce qui font d'elles des délégués de l'Etat pour la surveillance et la gestion des maladies réglementées d'élevage. Les FRGDS font le lien avec les administrations nationales, les instances politiques, et les acteurs locaux. Elles ont pour fonction la mise en commun des moyens d'action des GDS départementaux, ainsi que l'harmonisation des objectifs, et plans de surveillance, prévention et gestion sur leur territoire. Les GDS départementaux sont le dernier échelon du maillage territorial. Ils agissent sur le terrain et accompagnent les éleveurs au quotidien dans la gestion sanitaire de leur cheptel. Ils ont un rôle d'appui technique, financier, juridique, et de conseil. Entre autres, ils pilotent les contrôles à l'introduction, les visites sanitaires, ainsi que les campagnes de prophylaxie. Ils développent des plans de maîtrise pour des maladies non réglementées mais importantes localement (Ganière, 2024).

Pour remplir leurs missions, les GDS travaillent étroitement avec les autres acteurs de l'élevage comme les Directions départementales de l'emploi, du travail, des solidarités et de la protection des populations (DDETSPP), les vétérinaires et les laboratoires. Ils soutiennent financièrement les éleveurs adhérents, via des aides issues de fonds mutualisés disponibles aux échelles nationales (Fonds de Mutualisation de GDS, ou FMGDS), régionales et départementales (GDS France).

b. Les GDS et la besnoitiose bovine

A l'échelle nationale, GDS France fait part de sa volonté d'agir contre la besnoitiose, en affichant comme objectif de limiter la diffusion de la maladie et assainir les foyers pouvant l'être (GDS France, 2018). Cet engagement se traduit par la pluralité des projets entrepris, à l'échelle française comme européenne.

A l'échelle européenne, GDS France anime un groupe de travail de la Fédération Européenne pour la Santé Animale et la Sécurité Sanitaire (FESASS) sur la besnoitiose (GDS France, 2022). L'organisme français, en collaboration avec l'Anses, a aussi organisé des ateliers européens en 2023 et 2024 (European Workshop on Besnoitiosis), associant conférences d'experts européens et tables rondes (GDS France, 2024b).

En France, une journée nationale technique sur la besnoitiose existe depuis 2019, dans le but de faire le point sur la situation nationale, les avancées dans les protocoles et outils de gestion disponibles, et les connaissances sur la maladie (GDS France, 2020). Le Groupe de suivi Besnoitiose GDS France, créé en 2022, travaille sur de nouvelles pistes de réflexion et propositions de gestion nationale, et participe à des projets et études pour progresser sur la maladie (GDS France, 2023). Sur le terrain, des journées à thème sont organisées dans des départements confrontés à la besnoitiose. Elles rassemblent des acteurs de différentes échelles pour échanger sur les situations locale et nationale, et sur les protocoles de gestion envisageables (GDS France, 2022, 2023).

Des formations internes sont proposées aux salariés des GDS depuis 2021, pour leur permettre d'améliorer leur réactivité dans la gestion de foyers émergents, de dispenser des formations aux adhérents départementaux, et de mieux répondre aux attentes des éleveurs (GDS France, 2022). Des fiches techniques élaborées par GDS France sont mise à la disposition des GDS locaux pour les appuyer dans la gestion des foyers (GDS France, 2020).

Plusieurs enquêtes nationales ont été menées afin de faire le point sur la situation nationale, améliorer l'accompagnement des acteurs locaux, et ouvrir de nouvelles pistes de réflexion. En 2018, la thèse de Chemouni, réalisée en collaboration avec GDS France, offre un état des lieux de l'expansion géographique française de la besnoitiose, ainsi que des mesures de prévention, surveillance et lutte en place dans les départements (Chemouni, 2018). Le processus est renouvelé en 2024, via une étude interne menée par Sarah Nade sous la gouverne de GDS France. Les résultats de ces travaux ne sont pour le moment pas publics (GDS France, 2025b). En 2023, une autre enquête interne a permis le recensement des besoins des GDS départementaux vis-à-vis de la besnoitiose. Ils concernent les connaissances sur la maladie, les supports informatifs pour les éleveurs, l'élaboration de protocoles et d'outils de gestion, et le partage d'expériences (GDS France, 2024b).

GDS France est engagé dans le développement de la référence analytique pour la besnoitiose depuis 2018, dans le but de fiabiliser les résultats d'analyses. Les recherches consistent à évaluer l'efficacité et l'intérêt des outils de dépistage disponibles, et à valider des méthodes d'analyses. Des projets ont été menés sur les kits ELISA sur laits de mélange et mélanges de sérums, et la PCR sur biopsie cutanée (GDS France, 2020, 2025a). Les travaux en cours portent sur la précocité de détection des anticorps par les outils diagnostiques, et sur l'estimation plus précise des performances de ces outils en condition de terrain (projet Besnoilia). Ces projets s'accompagnent de la construction d'une sérothèque nationale, constituée de prélèvements originaires de cheptels français (GDS France, 2025b). De cet investissement dans la référence analytique, est né le laboratoire en charge de la référence pour la besnoitiose, situé sur le site de l'Anses à Maison-Alfort. C'est là que sont réalisées les analyses Western blot, l'actuel outil de confirmation de diagnostic (GDS France, 2021).

Depuis 2017, le « Plan de lutte besnoitiose FMGDS » indemnise les élevages touchés par la besnoitiose, afin de soutenir et encourager l'assainissement des cheptels, et limiter l'expansion de la maladie. Ce programme appuie les plans de maîtrise locaux déjà existants en soutenant financièrement les éliminations de bovins atteints. Depuis 2024, l'élimination d'un bovin séropositif est indemnisée à hauteur de 100 €, somme majorée à 200 € en cas de résultat non-négatif à une PCR sur biopsie cutanée. L'aide aux analyses de dépistage, auparavant proposée, a été abandonnée au profit d'une augmentation de l'aide à la réforme. En plus de ce programme national, une partie des fonds du FMGDS sont redistribués annuellement aux régions par un système de droit de tirage. Les territoires bénéficiaires peuvent utiliser ces fonds pour des programmes d'aide locaux, notamment la lutte contre la besnoitiose (GDS France, 2018, 2025a, 2025b). Les données en lien avec ces programmes d'indemnisation sont résumées dans le Tableau II et la Figure 21.

Tableau II : Indemnisation pour la besnoitiose par le programme national et les fonds régionaux du FMGDS
Sources : (GDS France, 2018, 2019, 2020, 2022, 2023, 2024a, 2025a, 2025b)

	Programme national FMGDS d'indemnisation de la besnoitiose					Fonds régionaux FMGDS utilisés pour la besnoitiose (pourcentage des fonds totaux)
	Dossiers déposés	Elevages bénéficiaires	Bovins séropositifs indemnisés	Analyses réalisées	Montant total alloué	
2017	6	6	56		170 216 €	
2018	56	48	603			5,7 % de 1 294 960 €
2019	96	71	1 040			11,5 % de 740 847 €
2020	151	129	1 166		141 996 €	
2021	188	146	1 005		138 910 €	
2022	435	315	2 481	15 445	294 135 €	5 % de 798 030 €
2023	381	295	1 759	21 422	239 828 €	54,3 % de 623 550 €
2024	367	272	2 116	10 793	244 479 €	23,3 % de 359 368 €

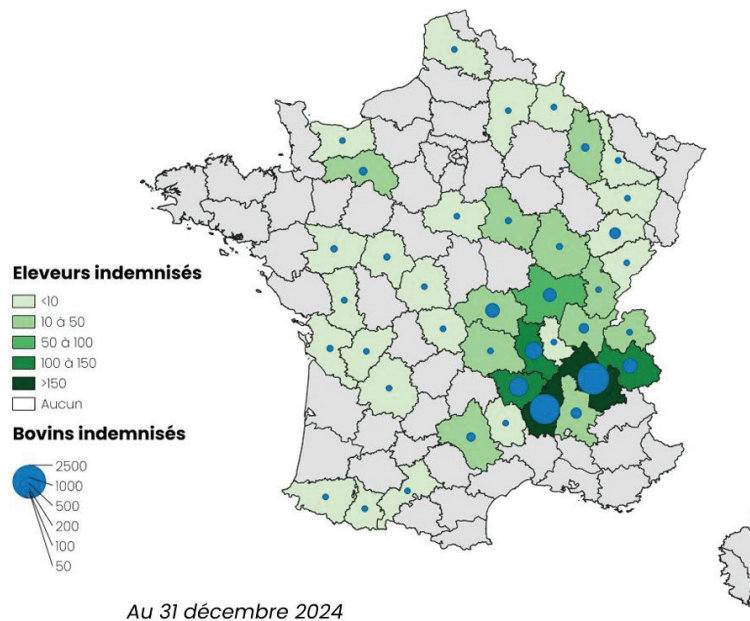


Figure 21 : Répartition géographique des indemnisations par le programme national FMGDS pour la besnoitiose. Source : (GDS France, 2025b)

Localement, les FRGDS et GDS départementaux soutiennent les éleveurs en les accompagnant dans le dépistage, la surveillance et l’assainissement de leur troupeau. En dehors des aides financières nationales, ils peuvent proposer aux éleveurs des indemnisations supplémentaires (Alzieu et al., 2020). Nous détaillerons ces accompagnements et aides dans les parties suivantes.

Des zones subsistent où la besnoitiose ne fait l’objet de très peu ou d’aucune communication ou recommandation auprès des éleveurs. Certains éleveurs bovins français ne connaissent pas ou très peu la besnoitiose, n’ont aucune idée de leur statut sanitaire, et par conséquent ne mettent pas en place de mesures ciblées de prévention ou de lutte. Malgré l’investissement national pour une meilleure gestion, la lutte et la perception de la besnoitiose semblent rester extrêmement variables sur le territoire français.

4. Contrôle des introductions

Le dépistage de la besnoitiose lors de l'introduction d'animaux dans un troupeau est conseillé à l'unanimité par tous les auteurs (Álvarez-García et al., 2013; Cortes et al., 2014; Ryan et al., 2016; Gutiérrez-Expósito et al., 2017a; Alzieu et al., 2020; Saegerman et al., 2022). La besnoitiose est une maladie qui s'achète, et c'est par ce biais que la majorité des contaminations ont lieu. Les cheptels sains, ou en cours d'assainissement, doivent veiller à ne pas se contaminer par des achats d'animaux (Alzieu et al., 2017a; Alzieu et al., 2020). Ces recommandations sont aussi valables pour les mises en pension d'animaux dans d'autres exploitations agricoles.

Le dépistage à l'introduction est recommandé en toutes circonstances, peu importe l'âge, la destination et le devenir des animaux (Alzieu et al., 2017a; Alzieu et al., 2020). Gazzonis met l'accent sur les taureaux reproducteurs dans les élevages pratiquant la monte naturelle, puisqu'ils sont mis au contact de nombreuses femelles, ce qui augmente le risque de transmission du parasite (Gazzonis et al., 2017). En raison du coût élevé du dépistage systématique à l'introduction, Delafosse suggère de limiter les tests aux bovins issus de zones à risque. Cependant, la définition de ces zones n'est pas aisée et subjective, et la dérogation aux contrôles pour les bovins de provenance autre constitue une voie de contamination possible et non négligeable (Delafosse, 2011). Alzieu argumente que ce dépistage sélectif est une « fausse bonne-idée », puisque les foyers et cheptels touchés se concentrent sur des zones territoriales limitées, et ne reflètent pas le statut de l'entièreté du département. L'économie financière réalisée via ce dépistage incomplet peut vite se transformer en perte économique et zootechnique majeure (Alzieu et al., 2015).

La méthode de dépistage plébiscitée est la sérologie, et plus précisément les kits commerciaux ELISA (Alzieu et al., 2017a; Alzieu et al., 2020). Néanmoins, l'examen clinique n'est pas à négliger pour détecter les faux négatifs (Gutiérrez-Expósito et al., 2015). L'isolement du reste du cheptel est recommandé jusqu'à réception des résultats d'analyse.

En France, des kits de dépistage à l'introduction sont proposés par plusieurs GDS départementaux. Ils permettent le diagnostic sérologique de la besnoitiose, en plus de maladies habituellement contrôlées à l'introduction (Alzieu et al., 2017a; Alzieu et al., 2020). Ces kits sont proposés par tous les GDS de la région AURA. En 2021, ce sont en moyenne 2,2 % des bovins introduits dans la région qui ont été dépistés pour la besnoitiose (Figure 22) (FRGDS AURA, 2022). Plus précisément, le dépistage de la besnoitiose via ces kits est obligatoire dans l'Ain, l'Ardèche, la Drôme, la Haute-Loire, le Puy-de-Dôme, le Rhône et les Savoie. Ailleurs en France, le GDS du Doubs a rendu obligatoire la recherche de la besnoitiose à l'introduction pour tous les bovins non-originaux de Bourgogne-Franche-Comté. Une partie des départements proposant ces dépistages soutiennent financièrement les éleveurs, en participant partiellement ou totalement au coup des analyses sérologiques (GDS Bourgogne Franche-Comté, 2019; GDS Rhône, 2023; GDS Ain, 2024; GDS Haute-Loire, 2024; GDS des Savoie, 2025c; GDS Puy-de-Dôme; GDS Ardèche; GDS Drôme).

En parallèle, certains GDS conseillent aux éleveurs l'utilisation de billets de garantie conventionnelle mentionnant la besnoitiose (FRGDS AURA, 2024a). Ces billets sont un accord entre le vendeur et l'acheteur, permettant l'annulation de la vente en cas de dépistage positif à une ou plusieurs des affections mentionnées dans le document. Malgré la mise en avant de ces billets, leur utilisation demeure une initiative volontaire

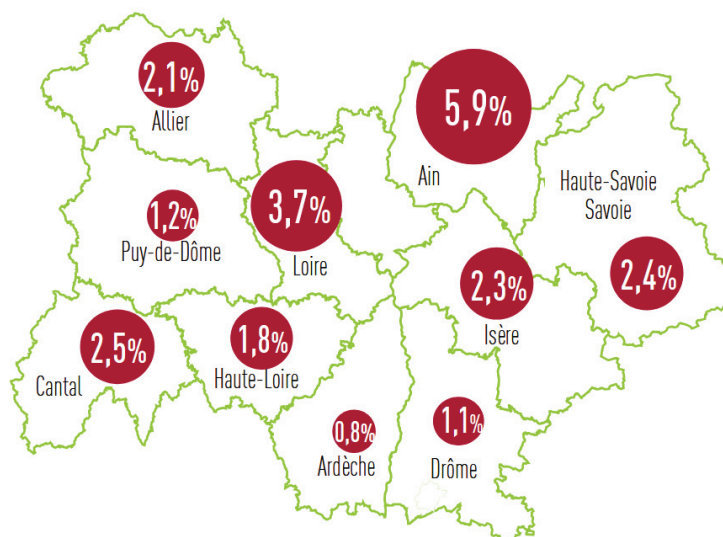


Figure 22 : Taux de résultats positifs parmi les bovins dépistés pour la besnoitiose lors de leur introduction dans un cheptel en 2021 en région AURA. Source : (FRGDS AURA, 2022)

5. Rassemblements et mélanges de bovins

Les rassemblements de bovins augmentent le risque de transmission *B. besnoiti* entre individus et la contamination de troupeaux sains, surtout quand le statut sanitaire des animaux n'est pas contrôlé (Gazzonis et al., 2017). Les maladies réglementées telles que l'IBR, la tuberculose, et la brucellose font systématiquement l'objet de contrôles, mais ce n'est pas le cas de la besnoitiose. La vérification du statut sanitaire pour la besnoitiose dépend uniquement de la volonté des GDS, ou des règlements sanitaires des lieux de rassemblements.

Les comices sont des rassemblements ponctuels, pendant lesquels une grande densité d'animaux est en contact rapproché pendant une courte période. Les origines des bêtes, ainsi que le type d'élevage auquel elles appartiennent, sont variés. Ces événements facilitent la dissémination à grande échelle du parasite, ce qui souligne d'autant plus la nécessité du dépistage à ces occasions. Un traitement insecticide des animaux peut être envisagé, même si l'efficacité demeure limitée (GDS des Savoie, 2025a). L'isolement et la réalisation d'une sérologie au retour de l'animal dans l'élevage permettent de s'assurer de l'absence de contamination, surtout lorsque le dépistage pour la participation est volontaire.

Pour participer au Salon International de l'Agriculture, le comice le plus connu et le plus fréquenté de France, aucune analyse pour la besnoitiose n'est requise. Cependant, deux grands rassemblements provinciaux, le Salon Agrimax à Metz et le Sommet de l'Élevage à Clermont-Ferrand, exigent un résultat sérologique négatif dans les 21 jours avant la venue au comice, respectivement depuis 2019 et 2022 (GDS Moselle, 2019; Pouchard, 2022; Sommet de l'élevage, 2025). Certains GDS ont fait le choix de rendre obligatoire le dépistage de la besnoitiose pour les concours et comices départementaux. C'est le cas de l'Isère, du Rhône, et de la Savoie et Haute-Savoie. Une interdiction de participation s'applique à tous les élevages isérois reconnus infectés s'ils ne sont pas engagés dans un plan d'assainissement. En Isère et dans le Rhône, les frais d'analyses sont entièrement pris en charge par les GDS pour aider financièrement les éleveurs (GDS Rhône, 2018; GDS Isère, 2025; GDS des Savoie, 2025a).

En estives ou partage de pâtures, le risque de transmission est élevé, d'autant plus que ces activités sont majoritairement pratiquées en période estivale, lorsque la pullulation d'insectes est maximale (Alzieu et al., 2011). Les principaux sites français de transhumance sont les massifs montagneux, plus précisément les Pyrénées et les Alpes (Figure 23). Ces massifs accueillent respectivement 61 % et 21 % des 170 000 bovins se rendant en estives chaque année en France (Vizagreste). Le contact entre bovins sains et malades peut provoquer la contamination d'un nombre important d'élevages à la redescente des animaux en fin de saison. Les bovins en estives peuvent aussi entrer au contact de la faune sauvage. Même si la transmission par les cervidés de montagnes est actuellement méconnue, le risque de contamination par ce biais n'est pas exclu (Gutiérrez-Expósito et al., 2013; Arnal et al., 2017).

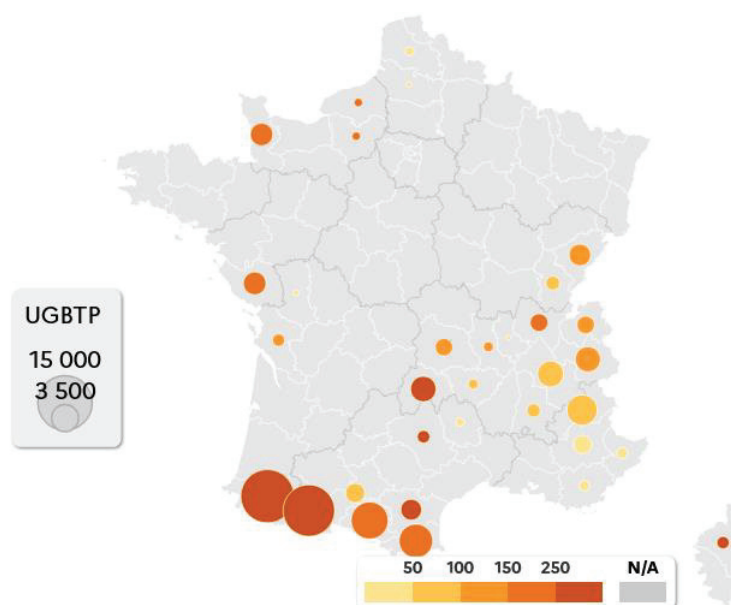


Figure 23 : Répartition géographique des UGBTP des bovins et taille moyenne (en têtes) des troupeaux de bovins par surface collective (estives). Source : (Agreste) avec le fichier montées et descentes - ASP 2020 - Agreste

La priorité est de limiter la montée de bovins infectés, même asymptomatiques, et de contrôler le statut des animaux à leur retour. L'isolement des animaux après leur descente est recommandé jusqu'à réception des résultats d'analyses. Actuellement, l'Isère et des Savoie proposent à leurs éleveurs le « Kit Alpage ». En Isère, le kit comprend une sérologie besnoitiose à la montée et la descente. Dans les Savoie, le dépistage sérologique avant le 15 mars de l'année en cours est obligatoire pour la montée des animaux, un résultat positif s'opposant à la montée du bovin. Les deux GDS aident financièrement leurs éleveurs, en participant à une partie des frais d'analyses (GDS Isère, 2024b; GDS des Savoie, 2025b).

Un autre fonctionnement envisageable est la séparation des animaux positifs et négatifs dans l'estive, ou l'accueil des bovins séropositifs uniquement. A titre d'exemple, dans les alpages isérois en 2023, sur 53 entités pastorales, sept pratiquaient une séparation en fonction du statut sérologique des animaux, et 17 n'acceptaient que les bovins séronégatifs (Picq, 2023).

Depuis le 31 octobre 2024, la notification des mouvements de bovins vers et depuis des exploitations saisonnières (dont les estives) est obligatoire (Ministère de l’agriculture, 2024). Cette nouvelle réglementation permet une meilleure traçabilité des bovins, et pourrait faciliter de futures enquêtes épidémiologiques en cas d’émergence de nouveaux foyers.

6. Campagnes de dépistage et surveillance départementale

La surveillance de la besnoitiose repose sur des campagnes de dépistage, permettant d’établir un état des lieux départemental, ainsi qu’un suivi de l’évolution géographique et intra-cheptel. Depuis le renforcement des campagnes d’information sur le territoire français, la fréquence de ces campagnes s’est accrue (Alzieu et al., 2020). Elles sont réalisables sur prélèvements sanguins ou laitiers, et conduites volontairement ou systématiquement.

Le dépistage des bovins de plus de six mois est classiquement recommandé (Alzieu et al., 2017a). Mais les infections avant six mois d’âge sont possibles, et certains auteurs sont partisans d’intégrer tous les jeunes au dépistage (Diezma-Díaz et al., 2017). Néanmoins, les infections chez les jeunes veaux sont peu fréquentes, et les faux positifs sont possibles à cause des anticorps colostraux transmis par les mères infectées (Alzieu et al., 2019b).

Le belge Delooz propose des sondages sérologiques lors de surveillance en zone saine, avec un nombre théorique minimum de bovins à tester en fonction de la taille du troupeau (Tableau III) (Delooz et al., 2021). Néanmoins, cette manière de procéder augmente le risque passer à côté des cas positifs en cas de séroprévalence faible (Alzieu et al., 2015).

*Tableau III : Taille de l’échantillon à dépister en fonction de la taille du troupeau
Source : (Delooz et al., 2021)*

TAILLE DU TROUPEAU	NOMBRE D’ANIMAUX A TESTER
> 260	20
80-260	19
40-79	18
20-39	16
16-19	13
14-15	12
13	11
12	10
10-11	9
1-9	Tous les animaux

La méthode la plus utilisée pour le dépistage de masse est la sérologie ELISA sur sang. Les prélèvements peuvent être réalisés à l'occasion des campagnes de prophylaxie annuelles, notamment en cheptel allaitant (Alzieu et al., 2017b). Sur le terrain, ce sont généralement les bovins de plus de 24 mois qui sont concernés, ce qui laisse de côté les jeunes animaux du troupeau. Un dépistage en deux étapes est envisageable, avec le test de tous les bovins de plus de deux ans, puis une sérologie individuelle plus exhaustive en cas de résultat positif.

En élevage laitier, la majorité des maladies sont déjà surveillées sur le lait de tank, ce qui rend plus rare les campagnes de prophylaxie sanguine. Avant l'arrivée de la trousse ELISA lait, le dépistage de la besnoitiose en cheptel laitier était plus minoritaire qu'en élevage allaitant. La sérologie besnoitiose sur le lait et sa facilité d'exécution offrent à présent une opportunité de dépistage prophylactique et de suivi longitudinal des cheptels laitiers, à grande échelle géographique (Alzieu et al., 2017b; Alzieu et al., 2019b; Alzieu et al., 2020). La faille du dépistage sur lait est qu'il concerne uniquement les sujets en lactation. Les vaches hors lactation, les mâles et le prêtretroupeau sont exclus de ce dépistage. L'éleveur peut faire le choix de compléter par des analyses sérologiques sur sérum s'il le souhaite, mais cela est plus contraignant au niveau financier et organisationnel.

La fréquence optimale pour le balayage sérologique sur le lait est biannuelle, pour tenir compte des périodes hors lactation de chaque vache (Alzieu et al., 2020). Les sérologies peuvent être réalisées sur LGM (lait de tank), LPM, ou lait individuel. La sérologie sur LPM analyse le mélange de laits d'un petit groupe de vaches. ID Vet propose des mélanges de 10 à 20 laits, tandis qu'Alzieu préconise des lots de trois animaux pour limiter le risque de non-détection. Depuis quelques années, le dépistage sur LPM est expérimenté dans l'Ain sur des mélanges de cinq à dix laits, avec des résultats satisfaisants. Un résultat positif sur LPM est investigué via des tests individuels sur les animaux du lot, sur sérum ou sur lait (Alzieu et al., 2019b; ID VET, 2023). Le dépistage sur lait individuel équivaut au balayage sérologique individuel sur sang en élevage allaitant (Alzieu et al., 2017b; Alzieu et al., 2019b). Un résultat sérologique positif sur le lait doit systématiquement être suivi d'un dépistage individuel de tout le troupeau, à minima des animaux de plus de six mois. Cela regroupe les vaches en production et hors lactation, le troupeau de renouvellement, et les mâles. Le dépistage peut être réalisé sur lait ou sérum selon les animaux (Alzieu et al., 2017b; Alzieu et al., 2019b).

Les résultats des campagnes de dépistage peuvent être erronés, à cause de bovins sains faussement séropositifs, ou d'animaux porteurs de kystes faussement séronégatifs (Gazzonis et al., 2014; Gollnick et al., 2018). Malgré cela, un résultat complètement négatif sur l'entièreté du troupeau peut laisser supposer que le cheptel est indemne (Alzieu et al., 2019b).

La prophylaxie sur prélèvement sanguin, ou la surveillance sur lait de tank, sont proposées voire obligatoires dans la majorité des départements de la région AURA. Généralement, le coût des analyses est pris en charge partiellement ou entièrement par les GDS pour inciter les éleveurs à dépister leur troupeau. Pour des raisons financières, plusieurs GDS ciblent les élevages non connus positifs les années précédentes, les élevages déjà connus positifs étant incités à s'engager dans un plan d'assainissement (GDS Rhône-Alpes, 2020; GDS Isère, 2023; GDS Rhône, 2023; GDS des Savoie, 2024; FRGDS AURA, 2021, 2024b).

7. De la détection à l'assainissement : conduite d'un cheptel infecté

Vivre avec la besnoitiose en espérant une stabilisation de la situation est utopique, et occasionne de larges pertes économiques (Duboisset, 2013; Alzieu et al., 2015; Alzieu et al., 2019a). L'unité de gestion pour la besnoitiose n'est pas le bovin, mais le cheptel (Alzieu et al., 2015). Une exploitation infectée doit adopter une conduite d'élevage rigoureuse afin de maximiser les chances de réussite de l'assainissement. L'absence de mesures de contrôle conduit à l'augmentation et au maintien d'une prévalence et d'une incidence intra-cheptel élevées (Gutiérrez-Expósito et al., 2015). Les étapes clés pour l'assainissement d'un troupeau, que nous allons développer par la suite, sont schématisées sur la Figure 24.

D'autres méthodes d'assainissement ont été proposées, comme le remplacement total du cheptel décrit en Hongrie (Hornok et al., 2015). Cependant, cette méthode radicale est peu recommandée et non pratiquée en France.

Dans les zones touchées, la plupart des GDS proposent à leurs éleveurs des plans d'assainissement, pour les accompagner dans ce processus. Les conditions d'adhésion sont variables, mais l'objectif commun est d'établir une stratégie prenant en compte les particularités de chaque élevage. Le GDS fournit un soutien moral, technique et financier à l'éleveur, en établissant une ligne de conduite pour son troupeau. Cela comprend généralement la planification des éliminations et des contrôles sérologiques, l'organisation du pâturage et d'une conduite en lots, la mise en place de mesures préventives, ou encore la participation à des réunions d'information. Les aides financières sont courantes pour les réformes, analyses, visites vétérinaires, etc. En contrepartie, les éleveurs s'engagent à appliquer des mesures préventives, comme le dépistage systématique à l'introduction, ou la non-vente des bovins infectés. L'entrée en plan d'un élevage est l'occasion d'en discuter avec le vétérinaire traitant, qui est aussi un partenaire important de l'éleveur (Alzieu et al., 2020; GDS Rhône, 2022; GDS Ardèche, 2024; GDS des Savoie, 2025d). Ce soutien des éleveurs, particulièrement sur le volet financier, est un pilier important de la lutte contre la besnoitiose, puisque c'est généralement l'argument économique qui les freine à agir. Delooz considère que sans ces aides, il est trop difficile de convaincre les éleveurs de passer à l'action volontairement (Delooz et al., 2021).

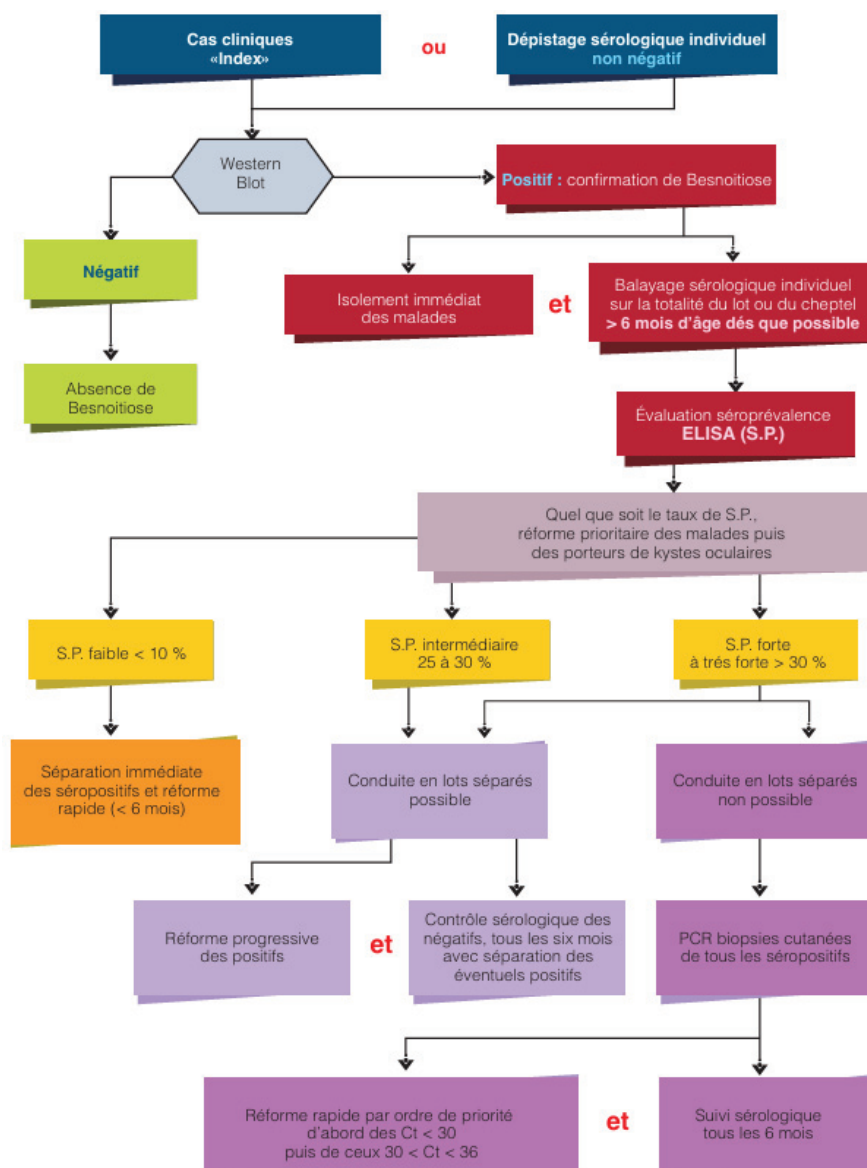


Figure 24 : Marche à suivre pour l'assainissement d'un troupeau. Source : (Alzieu et al., 2020)

a. Diagnostic de certitude

En cas de suspicion d'un cas de besnoitiose, il est essentiel de confirmer le diagnostic. Alzieu parle de « cas index » pour désigner le premier animal d'un troupeau qu'on soupçonne atteint de la besnoitiose (Alzieu et al., 2019b). De la précocité de ce diagnostic découle les chances de succès du contrôle de la maladie dans l'élevage (Alzieu et al., 2017a).

Si l'animal est en phase aiguë, le diagnostic est possible par PCR sur sang. Cependant, la maladie est souvent suspectée chez des animaux en phase chronique dont les signes cliniques sont plus évocateurs. Dans ce cas, la confirmation se fait généralement sur prélèvement sanguin par sérologie ELISA, suivie ou non d'une sérologie Western blot. La confirmation par Western blot est vivement recommandée pour le « cas index », en raison de la grande spécificité de cette méthode. Il est aussi possible de réaliser une sérologie ELISA sur lait, ou une PCR sur biopsie cutanée à la base de la queue (Alzieu et al., 2019b).

b. Evaluation de la séroprévalence initiale

Une fois le diagnostic de besnoitiose établi, il faut évaluer la séroprévalence intra-cheptel. Ce recensement permet d'établir l'importance de la maladie dans l'élevage, ce qui conditionnera la conduite à adopter pour la gestion et l'assainissement du troupeau (Alzieu et al., 2019b). Cela permet aussi d'organiser la séparation des séropositifs et séronégatifs.

La méthode classiquement recommandée est un balayage sérologique ELISA de tous les bovins âgés de plus de six mois, préférentiellement sur prélèvement sanguin. Une sérologie ELISA individuelle sur lait est aussi envisageable. Les résultats douteux peuvent être re-évalués par une sérologie Western blot (Gutiérrez-Expósito et al., 2017a; Alzieu, Jacquet et al., 2019a). La confirmation systématique des résultats positifs par Western blot est préférable, mais n'est pas toujours envisageable économiquement (Alzieu et al., 2019a).

L'infection avant l'âge de six mois est rare mais possible, ce qui conduit des auteurs à conseiller le dépistage de cette classe d'âge (Diezma-Díaz et al., 2017). C'est le choix qui a été retenu pour l'assainissement du foyer sur le plateau du Coiron en Ardèche (Alzieu et al., 2019a)

c. Conduite en lots

Pour limiter la contamination intra-cheptel, il est essentiel de conduire le troupeau en deux lots distincts : les séronégatifs et les séropositifs. Cet allotement est important, peu importe la durée prévisionnelle de l'assainissement. (Alzieu et al., 2020). L'allotement sans élimination des malades ne permet pas d'endiguer la maladie, tout comme l'élimination sans allotement. L'association allotement-élimination, couplée à des mesures préventives, est indispensable pour bien gérer la maladie (Alzieu et al., 2019a).

Les saisons estivale et automnale sont cruciales puisqu'elles regroupent la majorité des contaminations (Alzieu et al., 2020). Idéalement, l'entièreté des animaux devraient être examinés et testés par sérologie à leur rentrée à l'étable, pour procéder à un re-allotement si besoin (Álvarez-García et al., 2013; Gutiérrez-Expósito et al., 2017a). Les animaux séropositifs peuvent être facilement identifiés via des boucles auriculaires colorées (Lantuejoul, 2019).

Au pâturage, une distance de 20-25 mètres entre les lots est théoriquement suffisante pour minimiser le risque de transmission (Barros & Foil, 2007; Gollnick et al., 2015). Cependant, les potentiels de dispersion des insectes vecteurs sont de 200 à 300 mètres (Lempereur et al., 2017). La plupart des publications s'accordent sur une distance minimale de 100 ou 200 mètres entre les parcs, et une distance idéale entre 300 et 500 mètres (Barros & Foil, 2007; Lempereur et al., 2017; Lantuejoul, 2019; Alzieu et al., 2020). Cette répartition est contraignante car elle impose un redécoupage des parcelles et l'installation de nouvelles clôtures (Alzieu et al., 2019a). En cas d'éloignement insuffisant entre pâtures, l'installation de doubles clôtures peut être un compromis satisfaisant. Cela empêche les mélanges accidentels entre pâtures voisines (Alzieu et al., 2020). Dans certaines zones, les parcelles disponibles sont peu nombreuses et très morcelées. En atelier lait, la traite biquotidienne limite les possibilités d'éloigner les vaches de la ferme.

Le respect de l'allotement est aussi important en estives. A titre d'exemple, en Isère en 2023, parmi 36 entités pastorales où la besnoitiose n'était pas rédhibitoire à la montée, seulement sept d'entre elles séparaient les bovins séropositifs et séronégatifs lorsque les statuts sanitaires étaient connus (Picq, 2023).

L'allotement doit être maintenu pendant la période à l'étable, qui couvre généralement l'hiver et le début du printemps. L'utilisation de bâtiments séparés est idéale, mais pas toujours possible. Une séparation physique dans un même bâtiment à l'aide de rideaux ou de murs de paille peut abaisser le risque de transmission (Alzieu et al., 2020). Cela peut être contraignant, notamment pour les vaches laitières qui passent à la traite deux fois par jour. Une traite en deux lots peut être proposée aux éleveurs (Lantuejoul, 2019).

La période de contact étroit entre mère et veau jusqu'au sevrage augmente le risque de contamination des jeunes. Un sevrage précoce et un nourrissage artificiel sont recommandés (Hornok et al., 2015; Esteban-Gil et al., 2017). L'isolement des veaux de plus de six mois du reste du troupeau peut être préconisé, pour garantir le statut sain du cheptel de renouvellement (Lantuejoul, 2019). Pour la monte naturelle, il est déconseillé de placer un taureau séropositif avec des vaches séronégatives, et inversement (Álvarez-García et al., 2013; Gazzonis et al., 2017). Même si la transmission par monte naturelle n'est pas prouvée, la période de cohabitation commune dans une même pâture est risquée. Le recours à l'IA peut pallier ce problème (Gazzonis et al., 2017).

d. Élimination des bovins infectés

La stratégie d'assainissement et sa réussite dépendent de la séroprévalence initiale. Plus celle-ci est faible, plus les chances de succès de l'assainissement sont importantes. Plus l'élimination des bovins est lente et tardive, plus les risques de résurgence sont importants. Alzieu compare l'assainissement à une « course contre la montre » (Alzieu et al., 2020). Celui-ci consiste en l'élimination graduelle des bovins infectés, par euthanasie ou réforme à l'abattoir, afin de réduire la séroprévalence intra-cheptel, tout en limitant la propagation au reste du troupeau (Álvarez-García et al., 2013; Gutiérrez-Expósito et al., 2017a). La non-élimination des bovins atteints peut entraîner une hausse de l'incidence annuelle du troupeau allant jusqu'à 89 % (Alzieu et al., 2019a).

En parallèle des éliminations, la mise en place de mesures complémentaires de prévention et de lutte sont indispensables. L'objectif final est de permettre à l'éleveur de retrouver un cheptel sain, tout en minimisant les pertes économiques et zootechniques liées aux réformes (Alzieu et al., 2019a; Alzieu et al., 2020).

- Assainissement en cas de séroprévalence faible

En cas de séroprévalence faible (inférieure à 10 %), l'élimination rapide de tous les bovins séropositifs est recommandée, idéalement dans un délai de six mois, avant la reprise d'activité des insectes. L'engraissement des animaux destinés à l'abattoir est possible, mais doit être bref (quelques mois tout au plus) (Alzieu et al., 2020). Le respect de ces conditions peut entraîner une baisse drastique de l'incidence intra-cheptel, à des niveaux très faibles voire nuls (Hornok et al., 2015; Alzieu et al., 2019a). Le plus parlant peut être la définition d'une date butoir d'élimination, comme ce qui a été fait en Loire Atlantique (limite le 15 avril). La seule exception de délai pouvant être permise concerne les vaches gestantes, qu'il est possible de conserver jusqu'à la mise-bas en les isolant du reste du cheptel (Lantuejoul, 2019).

- Assainissement en cas de séroprévalence intermédiaire

Lors de séroprévalence intermédiaire (entre 10 et 25-30 %), une élimination à court terme des séropositifs est indiquée si elle est bien organisée et rapide (Alzieu et al., 2020). La planification d'un d'assainissement sur le moyen terme, en combinant les stratégies des situations de faible et forte prévalence, est aussi possible. Ce choix est à établir au cas par cas.

- Assainissement en cas de séroprévalence haute : supérieure à 30 %

Lors de séroprévalence élevée (au-delà de 30 %), l'évolution vers une dynamique enzootique est possible (Alzieu et al., 2020). Une élimination simultanée de tous les individus infectés est économiquement inenvisageable, et il faut prendre en compte l'équilibre coût-bénéfice entre élimination et production (Gutiérrez-Expósito et al., 2017a; Alzieu et al., 2019a). L'assainissement se fait à moyen terme, car plus long et complexe. On procède à une élimination progressive, sélective et hiérarchisée des animaux malades sur plusieurs années (Figure 25). En cas de prévalence supérieure à 50 %, ce processus est planifié sur deux à trois années consécutives. Certains éleveurs, par peur d'impacts négatifs sur le troupeau et son économie, s'orientent malgré tout sur un assainissement rapide (Alzieu et al., 2020).

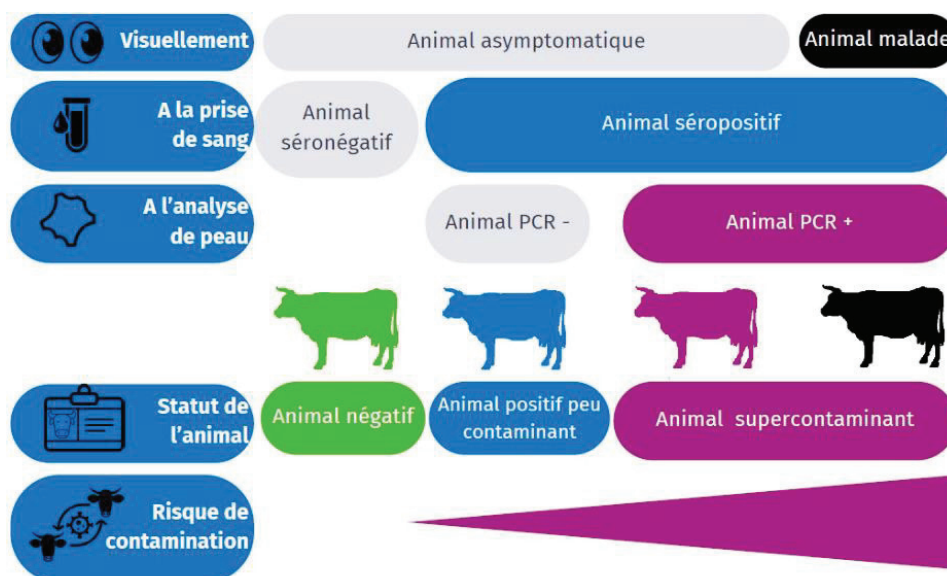


Figure 25 : Hiérarchisation des éliminations en fonction de leur statut vis-à-vis de la brucellose

Source : (GDS Isère, 2024c)

Les animaux présentant ou ayant présentés des signes cliniques, qu'ils soient systémiques ou frustes, doivent être écartés en priorité (Gutiérrez-Expósito et al., 2017a; Alzieu et al., 2020). Les bovins devenus asymptomatiques suite à un traitement médical doivent être réformés lors de cette phase. Les conserver dans le troupeau est une erreur car ils ne sont pas guéris et constituent un réservoir parasitaire (Alzieu et al., 2017a).

Puis l'élimination concerne les bovins subcliniques, porteurs de kystes oculaires ou vulvaires (Gutiérrez-Expósito et al., 2017a; Alzieu et al., 2020). L'inspection clinique de tous les bovins est fastidieuse et chronophage, mais ces animaux représentent un réservoir infectieux important puisque leur derme est riche en kystes à bradyzoïtes (Alzieu et al., 2017a).

La réforme de ces deux premières catégories d'animaux doit être rapide, idéalement dans des délais similaires que l'élimination dans les troupeaux à faible prévalence (Alzieu et al., 2020). La date butoir d'élimination peut être légèrement différée pour valoriser la mise à l'herbe des bêtes concernées, et ainsi limiter les pertes économiques liées à leur abattage (limite fixée au 15 août pour le foyer en Loire Atlantique) (Lantuejoul, 2019).

La réforme des animaux cliniques et porteurs de kystes étant nécessaire mais pas suffisante, il faut ensuite réformer le reste des séropositifs (Gutiérrez-Expósito et al., 2017a; Alzieu et al., 2020). Les séropositifs asymptomatiques constituent la majorité des animaux infectés. En cas de forte prévalence, leur élimination simultanée n'est pas envisageable. Il faut à nouveau hiérarchiser les animaux à écarter (Alzieu et al., 2020). Parmi les animaux asymptomatiques, on observe une grande variabilité individuelle dans le portage parasitaire cutané, et donc dans le rôle de chaque bovin dans la transmission de la maladie (Grisez et al., 2020). Bigalke parle d'individus bons et mauvais donneurs en évoquant la richesse en kystes cutanés des animaux (Bigalke, 1968).

Avant la PCR sur biopsie cutanée, la hiérarchisation des éliminations des asymptomatiques était difficile. Il était parfois recommandé de cibler les bovins aux titres sériques en anticorps élevés (Alzieu et al., 2019a). Mais la corrélation entre la force de la réponse humorale et l'importance de la charge parasitaire est encore discutée dans la littérature (voir II.3). En parallèle, des auteurs conseillaient la réforme des animaux infertiles, notamment en inspectant les taureaux et la qualité de leur sperme avant la période de monte (Gutiérrez-Expósito et al., 2017a).

Depuis peu, la PCR temps réel sur biopsie cutanée a permis l'identification d'une catégorie d'animaux asymptomatiques porteurs d'une charge parasitaire importante, dits « forts contaminateurs », représentant en moyenne 14 % des asymptomatiques d'un troupeau. L'identification puis l'élimination prioritaire de ces « forts contaminateurs », expérimentée entre 2017 et 2019 dans huit élevages en partenariat avec le FRGDS Occitanie, a permis une diminution significative de l'incidence annuelle dans les cheptels concernés (Grisez et al., 2020). La réforme rapide des « forts contaminateurs » est désormais recommandée dans la littérature (Alzieu et al., 2019b; Alzieu et al., 2020). GDS France encourage financièrement les éleveurs à réaliser ces PCR, grâce à l'aide du FMDS d'un montant 200 € pour l'élimination d'un bovin séropositif ayant obtenu un résultat non négatif au test (GDS France, 2025a). Quelques départements promeuvent cette méthode diagnostique, comme le GDS de l'Isère qui majore l'aide FMGDS de 150 € pour chaque réforme de bovin positif à la PCR sur biopsie cutanée (GDS Isère, 2024a).

Il est possible de repeupler progressivement le troupeau en remplaçant les animaux réformés par des bêtes séronégatives, soit par augmentation du taux de renouvellement interne, soit par introduction. Lors d'achats, l'éleveur doit être prudent vis-à-vis du statut sanitaire des animaux qu'il introduit, pour ne pas risquer une nouvelle contamination. Il est primordial de rester vigilant à la santé et productivité de la partie du cheptel présumée saine. Ce monitoring est parfois plus aisé en élevage intensif, dans lequel de nombreux paramètres de production sont accessibles. En modèle extensif, cette surveillance est plus compliquée, d'où l'importance de procéder régulièrement à une inspection des animaux pour détecter les anomalies cliniques (Álvarez-García et al., 2013).

e. Contrôle régulier de la séroprévalence et assainissement

La séroprévalence du cheptel doit être ré-évaluée régulièrement pour adapter le plan de gestion. Un dépistage annuel ou biennuel est recommandé (Alzieu et al., 2019a; Alzieu et al., 2020). Ce contrôle peut concerner uniquement les bovins de plus de six mois dont le statut sérologique est inconnu ou anciennement négatif (Alzieu et al., 2017a).

Il ne faut pas se baser uniquement sur la présence ou l'absence de cas cliniques pour déterminer le statut sanitaire du cheptel. Une absence de cas cliniques peut pousser à croire à tort à un assainissement, et conduire à une remontée progressive de l'incidence si les mesures de contrôle sont abandonnées trop tôt (Alzieu et al., 2015). Des animaux porteurs de kystes peuvent obtenir des résultats faussement négatifs aux tests sérologiques, et mettre en danger leurs congénères en étant à tort considérés comme sains (Gollnick et al., 2018). Cela peut expliquer la résurgence de séropositifs dans les mois suivants la fin de l'abattage de tous les animaux infectés connus du cheptel (Hornok et al., 2015). L'association sérologie - examen clinique (sclère oculaire et vagin en priorité) est préconisée pour mieux détecter ces résultats erronés (García-Lunar et al., 2013; Gutiérrez-Expósito et al., 2015; Esteban-Gil et al., 2017).

Une fois le dernier bovin officiellement infecté éliminé, il est conseillé d'effectuer au moins deux dépistages sérologiques sur l'ensemble du troupeau. Le premier doit avoir lieu dans un délai de six mois à un an après la réforme du dernier animal infecté, et le second après un intervalle équivalent. Les résultats doivent être intégralement négatifs pour pouvoir conclure à l'assainissement du cheptel (Lantuejoul, 2019; Delooz et al., 2021). Le processus d'assainissement étant contraignant techniquement, humainement et économiquement, il est conseillé aux éleveurs de maintenir des mesures préventives strictes après avoir assaini leur élevage, et de réaliser des surveillances sérologiques régulières (Alzieu et al., 2015).

8. Communication entre éleveurs

En saison estivale, les troupeaux voisins de pâtures sont à risque, d'autant plus quand la démarcation entre deux parcelles est fine. La conduite en lots et la distanciation des animaux sains et infectés étant primordiales pour lutter contre la besnoitiose, la communication et la coordination entre éleveurs possédant des parcelles limitrophes sont essentielles pour limiter la propagation entre exploitations (Alzieu et al., 2020).

Après la découverte d'un foyer, des réunions entre éleveurs voisins doivent être organisées (Alzieu et al., 2020). Ces réunions, souvent coorganisées par les GDS locaux, ont pour objectif d'informer les voisins de la situation, sensibiliser sur la maladie, et coordonner une organisation commune locale pour faciliter l'assainissement du foyer. Ces rassemblements sont l'occasion de mener des enquêtes épidémiologiques locales, pouvant aboutir à la découverte de nouvelles contaminations dans le voisinage, parfois dans des élevages présumés sains (Alzieu et al., 2015; Lantuejoul, 2019).

L'assainissement d'un foyer en Loire Atlantique en 2019 en est un bon exemple de l'importance de cette communication. Dans cette région, le parcellaire est très morcelé, avec de nombreuses petites pâtures accolées (8,4 voisins de pâtures en moyenne dans la zone en question). Dans ces conditions, un assainissement individuel sans coordination entre éleveurs locaux est impossible. C'est un plan local d'assainissement collectif qui a permis l'éradication de la maladie dans ce foyer (Lantuejoul, 2019).

La principale difficulté pouvant s'opposer à une communication avec le voisinage est la méconnaissance de la maladie. La besnoitiose a longtemps été considérée comme une maladie honteuse, ce qui peut pousser des exploitants à camoufler leur situation sanitaire (Alzieu et al., 2020). Cela reflète d'autant plus le besoin d'information sur la maladie, afin de favoriser le dialogue entre éleveurs à propos de leur situation sanitaire.

9. Formation et information

Du fait de la quasi-absence de réglementation, l'information et la formation sur la besnoitiose sont primordiales pour garantir une lutte efficace. Les éleveurs sont le public visé en priorité, suivi des vétérinaires et autres acteurs de la filière bovine (Villa et al., 2019). La sensibilisation concerne essentiellement les caractéristiques de la maladie, ses conséquences, les moyens diagnostiques et de gestion disponibles, et l'importance de la lutte.

La Belgique est un bon exemple de cette nécessité de formation. Après la réémergence de la besnoitiose sur le territoire belge en 2018, et avant sa réglementation dans le pays, une campagne d'information nationale a été déployée auprès des éleveurs et vétérinaires. La formation vétérinaire était en partie axée sur le diagnostic de la maladie, afin de faciliter les signalements, ce qui a permis l'identification de nouveaux foyers (Evrard & Quinet, 2020).

En France, l'information des éleveurs se fait principalement via les vétérinaires et les GDS. Beaucoup de GDS possèdent une page explicative dédiée à la besnoitiose sur leur site internet (FRGDS AURA, 2023c; GDS Poitou-Charentes, 2023). Des GDS informent régulièrement leurs adhérents des avancées et actualités locales et nationales liées à la besnoitiose, via des bulletins réguliers (GDS Rhône-Alpes, 2020; GDS Isère, 2024a). Des témoignages écrits et vidéos d'éleveurs sont mis en avant, pour apporter des retours de terrain sur l'impact de la maladie en élevage et la faisabilité des mesures de gestion (FRGDS AURA, 2023b; GDS France, 2024c). Des modules de formations sur la besnoitiose sont proposés par des GDS régionaux et départementaux (FRGDS AURA, 2023a; GDS Allier).

Le degré de connaissance des éleveurs peut influencer sur la réussite de l'assainissement de leur cheptel. Le grand nombre d'asymptomatiques, parfois après traitement médical, pousse des éleveurs à refuser leur abattage, malgré les conséquences zootechniques et économiques potentielles (Gutiérrez-Expósito et al., 2015; Delooz et al., 2021). Dans l'étude de Duboisset, plus de la moitié des éleveurs ardéchois préféraient conserver les animaux ayant reçu un traitement médical malgré le risque de contamination pour le reste du troupeau (Duboisset, 2013). La méconnaissance de la maladie limite aussi le dialogue avec les voisins d'un foyer (Alzieu et al., 2020).

PARTIE 2

PARTIE EXPERIMENTALE

I. Contexte et objectifs de l'enquête

La besnoitiose bovine est une maladie vectorielle émergente évoluant silencieusement en élevages, et plus largement sur les territoires français et européen. Depuis deux décennies, on observe un intérêt croissant pour cette maladie et son contrôle. Les changements climatiques ainsi que la densification des échanges participent activement à son expansion géographique. A cela s'ajoute des conséquences économiques non négligeables pour les élevages atteints, même si difficilement quantifiables. En parallèle, l'absence de réglementation rend sa gestion difficile, car reposant uniquement sur le volontariat des acteurs de la filière d'élevage. Ainsi, ces éléments font de la besnoitiose une problématique et un enjeu d'avenir majeurs pour la filière bovine. Dans ce contexte, les GDS sont un pilier fondamental dans sa surveillance et son contrôle.

J'ai pu constater à l'occasion de mes stages et expériences professionnelles que la connaissance de la besnoitiose et sa perception varient grandement d'un territoire à l'autre. Côté éleveurs, j'ai eu l'occasion d'échanger avec des personnes connaisseuses et/ou intéressées par la maladie, mais j'ai aussi rencontré des exploitants n'ayant pas connaissance de son existence. Côté vétérinaire, j'ai été témoin de l'arrivée de la besnoitiose dans une clientèle rurale, et de l'inquiétude que cette nouvelle a provoqué chez les vétérinaires. En parallèle, plusieurs stages dans des zones où la maladie est déjà implantée, notamment en Isère, m'ont permis d'entrevoir et comprendre la complexité de sa gestion au quotidien, à la fois pour les vétérinaires et les éleveurs.

En 2018, une étude a établi un état des lieux assez complet de la situation épidémiologique à l'échelle nationale, en recensant les mesures mises en place par les GDS entre 2007 et 2017 (Chemouni, 2018). A une échelle plus réduite, plusieurs travaux se sont intéressés à la besnoitiose en région Provence-Alpes-Côte-d'Azur (PACA) depuis les années 2000 (Freudiger, 2008; Fouquet, 2009; Esquerré, 2015). En région Auvergne Rhône-Alpes (AURA), où la besnoitiose est arrivée un peu plus tardivement, les travaux à l'échelle régionale sont moins nombreux. Une étude en 2023 s'est intéressée à l'épidémiologie rétrospective de la besnoitiose en Isère, ce qui a permis d'établir un premier contact avec les GDS de la région (Picq, 2023). Plus récemment, une étude de 2025 a fait état de l'évolution de la prévalence dans les troupeaux laitiers des départements en région AURA, via le dépistage sérologique sur lait de tank, entre 2021 et 2023 (Lahondes et al., 2025).

Dans la continuité de ces travaux, nous nous sommes intéressés à la situation actuelle en besnoitiose dans les régions AURA et PACA, deux régions limitrophes aux visions et objectifs parfois divergents, mais siège de nombreux échanges. Cela a conduit à la réalisation de notre enquête auprès des GDS départementaux de ces deux régions.

L'objectif principal de cette étude était la réalisation d'un état des lieux de la situation épidémiologique, des objectifs et mesures de gestion en place, et de la vision de la besnoitiose par les acteurs locaux. Le but n'était pas de réaliser une étude rétrospective, mais de se concentrer sur la situation actuelle dans notre zone d'étude, sans opposition des deux régions. Notre second objectif était la mise en lien de cet état des lieux avec les caractéristiques de chaque département, et l'identification d'éventuels freins à la lutte contre la besnoitiose.

II. Matériel et méthode

1. Population cible et zone d'étude

Notre étude ciblait les 17 GDS des départements des régions AURA et PACA. Ces deux régions sont limitrophes, et comportent respectivement 12 et 6 départements (Figure 26). Toutefois, les départements de Savoie (73) et Haute Savoie (74) sont regroupés au sein d'un unique GDS commun, le GDS des Savoie. Leurs réponses à notre enquête ont alors été attribuées au territoire résultant de la fusion des départements 73 et 74, appelé dans cette étude le territoire des « Deux Savoie ».

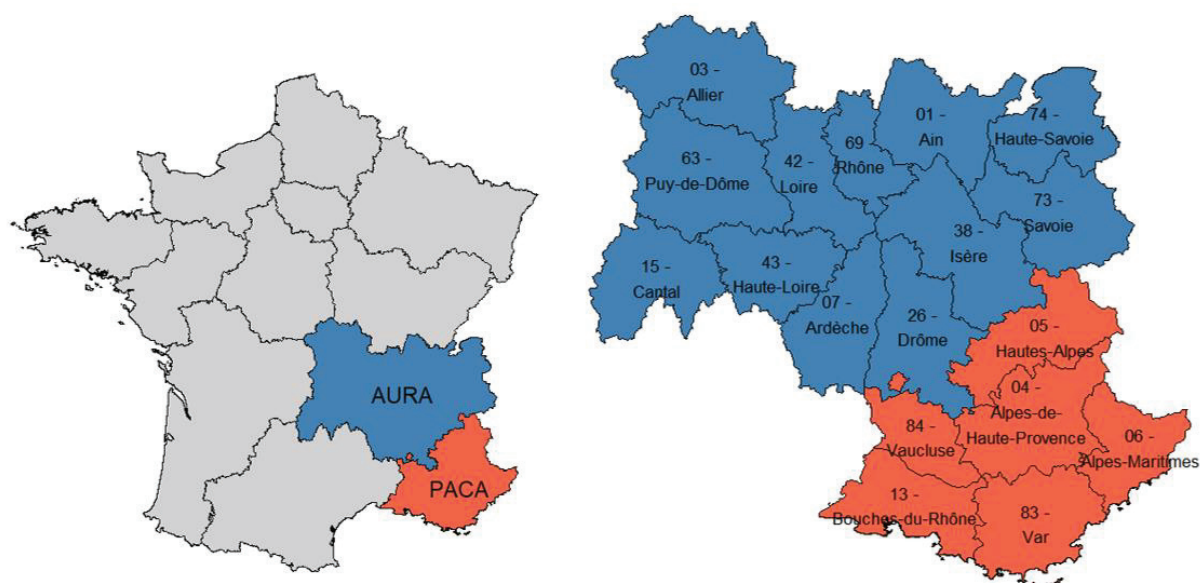


Figure 26 : Localisation des régions cibles (à gauche), et départements des régions cibles (à droite)

Seuls deux GDS n'ont pas répondu à l'enquête : le GDS des Bouches-du-Rhône (13), et le GDS du Var (83). La zone d'étude finale, avec comme unité territoriale le GDS, est représentée sur la Figure 27.

Les cartes de la Figure 28 représentent le nombre de bovins et élevages bovins, ainsi que les ratios laitiers/allaitants pour les bovins et élevages sur chaque territoire. Les densités les plus importantes de bovins étaient situées au nord-ouest de notre zone d'étude, et les territoires étaient majoritairement à dominante allaitante.

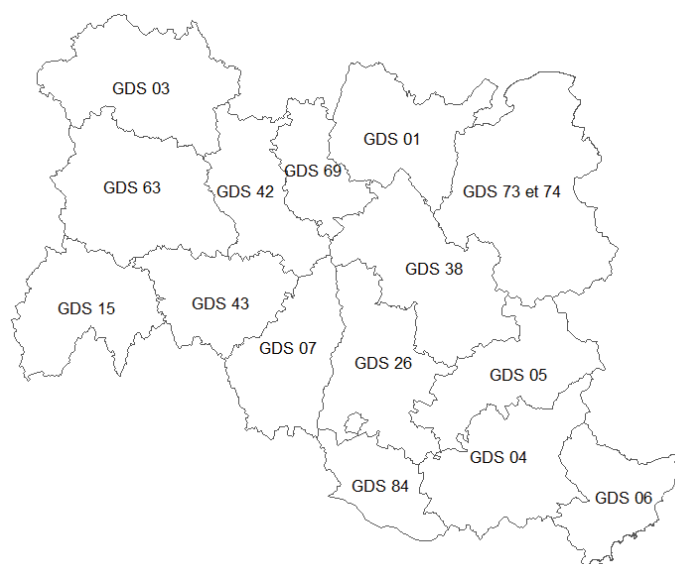


Figure 27 : Cartographie de la zone d'étude

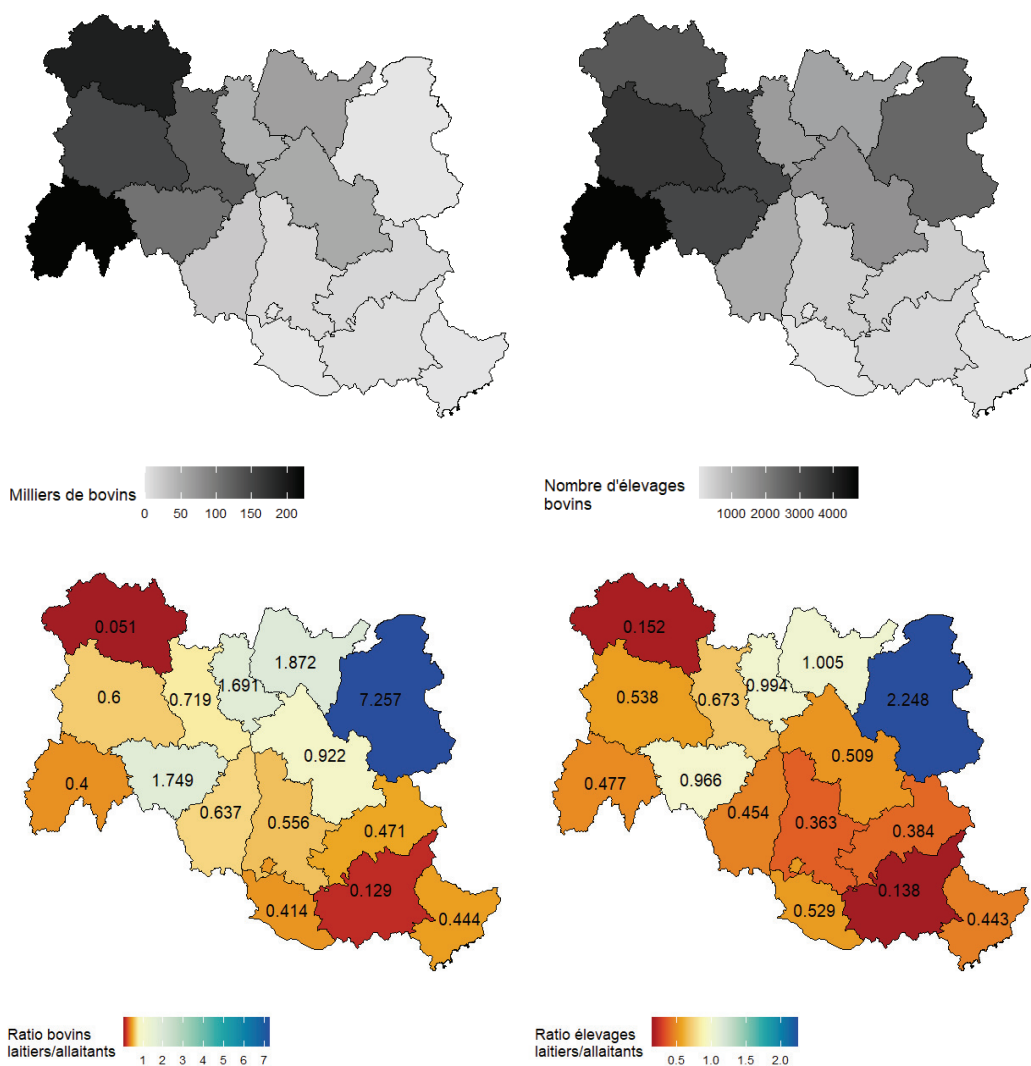


Figure 28 : Cartes du nombre de bovins (en haut à gauche), nombre d'élevages bovins (en haut à droite), du ratio bovins laitiers/allaitants (en bas à gauche), et du ratio élevages laitiers/allaitants (en bas à droite) dans chaque territoire. Source : (Agreste, 2020)

2. Elaboration du questionnaire

Le questionnaire a été élaboré entre septembre 2024 et février 2025. Il a initialement été rédigé sur le logiciel de traitement de texte Microsoft Word (Microsoft Corporation, 2025a), puis codé sur le logiciel d'enquête en ligne LimeSurvey (LimeSurvey Project Team, 2025).

Le questionnaire était divisé en quatre grandes parties :

- PARTIE 1 - Présentation du GDS et de la filière d'élevage du département
- PARTIE 2 - Place de la besnoitiose au sein du département
- PARTIE 3 - Gestion de la besnoitiose bovine au sein du département
 - PARTIE 3.1 – Mesures de surveillance de la besnoitiose
 - PARTIE 3.2 – Mesures de contrôle et d'assainissement de la besnoitiose
 - PARTIE 3.3 – Aspect économique de la besnoitiose
- PARTIE 4 – Perspectives

Le questionnaire comportait un total de 75 questions, dont 37 questions à réponses ouvertes (26 réponses courtes, 11 réponses longues), 17 questions à choix unique, 10 questions à choix multiples, et 11 questions en tableau (8 tableaux simples, 2 tableaux à double-échelle, 1 tableau à texte). 26 questions étaient obligatoires. 17 questions et 3 sous-parties, contenant chacune plusieurs questions, étaient dites « conditionnées » et dépendaient des réponses à des questions dites « conditionnantes » (9 questions). Certaines questions conditionnées se trouvaient dans des sous-parties elles-mêmes déjà conditionnées. Certaines questions possédaient des sous-questions conditionnées.

Le questionnaire est disponible en Annexe 1 de ce manuscrit.

Cette enquête a été approuvée par le Comité d'Éthique Jacques Bonnod de Vetagro Sup en mars 2025 (Numéro Comité d'Éthique : 2521).

3. Récolte des données

La prise de contact a débuté en mars 2025, et la réception des réponses s'est étalée entre fin mars et début septembre 2025. Le contact de chacun des GDS a été établi par téléphone, afin de présenter la thèse, et expliquer les objectifs et modalités de l'enquête. L'appel téléphonique de présentation a fait l'objet d'une prise de note, pour récolter des informations pratiques telles que la personne à recontacter et ses coordonnées, le délai envisagé de réponse, etc. D'autres données concernant le ressenti, la motivation exprimée, l'intérêt porté à l'étude, etc., ont été recensées, ainsi que toute autre information ou questionnement supplémentaires. Ce premier contact a été suivi de l'envoi d'un mail explicatif avec le lien de l'enquête.

En cas d'échecs répétés de contact par voie téléphonique, un contact par mail a été initié lorsque l'adresse mail des GDS était connue. Si nécessaire, des mails ou appels de rappel ont été réalisés dans les semaines qui ont suivi le premier contact. Les répondants avaient la possibilité de poser des questions sur le questionnaire ou ses modalités.

Le temps de réponse au questionnaire était estimé entre 30 et 60 minutes, selon l'investissement du GDS dans la gestion de la besnoitiose. Les répondants avaient la possibilité d'enregistrer et interrompre leur progression à tout moment. Une liste de documents ou données utiles aux réponses avait été établie en amont, et communiquée aux GDS afin de faciliter et optimiser leur réponse à l'enquête.

Malgré plusieurs tentatives de contact, il n'a pas été possible d'obtenir les réponses des GDS des Bouches-du-Rhône (13) et du Var (83). Sur 17 GDS contactés, 15 ont répondu, dont 11/11 en région AURA et 4/6 en région PACA.

Pour compléter les données issues de nos enquêtes, les données relatives au nombre de bovins ou d'exploitations bovines (totales, laitières ou allaitantes) dans les départements concernés par notre zone d'étude ont été extraites du recensement agricole national 2020 enregistré dans la base de données Agreste (Agreste, 2020).

4. Analyse des résultats : outils graphiques et statistiques

Pour l'analyse statistique de nos données, des tests non paramétriques ont été sélectionnés en raison de la petite taille de notre échantillon d'étude (tests de Kruskal-Wallis, de Mann-Whitney, des rangs signés de Wilcoxon, de Kendall, et de Fisher). De plus, comme la petite taille de notre population d'étude limitait la puissance statistique de nos tests, il a été admis d'élargir le seuil de significativité (p-value) de nos tests à 0,1, contre 0,05 classiquement.

La prévalence individuelle a été calculée en utilisant le nombre de bovins positifs connus par les GDS, et le nombre total de bovins dans chaque territoire issu des données Agreste.

Pour fluidifier la description et l'analyse des résultats, des termes ou expressions ont été simplifiés dans les parties qui vont suivre. Ces termes ont été définis comme suit :

- « **Ratio bovins** » : ratio entre le nombre de bovins laitiers et le nombre de bovins allaitants présents sur le territoire ;
- « **Ratio élevages** » : ratio entre le nombre d'élevages bovins laitiers et le nombre d'élevages allaitants sur le territoire ;
- « **Ratio intro** » : ratio entre le nombre de bovins laitiers introduits et le nombre de bovins allaitants introduits sur le territoire ;
- « **Comices** » : désigne tous les rassemblements de bovins comprenant les comices (type foires et salons) et les concours, sauf mention contraire ;
- « **NR** » désigne toutes les réponses non renseignées par les GDS.

Les cartes et les tests statistiques ont été effectués avec le logiciel de statistique R version 4.5.1 (R Core Team, 2025) grâce à l'interface RStudio version 2025.05.1 (Posit Software, PBC, 2025). Les graphiques ont été réalisés via les logiciels R et Microsoft Excel 365 (Microsoft Corporation, 2025b).

III. Résultats de l'enquête

1. Présentation des territoires et de la situation en besnoitiose

a. Importance de la filière bovine et pratiques courantes sur les territoires

Sur les 15 GDS participants à notre enquête, la filière bovine a recueilli des scores d'importance significativement plus faibles que les autres filières de production (test de Kruskal Wallis : $p < 0,0001$), à l'exception de la filière ovine, indiquant ainsi une filière importante dans la zone d'étude (Tableau IV).

Le score d'importance attribué à la filière bovine était fortement corrélé au nombre de bovins et d'élevages sur le territoire présentés sur la Figure 28 (test de Kendall : $p < 0,001$; $\tau = -0,72$), et montrait une notable distinction entre les deux régions de notre zone d'étude.

Parmi les 15 GDS participants à notre enquête, 10 GDS, tous situés en région AURA, ont attribué le score de 1 à la filière bovine, considérant ainsi cette filière comme prioritaire sur leur territoire. En revanche, les 4 GDS situés en région PACA participant à notre enquête faisaient partie des 5 GDS qui ont attribué un score entre 2 et 5, considérant la filière bovine comme non-prioritaire sur leur territoire.

Tableau IV : Classement des filières de production selon leur ordre d'importance par les GDS

	Filières par ordre de priorité dans le département						
	1	2	3	4	5	6	7
01 - AIN	BOVINE	Ovine	Caprine	Apicole	Equine	Aviaire	Porcine
03 - ALLIER	BOVINE	Aviaire	Ovine	Porcine	Caprine	Apicole Equine	
07 - ARDECHE	BOVINE	Ovine	Caprine	Apicole	Porcine Equine		
15 - CANTAL	BOVINE	Ovine	Porcine	Aviaire	Caprine	Equine	Apicole
26 - DROME	Apicole	Ovine	BOVINE	Caprine	Aviaire	Porcine	Aquacole
38 - ISERE	BOVINE	Apicole	Ovine	Caprine	Porcine	Aviaire	
42 - LOIRE	BOVINE	Ovine	Caprine	Aviaire	Porcine	Apicole	Equine
43 - HAUTE LOIRE	BOVINE	Ovine	Porcine	Caprine	Aviaire	Apicole	Aquacole
63 - PUY DE DOME	BOVINE	Ovine	Caprine	Apicole	Aviaire	Porcine	Aquacole
69 - RHONE	BOVINE	Ovine	Caprine	Porcine	Apicole	Aviaire	
73 ET 74 – DEUX SAVOIE	BOVINE	Apicole	Ovine	Caprine	Porcine	Aviaire	
04 - ALPES DE HAUTE PROVENCE	Ovine	BOVINE	Caprine	Apicole	Porcine	Aviaire	Aquacole Equine
05 - HAUTES ALPES	Ovine	BOVINE	Caprine Porcine Apicole	Aviaire	Aquacole		
06 - ALPES MARITIMES	Ovine	Caprine	BOVINE	Porcine	Apicole	Aviaire	
84 - VAUCLUSE	Ovine	Apicole	Aviaire	Caprine	BOVINE	Porcine	

1 = filière la plus importante / 7 = filière la moins importante

Le tableau V détaille le nombre de bovins introduits en élevage dans chaque département annuellement. Ce nombre d'introductions était corrélé positivement au nombre d'élevages sur le territoire (test de Kendall : $p < 0.0001$; $\tau = 0.71$). Les trois départements ayant les plus forts taux d'introduction par élevage étaient l'Isère, l'Ain et l'Ardèche.

Tableau V : Nombre annuel d'introductions de bovins et ratio intro de chaque territoire

GDS	INTRO BOVINS LAITIERS	INTRO BOVINS ALLAITANTS	TOTAL INTRO	INTRO / ELEVAGE LAITIER	INTRO / ELEVAGE ALLAITANT	INTRO / ELEVAGE TOTAL	RATIO INTRO
01 - AIN	2 000	12 000	14 000	3,17	19,14	11,14	0,17
03 - ALLIER	1 292	17 253	18 545	3,54	7,19	6,71	0,07
07 - ARDECHE	650	2 750	3 400	1,98	3,80	3,24	0,24
15 - CANTAL	11 500	34 500	46 000	7,53	10,77	9,73	0,33
26 - DROME	100	1 750	1 850	0,97	6,16	4,78	0,06
38 - ISERE	21 651	22 973	44 624	39,08	21,11	27,18	0,94
42 - LOIRE	18 000	32 000	50 000	14,16	16,94	15,82	0,56
43 - HAUTE LOIRE	NR	NR	13 000	NR	NR	4,10	NR
63 - PUY DE DOME	3 883	12 409	16 292	3,14	5,40	4,60	0,31
69 - RHONE	2 600	7 200 dont 700 dérogatoires ateliers d'engraissement	9 800	3,64	9,04	6,35	0,36
73 ET 74 - DEUX SAVOIE	30 078 (9 410 achats + 20 268 en pension)	19 062 (9 048 achats + 10 014 en pension)	49 140	5,52	11,94	7,50	1,58
04 - ALPES DE HAUTE PROVENCE	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
05 - HAUTES ALPES	1117	2080	3 197	9,63	6,89	7,65	0,54
06 - ALPES MARITIMES	300	600	900	9,68	8,57	8,91	0,50
84 - VAUCLUSE	~ 20	~ 200	~ 220	2,22	11,76	8,46	0,10

De manière générale, les introductions de bovins allaitants étaient majoritaires (ratio intro faibles), à l'exception du territoire des Deux Savoie qui était le territoire le plus laitier de notre étude. Le nombre d'introductions par élevage était significativement plus élevé dans les élevages allaitants (test des rangs signés de Wilcoxon : $p = 0,039$). La différence moyenne était de 2 bovins introduits par élevage supplémentaires en élevage allaitant.

Sur l'ensemble de la zone d'étude, 8 GDS (53 %) étaient d'accord avec l'affirmation « La montée en estives/alpages de bovins est une pratique courante dans les élevages du département » (Q6 SQ03), et considéraient cette activité courante à très courante (Figure 29). Face à l'affirmation « La montée en comices et/ou concours de bovins est une pratique courante dans les élevages du département » (Q6 SQ04), 10 GDS (66 %) ont répondu être « en accord » ou « très en accord ».

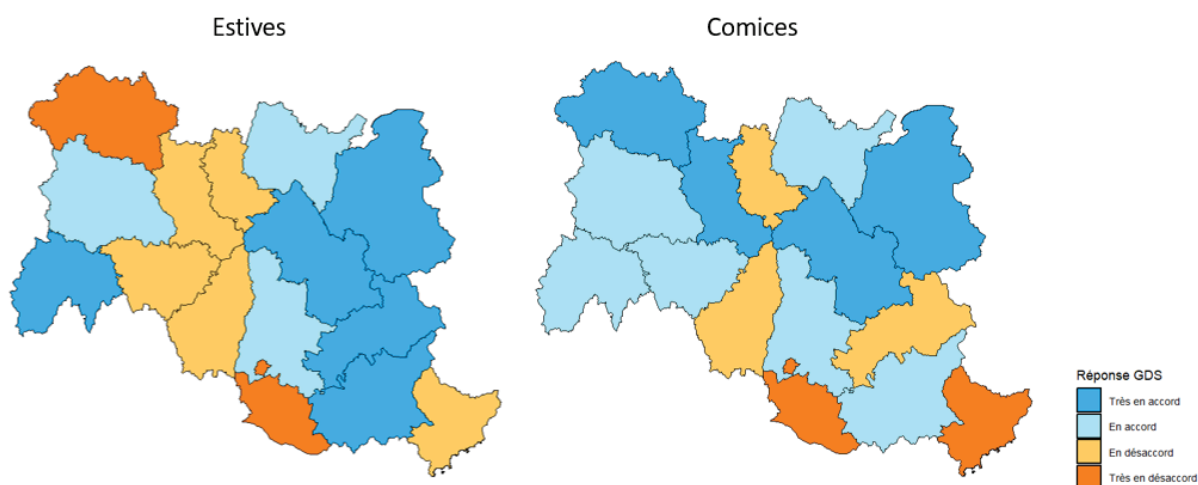


Figure 29 : Ressenti des GDS face aux affirmations « La montée en estives/alpages OU comices et/ou concours de bovins est une pratique courante dans les élevages du département » (Q6 SQ03 et SQ04)

La figure 30 concerne uniquement les GDS d'accord avec l'affirmation « La montée en estives/alpages de bovins est une pratique courante dans les élevages du département » (Q6 SQ03) ayant fourni le nombre de bovins participant aux estives (GDS 01, 05, 15, 26, 38, et 73-74). De manière générale, les bovins allaitants montaient majoritairement en estives, à l'exception de l'Ain et les Deux Savoie, qui étaient les territoires les plus laitiers du département (ratios bovins de 1,872 et 7,257 respectivement, Figure 28). Aucun lien n'a été mis en évidence entre le nombre de bovins montant en estives et nombre total de bovins sur le territoire (test de Kendall : $p = 1$).

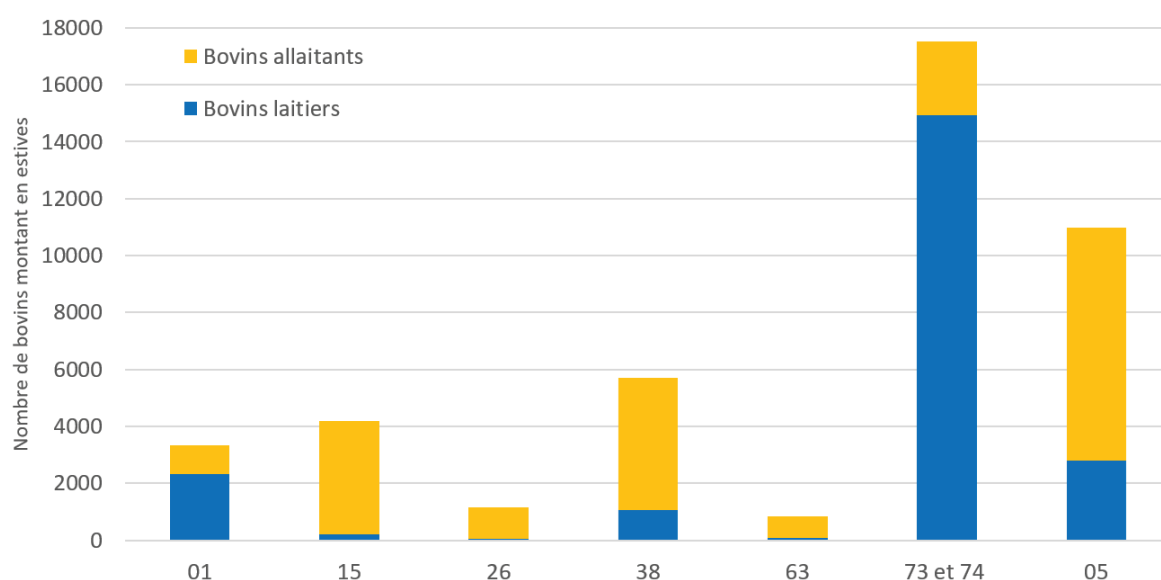


Figure 30 : Nombre de bovins allaitants et laitiers montant en estives chaque année dans les territoires où cette pratique est courante à très courante

b. Dynamique épidémiologique et année d'apparition

Sur les 15 GDS participant à notre enquête, 8 GDS (53 %) ont déclaré que la besnoitiose avait une dynamique enzootique sur leur territoire. Les zones (6 GDS) où la maladie était considérée comme épizootique étaient situées plutôt au nord-est de la zone d'étude, en région AURA (Figure 31). La dynamique de la besnoitiose de la Drôme a été catégorisée comme épizootique, d'après la description du GDS 26 d'une dynamique principalement épizootique sur le territoire, avec quelques secteurs enzootiques à la frontière sud avec la région PACA.

Les dates de découverte de la besnoitiose déclarées par chaque GDS s'étalaient du début des années 2000 à 2017. Au moins 10 GDS ont déclaré être concernés par la besnoitiose depuis 2015 ou avant (11 GDS si on prend en compte le GDS 42).

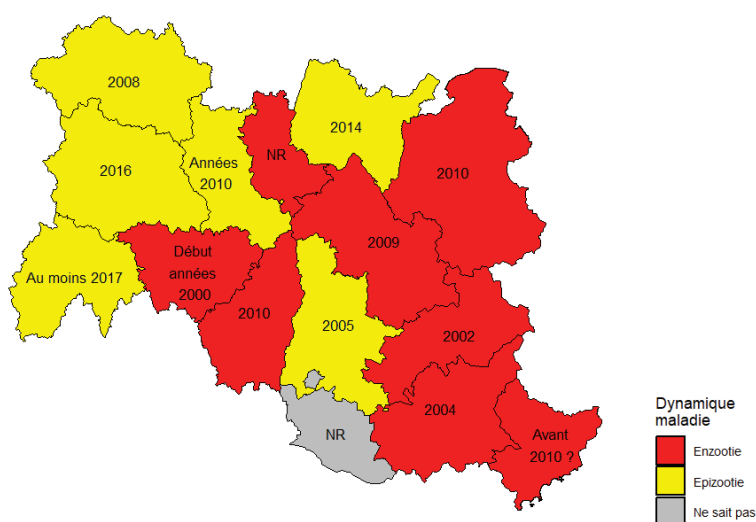


Figure 31 : Dynamique épidémiologique et année de découverte de la besnoitiose sur chaque territoire

La répartition des années de découverte suggérait un lien entre une dynamique enzootique et des dates de découverte de la besnoitiose plus anciennes, et entre une dynamique épizootique et des dates plus récentes (Figure 32). Cependant cette comparaison n'était pas significativement différente (test de Mann-Whitney : $p = 0,11$).

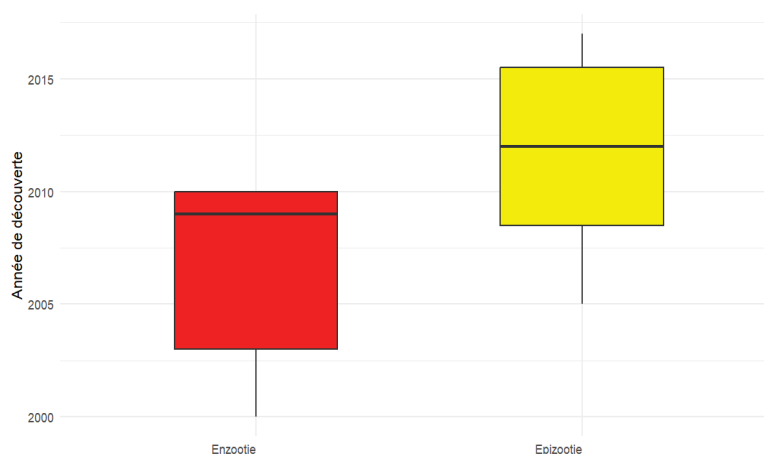


Figure 32 : Répartition des années de découverte de la besnoitiose selon le statut épidémiologique

c. Routes de transmission identifiées par les GDS

La plupart des GDS participants (13/15 GDS soit 87 %) ont identifié l'introduction d'un animal infecté comme étant la route de transmission principale de la besnoitiose entre cheptels. Les autres routes de transmission les plus fréquemment identifiées (Figure 33) étaient, par ordre décroissant, les pâturages collectifs et/ou estives (7 GDS soit 47 %), suivis du voisinage entre élevages et/ou pâtures sains-infectés (5 GDS soit 33 %).

Les regroupements d'animaux tels que les comices étaient rarement identifiés comme étant une source fréquente de transmission (2 GDS soit 13 %). Seuls 3 GDS (20 %) ont déclaré fréquemment ne pas parvenir à identifier les voies de transmission de certains troupeaux (Figure 33).

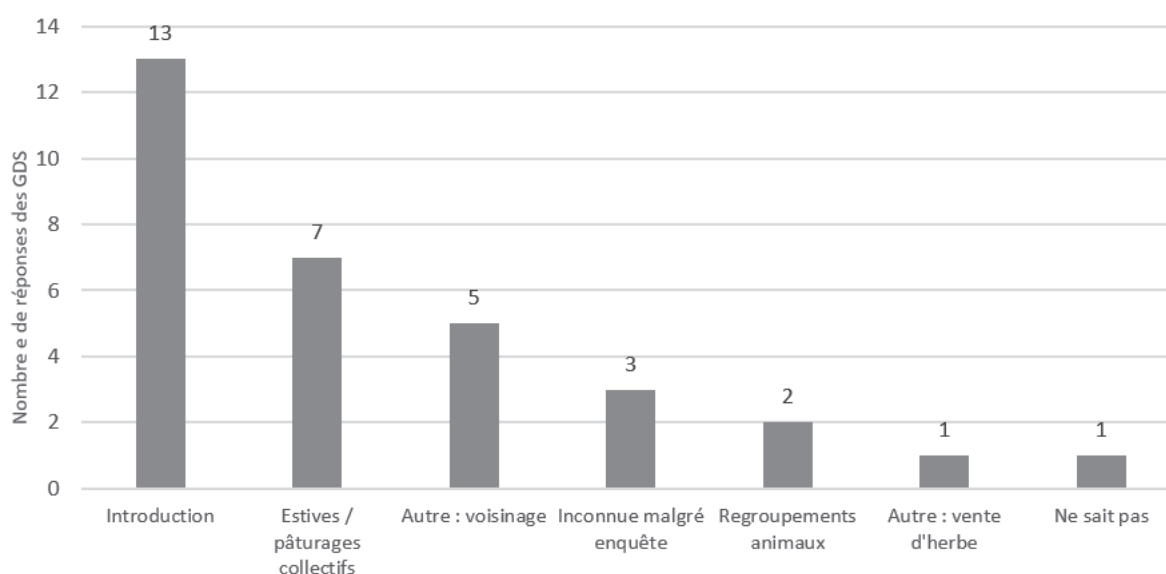


Figure 33 : Routes de transmission de la besnoitiose entre élevages les plus fréquemment identifiées par les GDS

Parmi les 7 GDS ayant identifié les paturages collectifs et/ou estives comme une source fréquente de transmission, 5 GDS ont déclaré l'envoi de leurs bovins en estive comme étant une pratique courante sur leur territoire. A l'inverse, 3 des 8 GDS ayant déclaré l'envoi de leurs bovins en estive comme étant une pratique courante n'ont pas identifié cette pratique comme fréquemment à l'origine de contamination.

d. Prévalence

Sur les 15 GDS participants, 10 (66 %) ont indiqué posséder une base de données ou un fichier de recensement/suivi des cas de besnoitiose. Les GDS ne possédant pas un tel outil étaient les GDS 15, 38, 04, 05 et 84.

Les critères de détection de la besnoitiose par les GDS étaient généralement indiqués comme étant la réception d'un résultat positif d'analyse, ou la détection d'un cas clinique. Alors que 10 GDS ont déclaré se baser sur ces deux critères, 4 GDS ont déclaré utiliser uniquement les résultats d'analyse, et seul le GDS 84 a indiqué se baser uniquement sur la détection de cas cliniques dans les troupeaux.

Sur un même territoire, les prévalences individuelles calculées étaient significativement plus élevées pour les bovins allaitants que pour les bovins laitiers (Figure 34) (test des rangs signés de Wilcoxon : $p < 0,001$). Au niveau élevage, la prévalence déclarée par les GDS pour les élevages allaitants était toujours supérieure ou égale à celle des élevages laitiers (Figure 35). Un tableau récapitulatif des prévalences individuelles et d'élevages est disponible en Annexe 2.

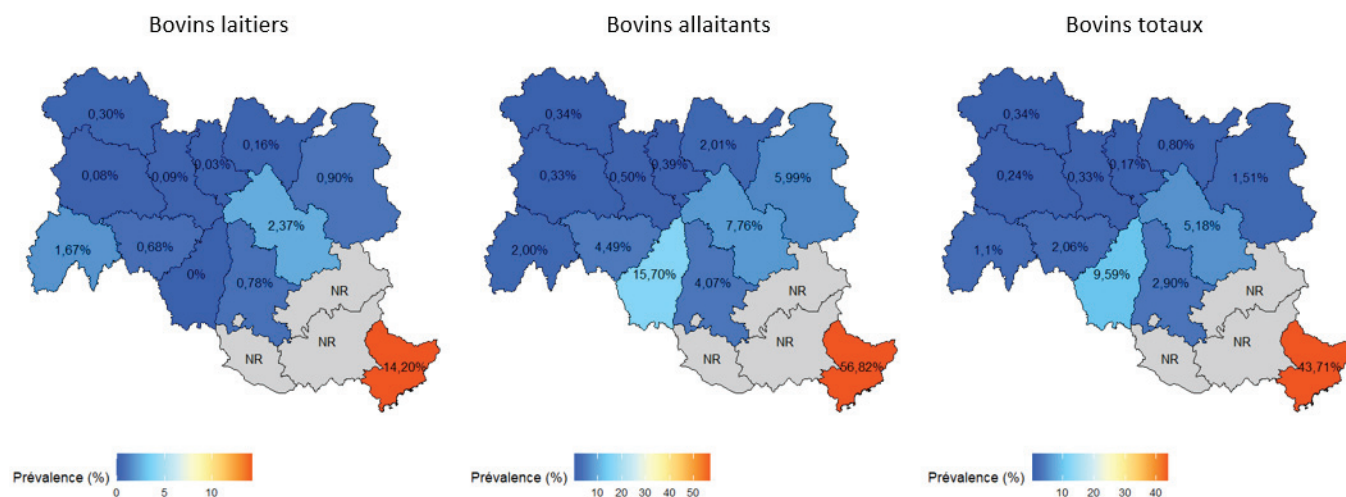


Figure 34 : Prévalence individuelle connue chez les bovins laitiers (à gauche), les bovins allaitants (au milieu), et les bovins totaux (à droite).

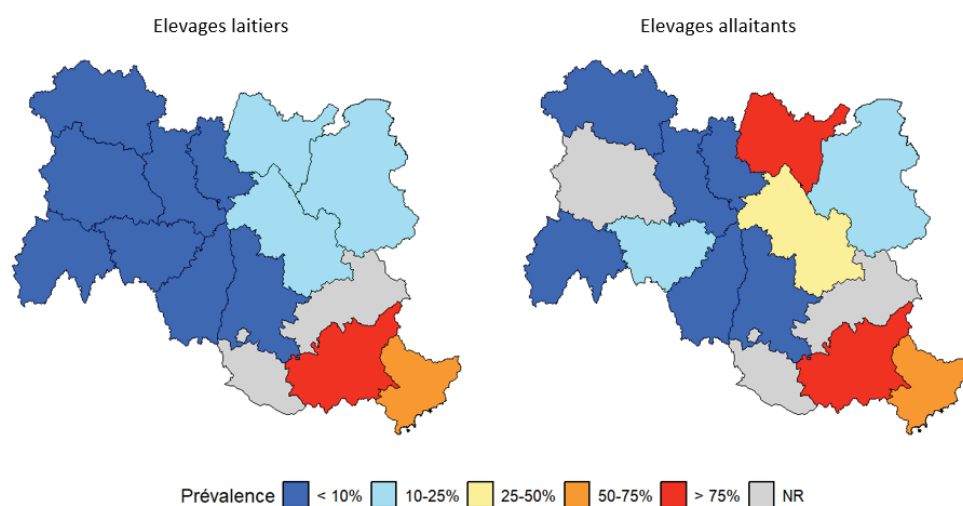


Figure 35 : Prévalence en élevages laitiers (à gauche), et en élevages allaitants (à droite)

Les Figures 34 et 35 semblent montrer un gradient « sud-est / nord-ouest » des prévalences (avec des prévalences plus élevées dans le sud-est de notre zone d'étude), que ce soit à l'échelle individuelle ou à l'échelle de l'élevage. Toutefois, les GDS 06, 07, 15, 26, 38 et 43 présentaient des prévalences individuelles sensiblement supérieures aux prévalences des autres territoires (prévalences totales inférieures à 1 % pour les GDS 01, 03, 42, 63, 69), alors que les prévalences élevages étaient déclarées plus élevées pour les GDS 01, 04, 06, 38, 73-74.

La dynamique épidémiologique semblait liée à la valeur des prévalences. Parmi les 7 GDS en situation d'enzootie pour lesquels les prévalences élevages étaient connues, 5/7 ont déclaré une prévalence supérieure à 10 % en élevages allaitants, et 4/7 en élevages laitiers. Respectivement 5/6 et 4/5 des GDS en épizootie pour lesquels ces données étaient disponibles ont déclaré des prévalences élevages allaitants et laitiers inférieures à 10 %. Néanmoins, ces différences n'étaient pas significatives (test de Fisher : $p = 0,24$ en allaitant ; $p = 0,27$ en laitier). Une tendance similaire était observée pour la prévalence individuelle, sans qu'elle soit significative (test de Mann-Whitney : $p = 0,18$).

Les GDS ayant identifié la filière bovine comme non prioritaire sur leur territoire (score d'importance supérieur à 1) semblaient présenter des prévalences plus élevées. Pour clarifier ce lien, nous avons testé si les prévalences individuelles et élevages étaient corrélées à la réponse des GDS sur le nombre d'introductions et en fonction du type d'élevage. La prévalence individuelle en élevage laitier semblait être positivement corrélée au nombre d'introductions par élevage laitier (test de Kendall : $p = 0,06$; $\tau = 0,45$) tandis qu'aucune corrélation n'a été mise en évidence pour les élevages allaitants ($p > 0,5$). De même, aucune corrélation n'a été identifiée entre le nombre d'introductions par élevage et la prévalence en élevage.

Aucune corrélation n'a été identifiée entre l'importance déclarée des estives et des comices et la prévalence individuelle (test de Mann-Whitney : $p > 0,3$). Cependant, les prévalences élevages semblaient plus souvent supérieures à 10 % dans les zones où ces pratiques étaient courantes (Tableau VI). Cette observation était plus marquée pour les élevages allaitants, mais aucune de ces comparaisons n'était significative (test de Fisher : $p > 0,3$).

Tableau VI : Prévalence élevage selon la pratique des estives et comices sur chaque territoire (Q6 SQ03-04)

Prévalence élevage	ALLAITANT				LAITIER			
	ESTIVES		COMICES		ESTIVES		COMICES	
	Courante	Pas courant	Courant	Pas courant	Courante	Pas courant	Courant	Pas courant
< 10 %	2	4	4	2	3	5	6	2
> 10 %	4	2	5	1	4	1	4	1

De la même façon, aucun lien n'a été mis en évidence entre les prévalences (individuelles ou d'élevages) et le ratio bovin et le ratio élevage de chaque GDS (test de Mann-Whitney : $p > 0,1$). Enfin, aucune corrélation n'a été identifiée entre la prévalence et l'année de découverte de la besnoitiose sur le territoire (test de Kendall : $p > 0,5$).

e. Objectif de gestion des GDS et assainissement

Parmi les 15 GDS participants à notre enquête, 11 GDS ont déclaré avoir un objectif de gestion défini (Figure 36). Parmi ces 11 GDS, seuls 2 GDS (18 %) ont déclaré viser une élimination totale, tandis que les 9 autres ont déclaré se concentrer sur une élimination partielle (réduction globale de l'incidence, ou élimination dans les élevages volontaires). Notamment, les GDS 26 et 42 ont précisé leur réponse comme étant relativement *ad hoc* et arbitraire selon la situation de leur territoire :

- GDS 26 : « Éliminer la maladie dans les élevages volontaires et empêcher sa propagation dans le département » ;
- GDS 42 : « Réduire l'incidence en éliminant la maladie au maximum ».

Les seuls GDS n'ayant pas déclaré avoir d'objectif défini de gestion de la besnoitiose étaient les 4 GDS de la région PACA, pour lesquels la filière bovine n'était pas considérée comme prioritaire sur leur territoire (score d'importance supérieur à 1).

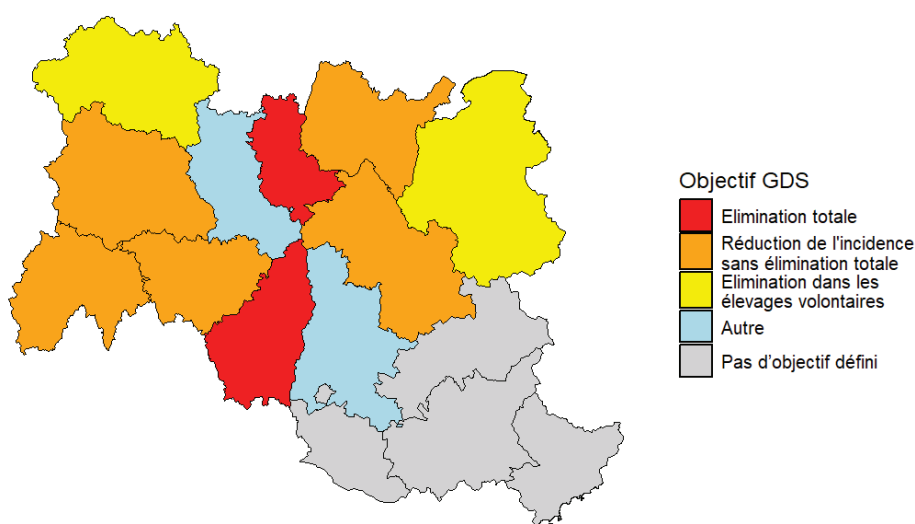


Figure 36 : Carte des objectifs de gestion de la besnoitiose des GDS

Parmi les 15 GDS participants, 10 GDS ont déclaré la détection d'un ou plusieurs animaux séropositifs comme étant le seuil de mise en place de mesures d'assainissement en élevage. En revanche, 2 GDS ont déclaré conseiller d'agir après l'apparition de cas cliniques (1 GDS), ou au-delà de 10 % de prévalence au sein du troupeau (1 GDS). Enfin, 1 GDS a décrit son seuil d'action comme variable selon la situation épidémiologique de l'élevage. Le GDS 84 n'a pas répondu à cette question.

Tous les GDS ayant un objectif de gestion défini ont indiqué avoir mis en place des plans d'assainissement ou de maîtrise de la besnoitiose pour accompagner leurs éleveurs (11/15 GDS, région AURA) tandis que les GDS de PACA ont déclaré ne pas avoir mis en place un tel plan.

Les GDS proposant un plan d'assainissement nous ont fourni le nombre total d'élevages ayant adhéré, et le nombre total d'élevages ayant assaini leur troupeau via ce dispositif. Le GDS 69 a précisé que l'entièreté des élevages s'étant engagés en plan dans le Rhône l'ont fait à l'occasion d'une campagne départementale de dépistage (prophylaxie 2022-2023), et qu'aucun nouvel engagement n'avait eu lieu depuis.

Alors que les proportions déclarées d'élevages en plan, laitiers ou allaitants, ne différaient pas selon la dynamique (épizootique ou enzootique) du département (test de Mann-Whitney : $p > 0,2$), les proportions déclarées d'élevages de bovins allaitants en plan étaient significativement plus élevées que celles d'élevages laitiers en plan (test des rangs signés de Wilcoxon : $p = 0,005$) (Tableau VII).

En revanche, plus la prévalence en élevage était élevée, plus l'écart entre la proportion d'élevages laitiers en plan et celle d'élevages allaitants en plan semblait important (Tableau VII). Les exemples les plus parlants étaient le GDS 01, avec une prévalence en élevage allaitant supérieure à 75 % et une proportion d'élevages allaitants en plan de 3,35 %, ou encore le GDS 38 où la proportion d'élevages allaitants en plan était de 11,31 % pour une prévalence de 25-50 %. Les territoires où cet écart était le plus faible étaient les zones de faible prévalence (0-10 % et 10-25 %). La seule exception était le GDS 07, qui affichait une proportion d'élevages allaitants de 20 %, pour une prévalence théoriquement inférieure à 10 %.

Tableau VII : Proportion d'élevages en plan d'assainissement et prévalence élevage dans chaque territoire

	GDS CONCERNES	ELEVAGES LAITIERS AYANT ADHERE A UN PLAN	PREVALENCE ELEVAGES LAITIERS	ELEVAGES ALLAITANTS AYANT ADHERE A UN PLAN	PREVALENCE ELEVAGES ALLAITANTS
EPIZOOTIE	01 – AIN	1,91 %	10-25 %	3,35 %	> 75 %
	03 – ALLIER	0,27 %	0-10 %	3,00 %	0-10 %
	15 – CANTAL	1,77 %	0-10 %	2,59 %	0-10 %
	26 – DRÔME	5,83 %	0-10 %	7,75 %	0-10 %
	42 – LOIRE	1,18 %	0-10 %	4,61 %	0-10 %
	63 – PUY-DE-DÔME	0,32 %	0-10 %	0,39 %	NR
ENZOOTIE	07 – ARDECHE	3,05 %	0-10 %	20,75 %	0-10 %
	38 – ISERE	4,87 %	10-25 %	11,31 %	25-50 %
	43 – HAUTE LOIRE	1,99 %	0-10 %	6,08 %	10-25 %
	69 – RHÔNE	0,42 %	0-10 %	0,42 %	0-10 %
	73 ET 74 – DEUX SAVOIE	2,00 %	10-25 %	1,98 %	10-25 %

Les taux d'assainissement des élevages en plan étaient très variables (Figure 37) : entre 0 et 100 % pour les élevages laitiers, et entre 0 et 85 % pour les élevages allaitants. Ces taux n'étaient pas significativement différents entre les élevages laitiers et allaitants, et ne variaient pas en fonction de la dynamique épidémiologique du territoire (test de Mann-Whitney : $p > 0,2$).

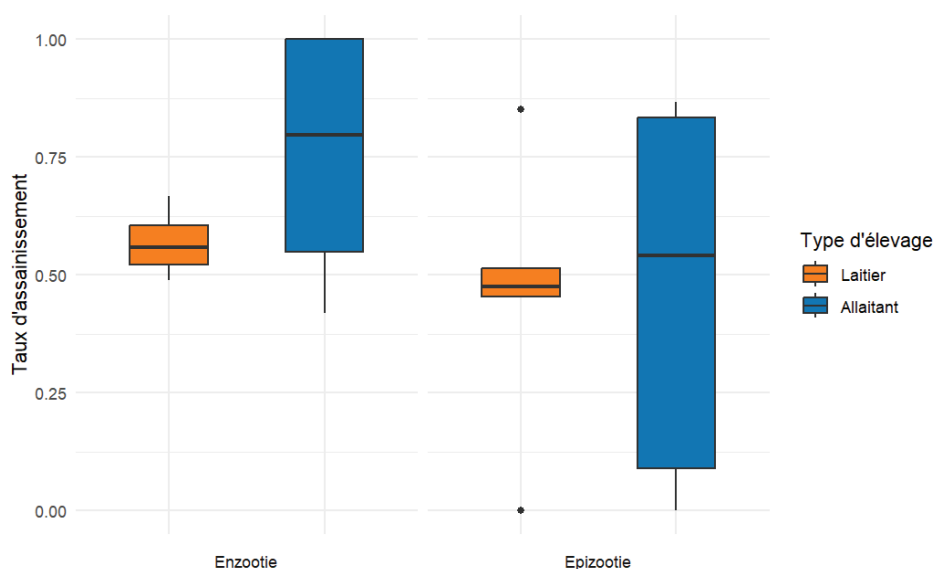


Figure 37 : Taux d'assainissement selon le type d'élevage et la dynamique épidémiologique

Parmi les 15 GDS participants, 12 GDS (80 %) ont indiqué encourager leurs éleveurs, en plan ou non, à établir une collaboration entre les voisins d'un foyer pour parvenir à un assainissement local. Seul 2 GDS ont répondu ne pas recommander une telle collaboration à leurs éleveurs. Le GDS 84 n'a pas répondu à cette question.

En revanche, 3 GDS ont exposé des limites à cette gestion collaborative :

- GDS 15 : « Les élevages cantaliens ont en moyenne une dizaine de voisins de pâture et la contamination se fait principalement par voisinage. La maîtrise de cette maladie est difficile pour un élevage car il est impossible d'engager l'ensemble des voisins dans une démarche volontaire de gestion de la besnoitiose, ce qui entraîne fréquemment des recontaminations au pâturage. » ;
- GDS 01 : « Pas évident de gérer les voisins de pâtures lorsqu'un élevage est bien plombé et qu'il ne veut pas s'assainir » ;
- GDS 63 : « La gestion collective nécessite des compétences en animation, et éventuellement en gestion administrative du foncier. ».

f. Communication des GDS

Les GDS de notre zone d'étude ont déclaré communiquer au sujet de la besnoitiose principalement auprès des éleveurs et des vétérinaires. Selon le mode de communication utilisé, entre 10 et 50 % des GDS adressaient leur contenu aux éleveurs uniquement, et entre 25 et 90 % de ce contenu était destiné aux deux publics. Aucune communication ne s'adressait spécifiquement aux vétérinaires.

Les moyens de communication les plus employés étaient peu variés. Les plus utilisés étaient les newsletters / lettres d'information (12/15 GDS soit 80 %), suivi des pages web dédiées à la maladie (11 GDS soit 73 %), et des formations ou ateliers (10 GDS soit 67 %). Parmi

les GDS participants, 4 GDS ont indiqué communiquer par d'autres biais tels que des articles dans la presse agricole, des réunions au sujet de la maladie (avec le voisinage d'un foyer, ou pour les éleveurs souhaitant entrer en plan), des visites d'exploitations touchées, des actions de sensibilisation lors de l'assemblée générale du GDS, et des journées/formations pour les éleveurs jeunes installés. Certaines de ces communications pouvaient être ciblées, avec l'envoi de documentation à l'éleveur après un dépistage positif dans son cheptel.

Face à l'affirmation « *Les méthodes de communication actuellement employées par le GDS sont efficaces pour améliorer les connaissances et la gestion de la maladie par les acteurs de la filière* » (Q19 SQ12), les ressentis des GDS étaient mitigés. 7 GDS ont répondu être en accord avec cette affirmation, et 8 GDS ont indiqué être en désaccord. Les réponses en désaccord des GDS étaient associées à un nombre de canaux de communication plus faible (entre 0 et 3), tandis que les réponses en accord étaient associées à un panel de moyens de communication plus large (entre 2 et 4).

La majorité des GDS organisant des formations ou ateliers ont indiqué considérer la filière bovine comme prioritaire dans leur territoire (6 des 8 GDS ayant attribué un score d'importance égal à 1). La moitié des GDS organisant ce genre d'évènements étaient en situation enzootique, et l'autre moitié en situation épizootique.

D'après les 10 GDS qui ont répondu, les éleveurs participant le plus souvent aux formations des GDS (Figure 38) étaient principalement voisins d'un foyer (7 GDS soit 70 %), ou propriétaires d'un troupeau infecté durablement (6 GDS soit 60 %). Toutefois, les éleveurs dont le troupeau a été récemment dépisté positif (4 GDS soit 40 %), ceux n'ayant jamais été confronté à la maladie (3 GDS soit 30 %), et ceux ayant déjà assaini leur troupeau (2 GDS soit 20 %) montraient tout de même un intérêt pour ces formations.

Les profils des éleveurs assistant aux formations variaient peu selon la dynamique épidémiologique. La seule différence majeure était la participation des éleveurs n'ayant jamais été confrontés à la besnoitiose, qui n'a été rapportée que par des GDS en zone d'épizootie.

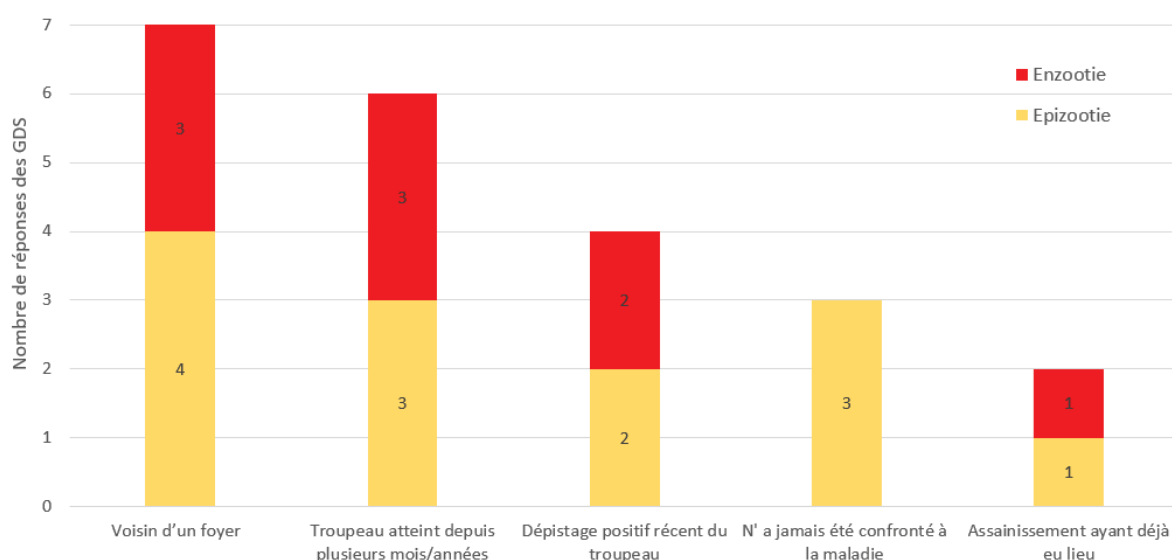


Figure 38 : Statut des éleveurs participant le plus fréquemment aux formations organisées par les GDS

2. Gestion sanitaire de la besnoitiose

a. Surveillance

(1) Mesures en place et statut systématique ou volontaire

Les mesures de dépistage appliquées par les GDS peuvent être classées en deux grandes catégories :

- Dépistage de troupeau ou de « masse » : campagnes de dépistage sur prélèvement sanguin, dépistage sur le lait dans les cheptels laitiers ;
- Dépistage « ponctuel » : suspicion clinique sur un animal, introduction d'un animal dans un troupeau, participation à des estives ou des comices.

Alors que seul le GDS 84 a déclaré ne pratiquer aucune surveillance de la besnoitiose, tous les autres GDS ont déclaré avoir mis en oeuvre *a minima* 2 méthodes de surveillance. Notamment, 11/15 GDS (73 %) pratiquaient au moins 4 méthodes, et 8/15 GDS (53 %) pratiquaient 6 mesures (le maximum proposé) de surveillance (Tableau VIII).

Tableau VIII : Années et statut de mise en place des mesures de surveillance par les GDS

	GDS	INTRODUCTION	COMICES	SUSPICION CLINIQUE	DEPISTAGE SUR LAIT	CAMPAGNES SUR SANG	ESTIVES
EPIZOOTIE	01	2024	2020	Volontaire	2019	2014	2020
	03	2022	2023	Volontaire	2021	2022	NR
	15	2025	2022	Systématique	2022	Au moins 2021	2021
	26	2018	2012	Volontaire	2021	/	2017
	42	2015 / 2020	2018	Volontaire	2018	2015	Années 2020
	63	2023	2021	Volontaire	2021	2016	/
ENZOOTIE	07	2012 / 2020	2014 : Absence SC 2018 : Analyses sérologiques négatives	Volontaire	2018	2010	2022
	38	« Depuis de nombreuses années »	Au moins 2017	Volontaire	2020	2013	Au moins 2017
	43	2017 / 2021	2022	Volontaire	2020	2021	Ne sait pas si pratiqué
	69	2021 ?	~ 2021	Ne sait pas si pratiqué	2019	/	/
	73-74	2019 / 2023	2025	Volontaire	2021	2023-2024	2016
	04	NR	NR	/	/	/	/
	05	2002	2023	Volontaire	/	/	2018
	06	NR	/	Volontaire	/	2021	/
?	84	/	/	/	/	/	/

*En jaune = score d'importance de la filière bovine supérieur à 1 ; En rouge = mesure systématique ;
« / » = mesure non pratiquée par le GDS*

Le nombre de mesures de surveillance mises en oeuvre était plus élevé dans les zones en épizootie (test de Mann-Withney : $p = 0,07$), et dans les territoires où la filière bovine était considérée comme prioritaire ($p = 0,006$). Ce constat est renforcé par le commentaire du GDS 84 : « *[Le Vaucluse étant le] département de PACA ayant le moins de bovins (...) il n'y a aucun plan de surveillance qui ait été mis en place* ».

Dans notre zone d'étude, toutes les méthodes de surveillance étaient mises en oeuvre par au moins la moitié des GDS. Les plus pratiquées (Tableau VIII) étaient toutefois le dépistage à l'introduction d'un animal dans un troupeau (14/15 GDS soit 93 %), le dépistage lors de la participation à un comice (13 GDS soit 87 %), le dépistage à l'occasion d'une suspicion clinique (12 GDS soit 80 %), les campagnes de dépistage sur lait (11 GDS soit 73 %), les campagnes de dépistage sur sang (10 GDS soit 67 %), et le dépistage à l'occasion de participation à des estives (9 GDS soit 60 %). Encore une fois, les GDS ne pratiquant pas la surveillance sur le lait se situaient exclusivement en région PACA.

Les dates de mise en oeuvre des mesures de surveillances variaient peu entre les différentes méthodes en place (Tableau VIII) et la dynamique épidémiologique du territoire. De même, aucune influence de l'importance de la filière bovine sur ce facteur n'a été mise en évidence (test de Mann-Whitney : $p > 0,8$). Les médianes de mise en place se situaient toutes entre 2018 et 2021. Seule la date de mise en oeuvre du dépistage à l'introduction semblait plus précoce dans les territoires où la maladie était enzootique (test de Mann-Withney : $p = 0,082$).

De façon générale, les GDS ont déclaré mettre en place de façon systématique principalement les mesures de dépistage sur le lait (9/11 GDS soit 82 %), le dépistage à l'introduction (10/14 GDS soit 71 %), et le dépistage lors de comices (8/13 GDS soit 67 %). Les mesures les moins souvent mise en oeuvre de façon systématique étaient les campagnes de dépistage sur sang (3/10 GDS soit 30 %), et le dépistage lors de suspicion clinique (1/12 GDS soit 8 %). Aucun GDS n'a déclaré mettre en place de façon systématique les mesures de dépistage pour la participation à des estives (0 GDS).

La répartition entre mesures systématiques et volontaires était comparable entre les GDS en situation d'enzootie et ceux en situation d'épizootie. Toutefois, les campagnes de dépistage sur sang étaient systématiques uniquement dans des GDS en enzootie (Tableau VIII).

Parmi les GDS où les campagnes de dépistage sur sang étaient proposées volontairement, les GDS 38 et 42 ont indiqué avoir réalisé des campagnes de dépistage départementales ponctuelles ayant couvert la quasi-totalité des élevages allaitants (respectivement prophylaxies 2021/2022 puis 2022/2023, et 2021/2022). Les GDS 26 et 69, pour lesquels ce type de dépistage n'était pas disponible en routine, ont également indiqué avoir organisé de telles campagnes ponctuelles en 2022/2023. Ces campagnes ponctuelles, avaient pour but de réaliser un état des lieux complet sur ces territoires. Le GDS 63 a exprimé son souhait d'organiser une telle opération lors de la prophylaxie 2025/2026.

(2) Animaux concernés par le dépistage

Nous avons interrogé les GDS sur les catégories d'animaux dépistés par les différentes méthodes de surveillance (Figure 39). Le seul GDS ayant sélectionné plusieurs réponses pour l'un des dépistage était le GDS 63, à propos des campagnes de dépistage sur sang. Il a indiqué conseiller un dépistage sur les bovins de plus de 6 mois, et/ou provenant de zone à risque, et/ou présentant des signes cliniques évocateurs de la maladie. Aucun GDS ne visait uniquement ces deux dernières catégories de bovins en cas de campagne de dépistage sur sang.

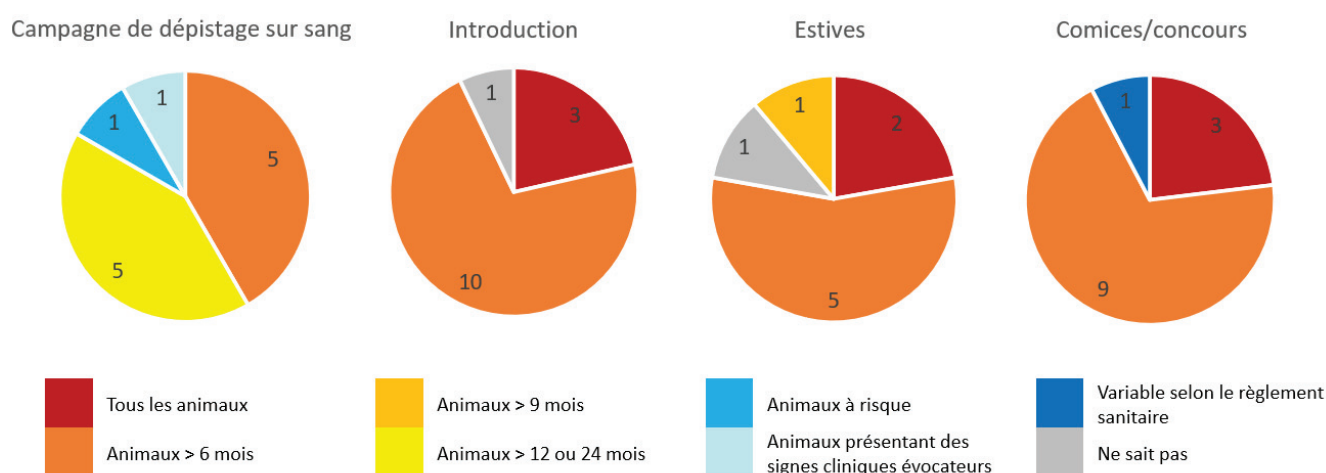


Figure 39 : Catégories d'animaux concernés par chaque mesure de surveillance

D'après les déclarations des GDS, les mesures de surveillance s'appliquaient rarement à l'ensemble des animaux éligibles au dépistage (Figure 39). Selon la méthode de surveillance, entre 41 % et 71 % des GDS (entre 5/12 et 10/14 GDS) conseillaient le dépistage uniquement chez les bovins de plus de 6 mois. Les seules surveillance pour lesquelles des GDS recommandaient le dépistage de l'entièreté des animaux étaient les dépistages à l'introduction, ou pour la participation à des estives ou comices. La surveillance à l'occasion de comices était celle qui rassemblait la plus forte proportion de GDS recommandant un dépistage de tous les animaux (3/13 GDS soit 23 %).

Les animaux dépistés lors des campagnes sur sang étaient principalement des bovins allaitants de plus de 6, 12 ou 24 mois, visés par la prophylaxie réglementaire (par exemple dépistés pour l'IBR dans le GDS 03) (Figure 39). Ce seuil d'âge semblait être variable selon l'engagement de l'élevage dans un plan d'assainissement. Le GDS 38 a précisé qu'en Isère ce seuil était de 6 mois jusqu'à la campagne 2024-2025 exclue, et qu'il concernait depuis les bovins de plus 12 mois.

La totalité des GDS pratiquant la surveillance sur le lait ont indiqué réaliser le dépistage sur lait de grand mélange (LGM), c'est-à-dire sur le lait de tank. Aucun GDS n'a indiqué réaliser ce dépistage sur lait individuel ou lait de petit mélange (LPM).

(3) Fréquence ou période de réalisation des dépistages

La surveillance sur le lait était souvent l'unique méthode de dépistage de masse employée pour les cheptels laitiers. La totalité des GDS réalisait ce dépistage au moins une fois par an, et dans 7/11 GDS (63 %), ce dépistage était au minimum bi-annuel. Le dépistage pouvait même atteindre une fréquence de tous les 2 mois pour les élevages en plan d'assainissement (GDS 26). En cas de dépistage positif sur le lait de tank, ou lors d'engagement en plan des élevages laitiers, les troupeaux laitiers pouvaient bénéficier de campagnes de dépistage sanguin pour compléter le dépistage sur le lait (GDS 07, 38, 43, 63, et 73-74).

La majorité des GDS (7/10 GDS) a déclaré organiser les campagnes de dépistage sur matrice sang une fois par an, généralement couplées à la prophylaxie annuelle dans les élevages allaitants. Cette fréquence pouvait varier à la demande des éleveurs ou vétérinaires en cas de mesure volontaire (GDS 63). Les élevages engagés dans un plan pouvaient être soumis à une obligation de dépistage annuel (GDS 42), tandis que dans le GDS 43, le dépistage lors de la prophylaxie n'était réalisé que tous les deux ans, sauf pour les élevages en plan où il devenait annuel.

Pour le dépistage à l'occasion d'estives, 6/9 GDS (66 %) conseillaient un dépistage de la besnoitiose avant la montée des animaux, mais seulement 2/9 GDS proposaient de réitérer ce dépistage lors de la descente. Le GDS 38 a expliqué que les dépistages en Isère étaient variables : généralement avant la montée, et parfois à la descente. Le GDS 42 a précisé que le dépistage au retour à l'exploitation était systématique, mais pas celui avant la montée car dépendant de l'organisateur de l'estive.

(4) Couverture des mesures de surveillance

Lorsque la surveillance était déclarée comme systématique (toutes mesures confondues), la proportion des élevages ou bovins dépistés était comprise entre 90 et 100 %, à l'exception du taux de dépistage à l'introduction du GDS 06 (inférieur à 20 %) (Tableau IX). Le GDS 06 a justifié ce faible taux de dépistage par le nombre important de dérogations à la prise de sang d'achat sur laquelle est réalisée le dépistage.

En revanche, lorsque les mesures de surveillance étaient volontaires, le taux de dépistage était très variable (Tableau IX). En cas de campagnes volontaires de dépistage sur sang, la proportion d'élevages allaitants dépistés variait de 1 à 90 %, avec une médiane à 6 %. Le GDS 43 a précisé qu'à la campagne 2023/2024, le taux de dépistage des élevages était de 40 %, et qu'il était de 99 % en 2024/2025. Le GDS 07 a expliqué qu'environ un tiers des élevages allaitants étaient dépistés chaque année, permettant de dépister la totalité du département sur 3 ans environ.

Plus de 93 % des élevages laitiers étaient dépistés sur le lait de tank dans l'ensemble des territoires, même si ce dépistage était réalisé sur la base du volontariat. En effet, les deux GDS pour lesquels cette mesure était sur la base du volontariat ont déclaré des taux de dépistage des troupeaux de 96 et 98 % (Tableau IX).

En revanche, en cas de dépistage volontaire à l'introduction, les taux de dépistage étaient faibles (15 % maximum), sans aucune différence entre les taux de dépistage des bovins laitiers et allaitants. Les seules divergences observées (GDS 15 et 06) indiquaient un taux de dépistage discrètement supérieur pour les bovins allaitants (Tableau IX).

Le taux de dépistage en estives (mesure 100 % volontaire) était très variable. Selon les GDS, ce taux variait entre 2 et 100 %, avec une médiane à 53 %. Le GDS 05 a indiqué un taux de dépistage très variable entre les bovins se rendant en estives départementales (environ 5 % de dépistage) ou extra-départementales (100 % de dépistage) (Tableau IX).

Tableau IX : Taux de dépistage pour chacune des mesures de surveillance dans les GDS concernés

	GDS	ELEVAGES <u>ALLAITANTS</u> DEPISTES (%) PAR CAMPAGNE SUR SANG	ELEVAGES <u>LAITIERS</u> DEPISTES (%) PAR CAMPAGNE SUR LAIT	BOVINS INTRODUITS DEPISTES (%)			BOVINS DEPISTES (%) PARTICIPANTS AUX ESTIVES
				TOT	L	A	
EPIZOOTIE	01	1,5 %	100 %	100 %	100 %	100 %	NR
	03	90 %	96 %	100 %	100 %	100 %	2 %
	15	20 %	99 %	15,7 %	6 %	19 %	85 %
	26	/	93 %	100 %	NR	NR	89 %
	42	2 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 % après la descente
	63	1 %	100 %	90 %	90 %	90 %	/
ENZOOTIE	07	40 %	100 %	100 %	NR	NR	NR
	38	6 %	100 %	11 %	NR	NR	40 %
	43	99 %	100 %	100 %	100 %	100 %	/
	69	/	98 %	100 %	100 %	100 %	/
	73-74	100 %	100 % jusqu'en 2022, depuis 2022 uniquement les élevages connus négatifs	100 %	100 %	100 %	53 %
	04	/	/	« Très faible »			/
	05	/	/	~ 5 %	~ 5 %	~ 5 %	~ 5 % estives départementales 100 % estives extra- départementales (38, 73-74)
	06	100 %	/	18,3 %	15 %	20 %	/

*En jaune = score d'importance de la filière bovine supérieur à 1 ; En rouge = mesure systématique ;
« / » = mesure non pratiquée par le GDS*

La dynamique épidémiologique ne semblait pas être associée aux différents taux de dépistage, à l'exception des campagnes de dépistage sur sang. En effet, les taux de dépistage sur sang semblaient modérément plus élevés en zone d'enzootie (test de Mann-Whitney : $p = 0,059$) que pour ceux en zone épizootique.

Les taux de dépistage à l'introduction étaient en revanche significativement plus faibles pour les GDS considérant la filière bovine comme non prioritaire (i.e. score d'importance supérieur à 1) (test de Mann-Whitney : $p < 0,001$) par rapport à ceux considérant la filière bovine comme prioritaire (i.e. score d'importance égal à 1).

b. Mesures de contrôle

(1) Devenir des animaux infectés

Nous nous sommes interrogés sur le devenir des animaux infectés dans notre zone d'étude : sont-ils majoritairement éliminés (par euthanasie ou réforme à l'abattoir) ou traités médicalement ? Les recommandations pour le contrôle de la besnoitiose privilégient l'élimination rapide des animaux infectés, le traitement ne permettant pas d'assainir les bovins malades. La réforme à l'abattoir permet la valorisation économique de la carcasse, contrairement à l'euthanasie, qui entraîne une perte financière.

Sur les 15 GDS participants, 6 GDS (40 %) ont déclaré conseiller l'élimination des bovins infectés uniquement, 4 GDS (27 %) l'élimination associée au traitement médical, 3 GDS (20 %) ; GDS 06, 38, 84) aucune mesure à propos des animaux malades, et 1 GDS (7 %) le traitement médical uniquement. Un GDS (7%) conseillant l'élimination a indiqué ne pas savoir si le traitement médical était également recommandé aux éleveurs.

Au total, 10 des 11 GDS conseillant l'élimination et 4 des 5 GDS conseillant le traitement médical ont estimé que leurs éleveurs appliquaient leur conseil. Parmi les 6 GDS recommandant l'élimination sans conseiller le traitement médical, 1 GDS a indiqué que ce conseil n'était pas appliqué par les éleveurs, et 2 GDS ont constaté que leurs éleveurs avaient tendance à soigner leurs animaux.

Conseiller la réforme ou le traitement des animaux affectés ne semblait pas lié à la dynamique épidémiologique (test de Fisher : $p > 0.1$). Cependant, les GDS ne conseillant pas l'élimination étaient essentiellement des GDS considérant la filière bovine comme non prioritaire sur leur territoire (3/5 GDS).

Face à l'affirmation « *Le traitement médical des animaux pour la besnoitiose est efficace* » (Q64 SQ03), 13 GDS (87 %) ont répondu être en désaccord (6 GDS « très en désaccord » et 7 GDS « en désaccord »). Seul 2 GDS ont répondu être « en accord » avec l'affirmation. Sans surprise, ces 2 GDS recommandaient à leurs éleveurs le traitement médical des animaux malades.

Toutefois, la méthode d'élimination des individus affectés semblait importante. En effet, 13/15 GDS (87 %) ont répondu être d'accord avec l'affirmation « *La réforme à l'abattoir est le devenir principal des animaux infectés* » (Q64 SQ04), dont 10 réponses « très en accord » (Figure 40). Les 2 GDS qui ne conseillaient pas la réforme en désaccord avec cette affirmation (1 GDS « en désaccord », et 1 GDS « très en désaccord ») conseillaient pour l'un uniquement le traitement des animaux affectés, et aucune mesure pour l'autre.

En revanche, seuls 3/15 GDS (20 %) ont déclaré être « en accord » avec l'affirmation « *L'euthanasie est le devenir principal des animaux infectés* » (Q64 SQ05), et faisaient partie des 13 GDS en accord avec l'affirmation similaire concernant la réforme à l'abattoir (Q64 SQ04). Les 12 GDS restants (80 %) ont déclaré être en désaccord avec l'affirmation, dont 7 réponses « très en désaccord » (Figure 40).

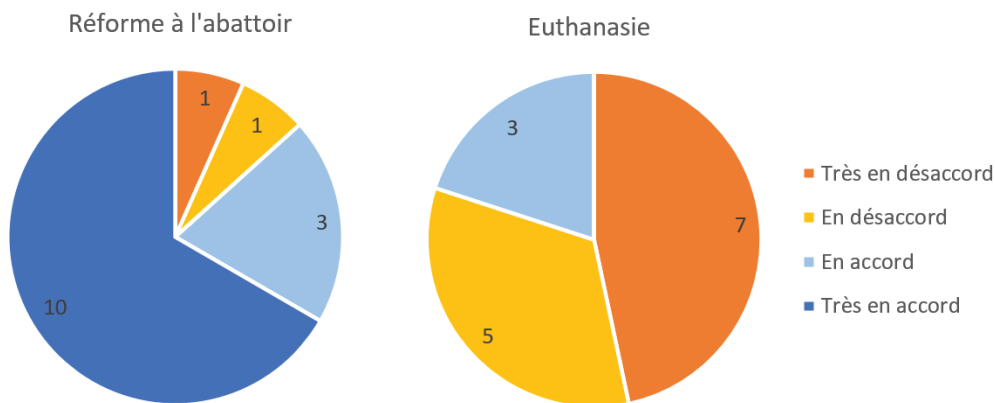


Figure 40 : Ressenti des GDS face aux affirmations « La réforme à l'abattoir / L'euthanasie est le devenir principal des animaux infectés » (Q64 SQ04 et SQ05)

Au final, 12/15 GDS (80 %) ont déclaré considérer la réforme des animaux affectés comme étant une mesure d'importance majeure dans le contrôle de la besnoitiose, alors que 10/15 GDS (67 %) ont déclaré considérer l'importance du traitement médical des animaux atteints comme mineure (Figure 41). Concernant l'élimination, les 3 GDS considérant son importance mineure ou ne sachant par l'évaluer faisaient partie des 4 GDS ne recommandant pas l'élimination à leurs éleveurs. A propos du traitement médical, 3 des 10 GDS considérant cette pratique d'importance mineure la conseillaient à leurs éleveurs, et 1 des 3 GDS ayant répondu ne pas savoir évaluer l'importance du traitement dans le contrôle de la besnoitiose le recommandait aux éleveurs.

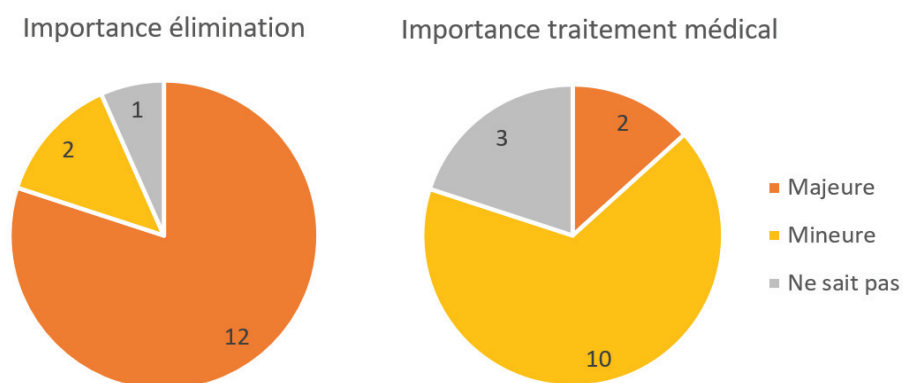


Figure 41 : Importance de l'élimination et du traitement médical selon les GDS

(2) Mesures de contrôle intra-troupeau conseillées et pratiquées

Les mesures pouvant être mises en place à l'échelle du troupeau pour lutter contre la besnoitiose, en dehors de l'élimination des animaux, peuvent être regroupées en deux catégories :

- La conduite de troupeau : gestion des animaux selon leur statut sanitaire ;
- La réduction de la transmission mécanique : mesures d'hygiène (changement d'aiguille entre chaque animal), et lutte anti-vectorielle contre les insectes (chimique ou non).

Les mesures relatives à la conduite de troupeau sont globalement plus conseillées et pratiquées que les mesures de réduction de la transmission mécanique (Figure 42). Tous types de mesures confondus, le nombre de mesures conseillées par les GDS de notre zone d'étude variait entre 1 et 8 mesures, avec une médiane à 5. Le nombre de mesures que les GDS ont indiqué comme pratiquées par les éleveurs de chaque territoire était toujours inférieur ou égal à ces premières valeurs, et variait entre 1 et 5 mesures, avec une médiane à 3.

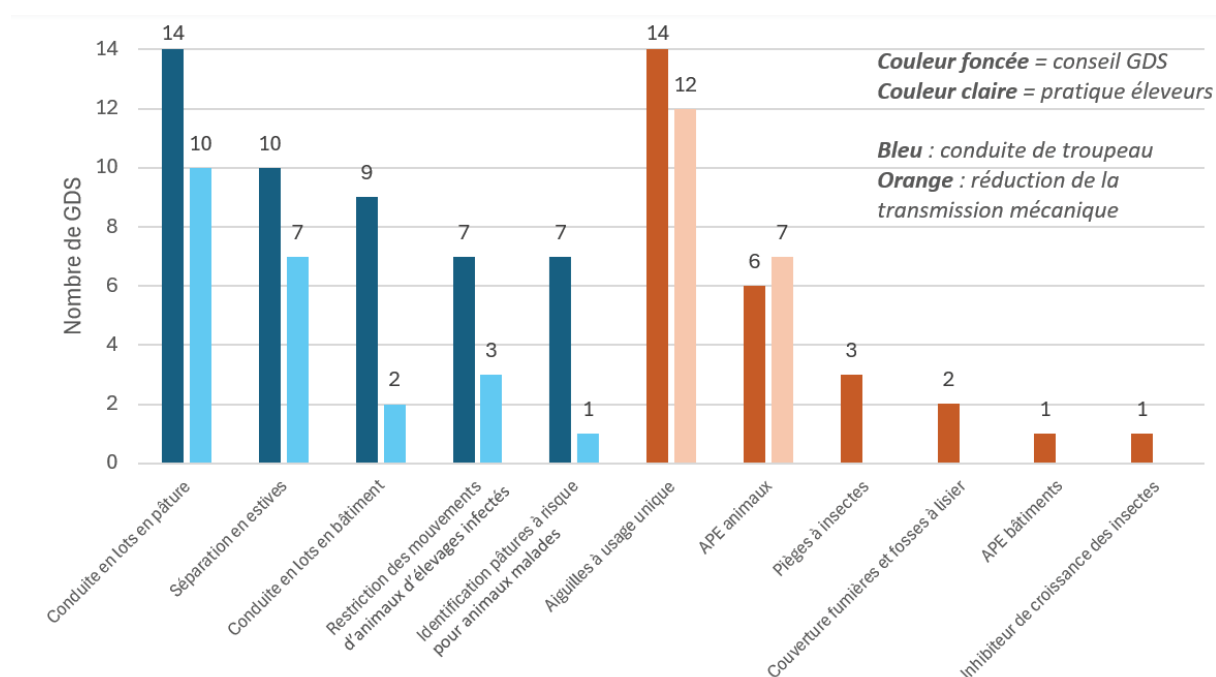


Figure 42 : Mesures de contrôle les plus conseillées par les GDS et pratiquées par les éleveurs

Le nombre de mesures de conduite de troupeau conseillées et pratiquées dans les GDS en situation d'épizootie semblait être sensiblement supérieur aux GDS où la besnoitiose était déclarée comme enzootique, mais cette différence n'était pas significative (test de Mann-Whitney : $p = 0,22$ et $0,27$). De même, les GDS en situation d'épizootie semblaient déclarer le conseil et la mise en œuvre d'un nombre de mesures de réduction de la transmission mécanique plus élevé que les GDS en situation enzootique ($p = 0,078$ et $0,106$) (Figure 43).

De même, le nombre de mesures de conduite de troupeau pratiquées semblait discrètement plus élevé dans les GDS où la filière bovine était considérée comme prioritaire, sans que cette différence soit significative (test de Mann-Whitney : $p = 0,11$). En revanche, le nombre de mesures conseillées, tous types confondus, et la pratique des mesures de réduction de la transmission mécanique n'étaient pas liés à l'importance accordée à la filière bovine ($p > 0,5$).

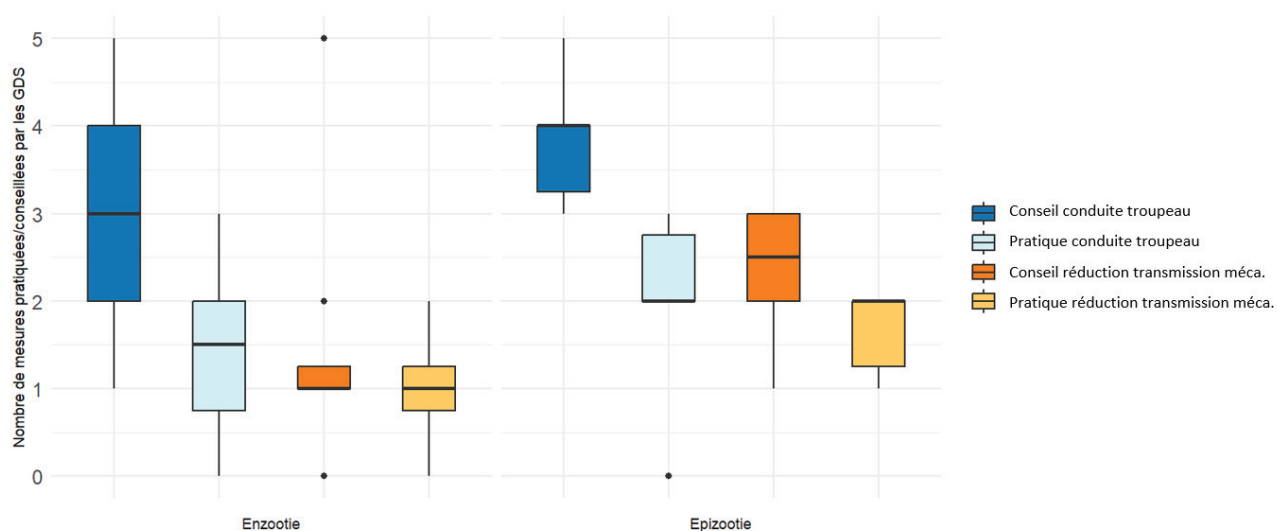


Figure 43 : Nombre de mesures de contrôle conseillées et pratiquées par les GDS selon la dynamique épidémiologique

Concernant la conduite de troupeau (Figure 42), toutes les mesures abordées étaient conseillées par presque la moitié des GDS (7/15 GDS, soit 47 %). Seul le GDS 84 a répondu ne conseiller aucune mesure et n'observer aucune mise en pratique de ces mesures par les éleveurs. Les mesures les plus fréquemment conseillées et pratiquées étaient la conduite en lots en pâture (conseillée par 14/15, pratiquée dans 10 GDS soit 71 %), et la séparation des bovins sains et infectés en estives (conseillée par 10 GDS, pratiquée dans 6 GDS soit 60 %). La conduite en bâtiment, la restriction de mouvements des bovins issus d'élevages infectés et l'identification des pâtures à risque étaient conseillées dans respectivement 9, 7 et 7 GDS, mais relativement peu pratiquées par les éleveurs (respectivement 2 GDS soit 22 %, 3 GDS soit 43 %, et 1 GDS soit 23 %).

Quant aux mesures de réduction de la transmission mécanique (Figure 42), l'utilisation d'aiguilles à usage unique était la recommandation la plus fréquente des GDS (14/15 GDS) et celle déclarée comme la plus pratiquée (12 GDS soit 71 %). L'utilisation d'antiparasitaires externes (APE) sur les animaux était aussi une mesure importante. L'utilisation d'APE était déclarée comme mise en œuvre par les éleveurs dans 7 GDS alors que seul 6 GDS la conseillaient. Parmi ces 7 GDS, 5 GDS ont déclaré que leurs éleveurs suivaient effectivement leur conseil, et 2 GDS ont indiqué que leurs éleveurs avaient spontanément adopté cette pratique sans recommandation de leur part. Le reste des mesures antivectorielles (installation de pièges à insectes, couverture des fumières et fosses à lisier, utilisation d'inhibiteur à insectes, et application de produits antiparasitaires sur les bâtiments d'élevage) étaient en revanche, non seulement très peu conseillées par les GDS, mais aussi non pratiquées par les éleveurs. Seul le GDS 05 a indiqué ne conseiller aucune mesure de réduction de la transmission mécanique à ses éleveurs, et ne constater aucune lutte en ce sens de leur part.

Les mesures considérées comme d'importance majeure par plus de deux tiers des GDS étaient la conduite en lots en pâture, la séparation en estives selon le statut sanitaire, la restriction de mouvements des bovins issus d'élevages atteints, et l'utilisation d'aiguilles à usage unique en élevage. De manière globale, les mesures relatives à la conduite de troupeau étaient généralement considérées comme d'importance majeure. Les mesures relatives à la réduction de la transmission mécanique étaient généralement considérées comme d'importance mineure, en particulier pour les mesures anti-vectorielles (Figure 44).

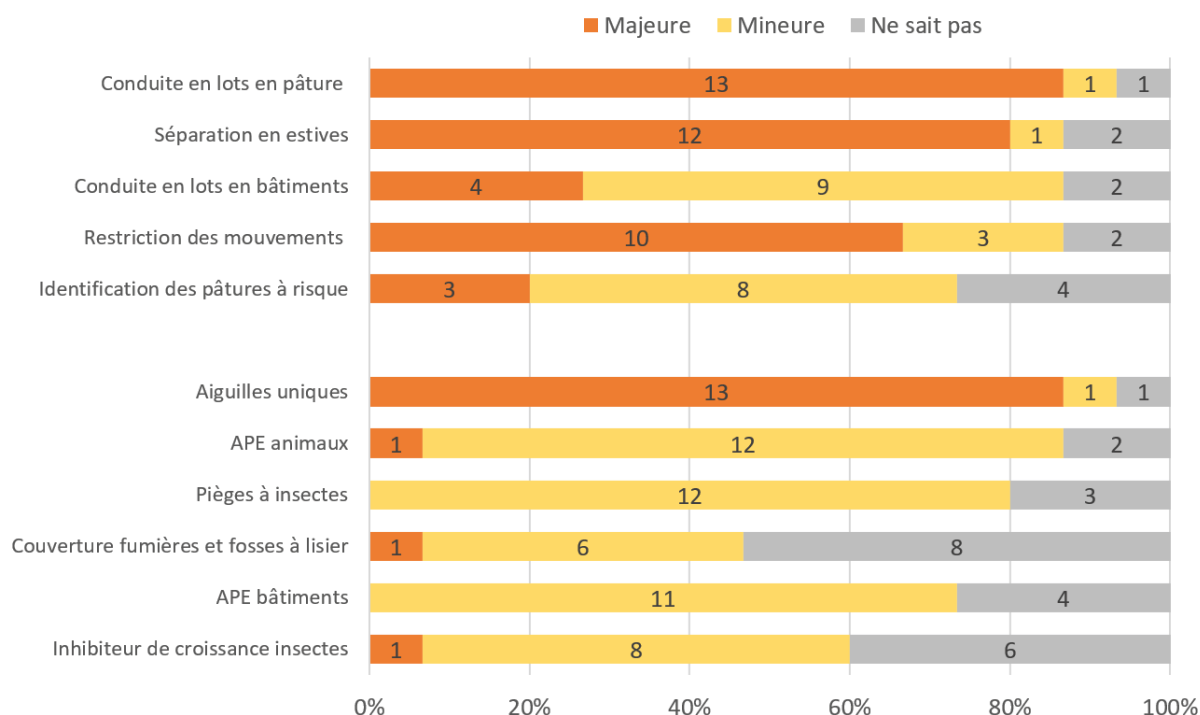


Figure 44 : Importance des mesures de contrôle en élevage de la brucellose selon les GDS

Sans surprise, les GDS conseillaient significativement plus les mesures qu'ils considéraient d'importance majeure, et recommandaient moins celles qu'ils considéraient d'importance mineure ou dont ils ne savaient pas évaluer l'importance (test de Fisher : $p < 0,0001$) (Tableau X).

Cependant, quelques discordances entre le conseil d'une mesure et son importance attribuée par les GDS ont été notées (Figures 42 et 44). La conduite en lots en bâtiment, l'identification des pâtures à risque, et l'application d'APE sur les animaux (recommandées respectivement par 9, 7 et 6 GDS) étaient évaluées comme étant d'importance mineure par respectivement 9, 8 et 12 GDS. A l'inverse, l'importance de la restriction de mouvement était regardée comme étant majeure par 10 GDS, mais seulement recommandée par 7 d'entre eux.

Tableau X : Nombre de mesures de contrôle conseillées selon leur importance perçue par les GDS

	Importance majeure	Importance mineure	Ne sait pas
Conseillée	51	21	2
Non conseillée	7	50	28
Ne sait pas	0	1	5

L'analyse s'est ensuite concentrée plus précisément sur certaines mesures.

- **Conduite en lots**

Parmi les 15 GDS participants à notre enquête, 8 GDS ont indiqué ne pas être d'accord avec l'affirmation « *La conduite en lots est facile à mettre en place en pâture* » (Q64 SQ01). Les GDS où la filière bovine n'était pas prioritaire (score d'importance supérieur à 1) avaient principalement répondu comme tel (4/5 GDS). A l'inverse, 7 GDS ont répondu être « en accord » ou « très en accord » avec cette affirmation. La majorité des GDS considérant la filière bovine comme prioritaire (score d'importance égal à 1) faisaient partie de ces réponses en accord (6/8 GDS) (Figure 45).

Concernant l'affirmation « *La conduite en lots est facile à mettre en place en bâtiment* » (Q64 SQ02), la majorité des GDS ont répondu être en désaccord (7 GDS « en désaccord », 7 GDS « très en désaccord ») (Figure 45).

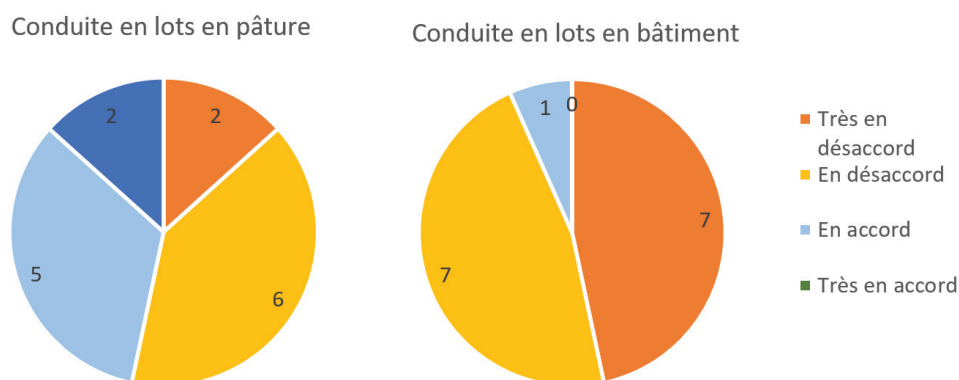


Figure 45 : Ressenti des GDS face aux affirmations « La conduite en lots est facile à mettre en place en pâture / bâtiment » (Q64 SQ01 et SQ02)

Des GDS ont fait une distinction dans la facilité de mise en œuvre de la conduite en lots selon le type de production de l'élevage, en évoquant une difficulté accrue à mis en place en élevage laitier. Néanmoins, nous n'avons pas mis en évidence de différence significative dans les réponses des GDS aux affirmations « *La conduite en lots est facile à mettre en place en pâture / bâtiment* » (Q64 SQ01-02) selon le ratio élevages des territoires (Test de Mann-Whitney : $p > 0,3$).

- **Lutte anti-vectorielle chimique (anti-parasitaires)**

Face à l'affirmation « *La lutte vectorielle chimique (traitements anti parasites des bâtiments ou des animaux) est couteuse à mettre en place pour le contrôle de la besnoitiose* » (Q64 SQ07), la totalité des GDS ont répondu être d'accord (9 GDS « en accord » et 6 GDS « très en accord »).

L'entièreté des GDS participants ont répondu être en désaccord avec l'affirmation « *L'application de traitements anti-parasitaires externes sur les bâtiments est efficace pour le contrôle de la besnoitiose* » (Q64 SQ09) (dont 3 GDS « très en désaccord »). Ce niveau de désaccord a aussi été obtenu pour une affirmation similaire concernant l'efficacité des APE sur les animaux (Q64 SQ08), où seulement 1 GDS a répondu être en accord (Figure 46).

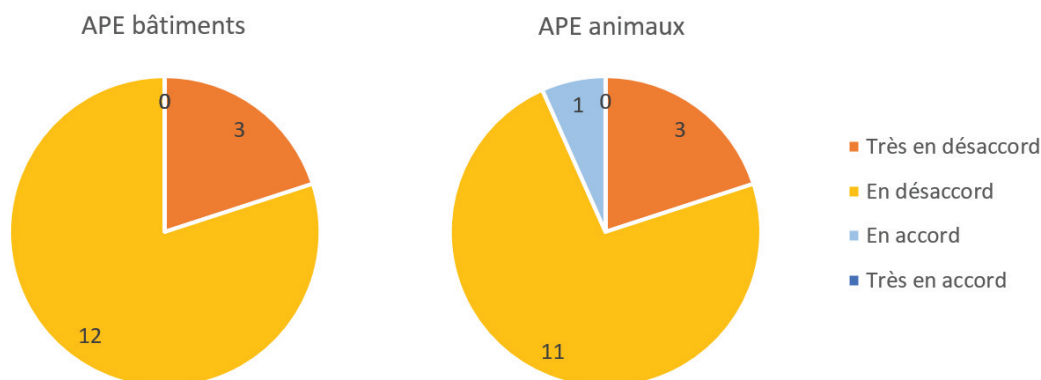


Figure 46 : Ressenti des GDS face aux affirmations « *L'application de traitements anti-parasitaires externes sur les animaux / bâtiments est efficace pour le contrôle de la besnoitiose* » (Q64 SQ08 et SQ09)

• Aiguilles à usage unique

Face à l'affirmation « *L'utilisation d'une aiguille unique pour chaque animal lors de campagnes de vaccinations est facile à mettre en place* » (Q64 SQ06), 6 GDS (40 %) ont répondu être en désaccord (dont 1 réponse « très en désaccord »), et 9 GDS (60 %) ont indiqué être d'accord avec l'affirmation, dont 5 réponses « très en accord ».

Les GDS en situation d'épizootie ont majoritairement répondu être en désaccord avec cette affirmation (5/6 GDS), tandis que les GDS en situation d'enzootie ont principalement indiqué être d'accord avec l'affirmation (8/9 GDS).

• Pièges à insectes

Face à l'affirmation « *La mise en place de piège à insectes est inefficace dans le contrôle de la besnoitiose* » (Q64 SQ10) les GDS ont majoritairement répondu être d'accord avec l'affirmation, avec 9 réponses « en accord » et 2 réponses « très en accord ». Les 4 GDS restant ont indiqué être « en désaccord » avec l'affirmation.

En réponse à l'affirmation « *La mise en place et l'entretien de piège à insectes sont difficiles* » (Q64 SQ11), 13/15 GDS ont répondu être d'accord (10 GDS « en accord » et 3 GDS « très en accord »). Les 2 derniers GDS ont indiqué être « en désaccord » avec l'affirmation.

3. Perception de la besnoitiose par les acteurs de la filière

a. Importance de la besnoitiose pour les GDS

Les scores d'importances attribués par les GDS à la besnoitiose étaient assez hétérogènes, bien que 9 GDS (60 %) aient attribué un score d'importance inférieur ou égal à 3 à la besnoitiose (Tableau XI).

Tableau XI : Classement des maladies non réglementées selon leur rang d'importance par chaque GDS

	GDS	Maladies par ordre d'importance									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EPIZOOTIE	01	IBR	BVD	BESNO.	Néospo.	Paratub.	Fièvre Q	FCO, MHE			
	03	FCO, MHE, IBR, BVD	BESNO., Néospo., Paratub.	Gale ovine, Fièvre Q							
	15	FCO	Anthrax, Charbon asympto.	IBR	MHE	BVD	Paratub.	Fièvre Q	Néospo.	BESNO.	Gale ovine
	26	FCO	BESNO.	Fièvre Q	Paratub.	Néospo.	BVD	Gale ovine			
	42	FCO	IBR	BVD	Néospo.	BESNO.	MHE	Paratub.	Fièvre Q	Gale ovine	Autre (?)
	63		IBR, BVD	BESNO., FCO, Paratub.		Gale ovine, Fièvre Q	Néospo.				MHE
ENZOOTIE	07	BESNO., FCO, IBR, BVD	Néospo., MHE	Paratub., Fièvre Q			Gale ovine				
	38	BESNO.	FCO	MHE	IBR	BVD	Paratub.	Néospo.	Gale ovine	Fièvre Q	
	43	BVD	IBR	BESNO.	Néospo.	Paratub.	FCO	Fièvre Q	Gale ovine		
	69	FCO	IBR	BESNO.	Fièvre Q	Paratub.	Néospo.	BVD			
	73-74	BESNO., FCO, Fièvre Q	Néospo.	Paratub.	BVD	IBR	Gale ovine	MHE			
	04	BVD	IBR	FCO	MHE	Gale ovine	Paratub.	Fièvre Q	BESNO.	Néospo.	
	05	Autre (?)	Gale ovine	BVD	Fièvre Q	FCO, MHE	BESNO.	Paratub.	Néospo.	IBR	
	06	IBR	BVD	Maladies abortives ovines	BESNO.	Gale ovine	FCO	MHE	Fièvre Q	Paratub.	Néospo.
?	84									IBR, BVD	FCO

*En jaune = score d'importance de la filière bovine supérieur à 1 ;
1 = maladie la plus importante / 10 = maladie la moins importante*

Globalement, la distribution des scores ne se distinguait pas des scores attribués aux autres maladies non réglementées. Les scores d'importance attribués à la besnoitiose semblaient toutefois modérément plus faibles (donc montrant une certaine importance) pour les GDS considérant la filière bovine prioritaire (score d'importance égal à 1), que les GDS considérant la filière bovine comme non prioritaire (score d'importance supérieur à 1) (test de Mann-Whitney : $p = 0,082$) (Tableau XI). En revanche, aucun lien n'a été mis en évidence entre la distribution des scores d'importance et la dynamique épidémiologique (test de Mann-Whitney : $p > 0,6$), le ratio élevages (test de Kendall : $p > 0,3$) et la prévalence dans le département ($p > 0,3$).

b. Ressenti des GDS sur la perception des éleveurs

De manière générale, on constate peu de différences entre les ressentis des GDS pour les éleveurs laitiers ou allaitants (Figure 47), à l'exception de leurs ressentis sur l'affirmation « Les éleveurs laitiers/allaitants sont inquiets à propos de la besnoitiose » (Q19 SQ05-06). En effet, 11 GDS ont indiqué être en accord (dont 1 « très en accord ») avec l'affirmation sur l'inquiétude des éleveurs laitiers, contre 7 GDS (dont 1 « très en accord ») pour les éleveurs allaitants. En d'autres termes, les GDS de notre zone d'étude ressentaient une inquiétude plus importante chez les éleveurs laitiers que chez les éleveurs allaitants.

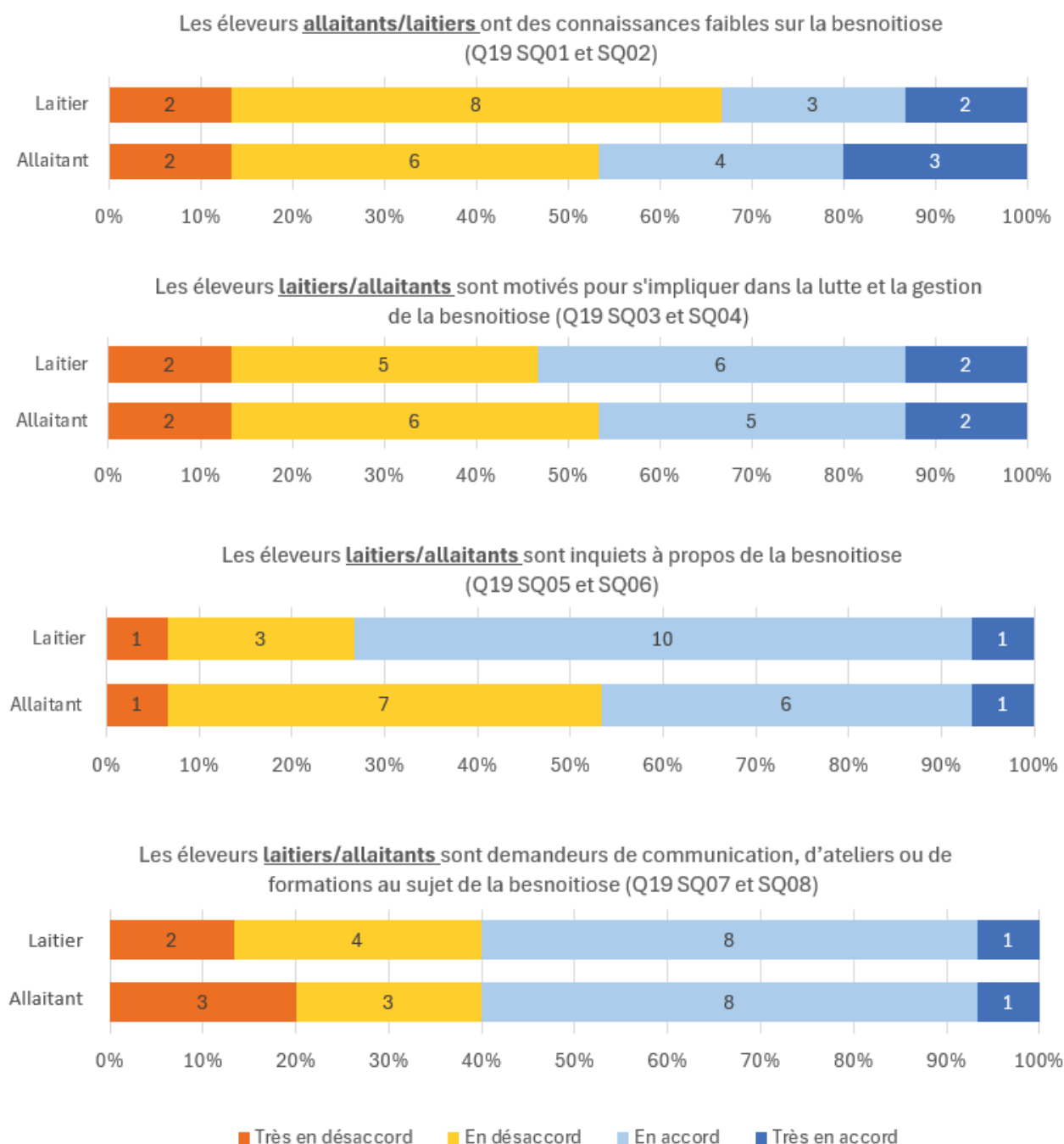


Figure 47 : Ressenti des GDS face aux affirmations Q19 SQ01-SQ02, SQ03-SQ04, SQ05-SQ06, SQ07-SQ08 concernant les éleveurs

Que ce soit à propos des éleveurs laitiers ou allaitants, la majorité des GDS étaient en désaccord avec l'affirmation « *Les éleveurs ont des connaissances faibles sur la besnoitiose* » (Q19 SQ01-02) (10/15 GDS pour les éleveurs laitiers, et 8/15 GDS pour les éleveurs allaitants), ce qui rejoignait les avis majoritairement en accord (9/15 GDS) face à l'affirmation « *Les éleveurs sont demandeurs de communication, d'ateliers ou de formations au sujet de la besnoitiose* » (Q19 SQ07-08). En revanche, ce bon niveau de connaissance et cette volonté de s'informer ne semblaient pas se traduire en action. En effet, le ressenti des GDS était assez mitigé en ce qui concerne l'affirmation « *les éleveurs sont motivés pour s'impliquer dans la lutte et la gestion de la besnoitiose* » (Q19 SQ03-04), avec respectivement 8 GDS (53 %) et 7 GDS (46 %) en accord avec l'affirmation pour les éleveurs laitiers et allaitants (Figure 47).

Ces avis semblaient varier selon la situation épidémiologique et l'importance de la filière bovine sur chaque territoire (Tableau XII), bien que la plupart de ces variations n'étaient pas significatives. La motivation à l'action de gestion (SQ03-04, Tableau XII.B) et la demande de communication de la part des éleveurs (SQ07-08, Tableau XII.D) semblaient être ressenties plus importantes par les GDS considérant la filière bovine comme prioritaire dans leur département, peu importe la filière de production, et plus faibles par les GDS où cette filière était marginale. Néanmoins, seule la différence concernant la demande de communication des éleveurs allaitants était significative (test de Fisher : $p = 0,09$; $p > 0,28$ pour les autres comparaisons). En revanche, le niveau de connaissance des éleveurs (SQ01-02, Tableau XII.A) était majoritairement ressenti comme non faible par les GDS où la filière bovine était marginale, mais cette différence n'était pas significative ($p > 0,28$).

Lorsque la situation épidémiologique était épizootique, les GDS semblaient ressentir une inquiétude (SQ05-06, Tableau XII.C) et une demande de communication (SQ07-08, Tableau XII.D) marquées, avec 4 à 5/6 GDS en accord avec chaque affirmation pour les deux types de production. Cependant, aucune des répartitions des ressentis selon la dynamique n'était significative (test de Fisher : $p > 0,3$). En revanche, les GDS en situation enzootique étaient plus d'avis que les éleveurs possédaient un bon niveau de connaissances par rapport aux GDS en situation d'épizootie (SQ01-02, Tableau XII.A). A nouveau, ces différences n'étaient pas significatives ($p = 0,28$ en allaitant ; $p = 0,24$ en laitier). Enfin, la motivation des éleveurs perçue par les GDS semblait varier selon le type de production (Tableau XII.B). La motivation (SQ03-04, Tableau XII.B) des éleveurs allaitants était perçue comme plus importante dans les zones d'épizootie contrairement aux éleveurs laitiers, et à l'inverse les éleveurs laitiers semblaient plus motivés en situation enzootique contrairement aux éleveurs allaitants. Mais ces différences n'étaient pas significatives ($p > 0,28$).

L'inquiétude des éleveurs (SQ05-06) déclarée par les GDS semblait liée au ressenti des GDS sur l'efficacité de leur communication (Q19 SQ12), que ce soit sur leur population d'éleveurs laitiers (test de Fisher : $p = 0,077$) que sur leur population d'éleveurs allaitants ($p = 0,010$). La majorité des 7 GDS satisfaits de leur communication (en accord avec l'affirmation SQ12) considéraient les éleveurs laitiers et allaitants majoritairement inquiets (respectivement 7/7 et 6/7 GDS). A l'inverse, les 8 GDS non satisfaits de leur communication (en désaccord avec l'affirmation SQ12) considéraient leur éleveurs majoritairement peu inquiets (4/8 GDS pour les éleveurs laitiers, et 7/8 pour les éleveurs allaitants).

Aucun lien n'a été mis en évidence entre les réponses des GDS et le ratio élevages de chaque territoire.

Tableau XII : Ressentis face aux affirmations Q19 SQ01-02 (A), SQ03-04 (B), SQ05-06 (C) et SQ07-08 (D) selon la dynamique épidémiologique et l'importance de la filière bovine

A : Les éleveurs allaitants/laitiers ont des connaissances faibles sur la besnoitiose (Q19 SQ01 et SQ02)

Avis des GDS Q19 SQ01-02 (Connaissances)	ELEVEURS ALLAITANTS				ELEVEURS LAITIERS			
	Enzootie	Epizootie	Score filière bovine = 1	Score filière bovine > 1	Enzootie	Epizootie	Score filière bovine = 1	Score filière bovine > 1
Accord	2	4	6	1	1	3	4	1
Désaccord	6	2	4	4	7	3	6	4

B : Les éleveurs allaitants/laitiers sont motivés pour s'impliquer dans la lutte et la gestion de la besnoitiose (Q19 SQ03 et SQ04)

Avis des GDS Q19 SQ03-04 (Motivation)	ELEVEURS ALLAITANTS				ELEVEURS LAITIERS			
	Enzootie	Epizootie	Score filière bovine = 1	Score filière bovine > 1	Enzootie	Epizootie	Score filière bovine = 1	Score filière bovine > 1
Accord	3	4	6	1	6	2	6	2
Désaccord	5	2	4	4	2	4	4	3

C : Les éleveurs allaitants/laitiers sont inquiets à propos de la besnoitiose (Q19 SQ05 et SQ06)

Avis des GDS Q19 SQ05-06 (Inquiétude)	ELEVEURS ALLAITANTS				ELEVEURS LAITIERS			
	Enzootie	Epizootie	Score filière bovine = 1	Score filière bovine > 1	Enzootie	Epizootie	Score filière bovine = 1	Score filière bovine > 1
Accord	3	4	5	2	6	5	8	3
Désaccord	5	2	5	3	2	1	2	2

D : Les éleveurs allaitants/laitiers sont demandeurs de communication, d'ateliers ou de formations au sujet de la besnoitiose (Q19 SQ07 et SQ08)

Avis des GDS Q19 SQ07-08 (Communication)	ELEVEURS ALLAITANTS				ELEVEURS LAITIERS			
	Enzootie	Epizootie	Score filière bovine = 1	Score filière bovine > 1	Enzootie	Epizootie	Score filière bovine = 1	Score filière bovine > 1
Accord	4	5	8	1	5	4	7	2
Désaccord	4	1	2	4	3	2	3	3

c. Ressenti des GDS sur la perception des vétérinaires

De manière globale, le ressenti des GDS sur la position des vétérinaires était assez tranché (Figure 48). 12 des 15 GDS participants (80 %) ont répondu être en désaccord avec l'affirmation « *Les vétérinaires sont tous impliqués dans la lutte et la gestion de la besnoitiose* » (Q19 SQ09). De plus, 14 des 15 GDS participants (93 %) ont déclaré que les vétérinaires n'étaient pas demandeurs de formation ou de produits de communication sur le sujet (Q19 SQ10). Ces avis ne semblaient pas varier (test de Fisher : $p > 0,5$) en fonction de la dynamique épidémiologique, ou l'importance de la filière bovine.

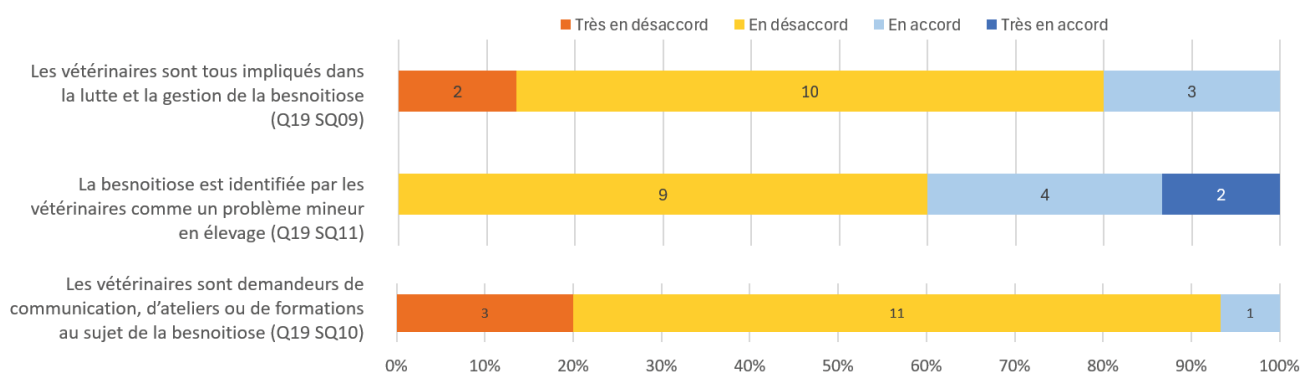


Figure 48 : Ressenti des GDS sur la vision des vétérinaires au sujet de la besnoitiose

Pourtant, face à l'affirmation « *La besnoitiose est identifiée par les vétérinaires comme un problème mineur en élevage* » (Q19 SQ11), 9 des 15 GDS participants (60 %) ont déclaré ne pas être d'accord. Parmi les 6 GDS ayant exprimé un avis favorable, 2 d'entre eux ont répondu être « très en accord » (GDS 69 et 84) (Figure 48).

Les GDS semblaient être d'avis que les vétérinaires identifiaient la besnoitiose comme un problème majeur en élevage lorsque la maladie évoluait depuis longtemps sur le territoire (test de Mann-Whitney : $p = 0,064$), comparativement aux zones où sa détection était plus récente.

d. Impact économique estimé de la besnoitiose en élevage

Parmi les 14 GDS qui ont répondu à cette question, l'impact économique (Figure 49) a été évalué comme plus important pour les élevages fortement infectés (test des rangs signés de Wilcoxon : $p < 0,01$) que pour les élevages faiblement infectés, peu importe la filière de production. En revanche, pour un même niveau de prévalence en élevage, l'impact économique évalué par les GDS ne semblait pas varier selon le type de production des élevages ($p > 0,1$). De même, l'impact économique estimé ne semblait pas varier selon la dynamique épidémiologique, ni l'importance accordée à la filière bovine par les GDS (test de Mann-Whitney : $p > 0,2$).

Quelques GDS ont mentionné des facteurs concomitants pouvant influencer sur l'impact économique dans les troupeaux. La présence d'une co-infection avec la besnoitiose a été décrite par le GDS 42 comme problématique sur leur territoire, et probablement responsable de pertes accrues. La proportion d'animaux asymptomatiques ou cliniques, et le taux de mortalité ont été décrits comme déterminants dans l'impact économique (impact moindre en cas de forte proportion d'asymptomatiques).

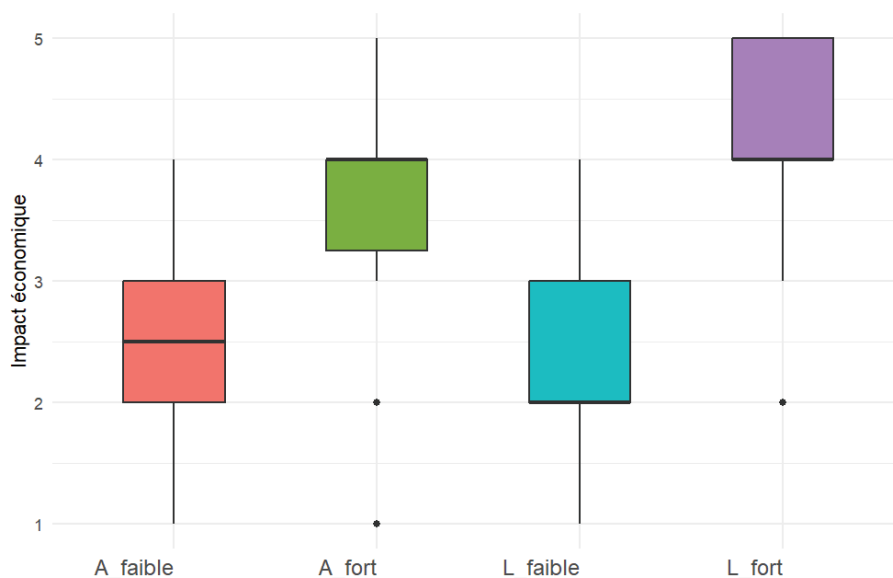


Figure 49 : Répartition des scores d'impact économique attribués par les GDS selon le type de production et le taux d'infection des élevages (1 = perte nulle / 5 = perte maximale)

4. Perspectives et moyens d'appui des GDS

a. Aides financières disponibles

Le coût financier annuel alloué à la besnoitiose déclaré par les GDS est indiqué dans le Tableau XIII. Parmi les 15 GDS participants, 13 GDS ont indiqué les montants approximatifs alloués à la gestion de la besnoitiose. Parmi ces 13 GDS, les montants déclarés étaient très variables, allant de 0 à près de 187 000 €. Un fois ramené au nombre de bovins et d'élevages sur le territoire, les efforts de contrôle et de surveillance de la besnoitiose coutaient en moyenne 0,871 € (minimum 0 € ; maximum 2,75 €) par bovin et 28,30 € (minimum 0 € ; maximum 67,60 €) par élevage.

Aucun lien n'a été établi avec la dynamique épidémiologique sur le territoire (test de Mann-Whitney : $p > 0,1$), mais le coût ramené à l'élevage était significativement plus faible dans les territoires où la filière bovine n'était pas considérée comme prioritaire par rapport à ceux où la filière bovine était prioritaire ($p = 0,037$).

Une tendance négative significative a également été mise en évidence entre le score d'importance attribué à la besnoitiose par les GDS et le montant alloué par bovin et par élevage (test de Kendall : $p = 0,030$ et $\tau = -0,49$ pour le coût/bovin ; $p = 0,014$ et $\tau = -0,56$ pour le coût/élevage).

La majorité du budget annuel était allouée aux mesures de surveillance : 8 des 10 GDS pour lesquels cette donnée est disponible allouaient plus de 50 % de leur budget besnoitiose à la surveillance, dont 5 GDS qui y allouaient plus de 80 % de leur budget (Tableau XIII).

Tableau XIII : Coût annuel de la surveillance et du contrôle de la besnoitiose pour les GDS de la zone d'étude

	GDS	Coût annuel de la surveillance pour le GDS	Coût annuel de la gestion et de l'assainissement pour le GDS	Coût annuel total pour le GDS	Pourcentage du budget destiné à la surveillance	Coût total / bovin	Coût total / élevage
EPIZOOTIE	01	NR	NR	63 090 €	NR	1,009 €	50,19 €
	03	156 410 € (122 010 € prophylaxie, 33 000 € dépistage à l'introduction, 1 400 € dépistage concours)	30 397,18 € (Assainissement)	186 807,18 €	83,7 %	0,970 €	67,59 €
	15	35 500 €	6 000 €	41 500 €	85,5 %	0,185 €	8,78 €
	26	2 200 €	0 €	2 200 €	100 %	0,228 €	5,68 €
	42	~ 40 000 € (Pour « année de routine », car très variable selon les années)	~ 20 000 € (Assainissement)	60 000 €	66,7 %	0,474 €	18,99 €
	63	5 000 €	4 600 €	9 600 € (Prix des analyses, sans les charges fixes liées aux analyses)	52,1 %	0,064 €	2,71 €
ENZOOTIE	07	5 000 €	~ 60 000 €	65 000 €	7,7 %	2,753 €	61,85 €
	38	15 100 €	67 835 €	82 935 €	18,2 %	1,561 €	50,51 €
	43	~ 80 000 € (Prophylaxie 2024-2025 avec dépistage total, VS 31 000 € prophylaxie 2023-2024 avec dépistage ciblé)	0 €	80 000 €	100 %	0,762 €	25,26 €
	69	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	73-74	102 430 €	36 570 €	139 000 €	73,7 %	1,569 €	56,46 €
	04	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	05	0 €	0 €	0 €	/	0 €	0 €
	06	2 000 € (Dépistage introduction) (Prophylaxie prise en charge par le département : 20 000€)	0 €	2 000 €	100 %	1,748 €	19,80 €
?	84	0 €	0 €	0 €	/	0 €	0 €

En jaune = score d'importance de la filière bovine supérieur à 1

Nous nous sommes intéressés plus spécifiquement aux mesures bénéficiant d'un soutien financier. La Figure 50 montre la proportion des territoires offrant une aide financière aux éleveurs parmi ceux où la mesure est mise en œuvre, ainsi que les organismes associés à ce financement. La répartition indiquée correspond à la fréquence de participation des organismes, et non à leur niveau ou montant de contribution.

La majorité des mesures pour lesquelles un soutien financier aux éleveurs était disponible concernait la surveillance de la besnoitiose. Notamment, des aides financières au dépistage sanguin et au dépistage à l'occasion d'estives étaient disponibles dans tous les 10 et 9 GDS (100 %) mettant ces mesures en œuvre. En revanche, des aides financières au dépistage à l'introduction, lors de comices et en cas de suspicion clinique étaient disponibles respectivement dans seulement 10 des 14 GDS (71 %), 8 des 13 GDS (62 %), et 5 des 12 GDS (42 %) où ces mesures étaient mises en œuvre. De plus, un soutien financier pour les éleveurs

était disponible pour le dépistage sur le lait dans 9 des 11 GDS (82 %) ayant mis en œuvre cette mesure.

Concernant les mesures de contrôle, un soutien financier était disponible uniquement pour l'élimination des bovins affectés, dans seulement 10 des 15 GDS (67 %). Dans certains GDS, ce soutien était conditionné par l'adhésion à un plan d'assainissement (GDS 69). Aucune aide n'a été déclarée pour la lutte anti-vectorielle ou d'autres mesures de gestion.

Les aides financières étaient principalement proposées directement par les GDS eux-mêmes, mais aussi par des conseils départementaux (Figure 50). En revanche, les FRGDS n'ont été mentionnés que par 1 seul GDS, afin d'appuyer les éleveurs dans l'élimination des animaux infectés. Pour l'élimination, les organismes « Autre » n'étaient pas détaillés, mais pourraient correspondre à l'aide nationale FMGDS (évoquée par plusieurs GDS en commentaire), non considérée dans notre enquête.

Des soutiens financiers pour permettre aux éleveurs de participer aux formations ou ateliers étaient proposés dans seulement 4 des 8 GDS (50 %) organisant ce type d'événements. Ces aides financières faisaient appel non seulement aux GDS et aux conseils départementaux, mais aussi à d'autres moyen de financement tels que des aides du fonds d'assurance formation Vivéa (1 GDS). Un GDS a mentionné la gratuité de participation pour les éleveurs, sans donner plus de détail.

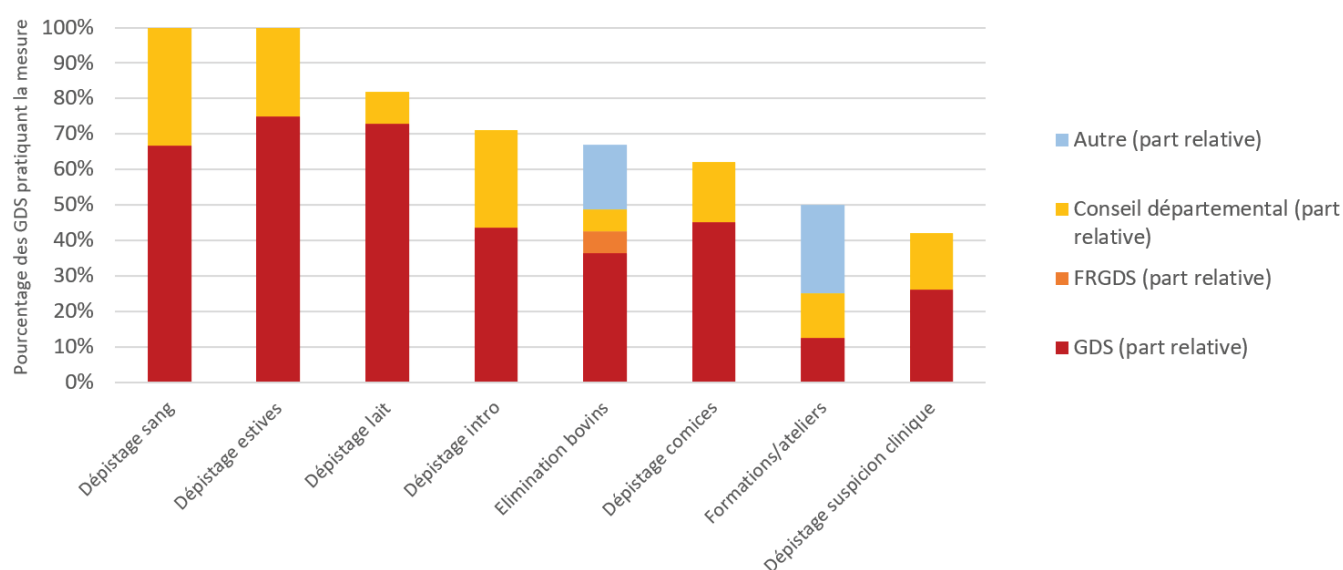


Figure 50 : Proportion des GDS proposant des aides financières lorsque la mesure est disponible sur leur territoire et organismes rattachés

b. Partenaires extérieurs

Les GDS ont indiqué collaborer avec des organismes extérieurs pour adapter les stratégies de gestion de la besnoitiose à leur territoire. Les collaborations se faisaient principalement avec les différents échelons des GDS : le FRGDS régional (14/15 GDS), les GDS voisins (12 GDS), et GDS France (10 GDS). Les GTV ont été identifiés comme partenaires de 8 GDS. Le GDS 03 a également mentionné une collaboration avec le laboratoire de biologie médicale Eurofins.

Le nombre de collaborations par les GDS avec ces organismes variait de 0 à 5, avec une médiane à 3. Ce nombre de collaborations avait tendance à être plus élevé pour les GDS en zone d'épizootie (test de Mann-Whitney : $p = 0,084$) que pour ceux en zone enzootique, et, dans la moindre mesure, pour les GDS considérant la filière bovine comme prioritaire ($p = 0,12$) par rapport aux GDS pour lesquels cette filière n'était pas prioritaire.

c. Mesures annexes à la surveillance

En parallèle de l'application de ces surveillances, nous nous sommes interrogés sur des mesures connexes pouvant inciter les éleveurs à s'intéresser et s'investir dans la lutte contre la besnoitiose.

- **Introduction d'animaux en élevage**

Parmi les GDS pratiquant le dépistage à l'introduction, seul le GDS 05 ne proposait pas à ses éleveurs de « kit intro » comprenant la besnoitiose. Ce n'est donc pas surprenant que ce GDS présente un taux de dépistage à l'introduction fortement inférieur au reste des GDS (Tableau IX).

14 GDS ont déclaré que l'utilisation des billets de garantie conventionnelle par les éleveurs (comportant ou non la besnoitiose dans les maladies concernées) était nulle ou faible, et seul le GDS 15 a déclaré que ses éleveurs les utilisaient de plus en plus. Le GDS 84 n'a répondu à cette question.

- **Participation à des estives**

Parmi les GDS pratiquant le dépistage à l'occasion d'estives, seuls 3/15 GDS (GDS 38, 42 et 73-74) ont indiqué proposer à leurs éleveurs un « kit alpage » comprenant la besnoitiose. En revanche, les taux de dépistage en estives des GDS proposant un kit n'étaient pas significativement différents de ceux qui ne proposaient pas de kit de dépistage (test de Mann-Whitney : $p > 0,6$) (Tableau IX).

d. Nouvelles mesures envisagées et limites à leur mise en place

Plusieurs GDS ont exprimé le souhait de mettre en place des mesures supplémentaires. Les points d'amélioration envisagés se déclinaient en quatre thèmes principaux :

- **Mesures de surveillance** : obligation de dépistage dans tous les élevages du département (souhait du GDS 07) ; amélioration de la surveillance des cheptels allaitants lors de la prophylaxie (projet du GDS 69, où les campagnes régulières de dépistage n'étaient pas pratiquées) ;
- **Élimination des animaux positifs** : amélioration de la priorisation des réformes grâce à la PCR sur biopsie cutanée (questionnement du GDS 63) ; développement de leviers pour inciter les éleveurs à l'élimination et la réforme (souhait du GDS 69) ;

- **Collaboration interdépartementale lors d'échanges d'animaux** : meilleure gestion des mélanges d'animaux en estives et pâturages entre départements limitrophes (projet du GDS 07) ; amélioration de l'accompagnement des génisses placées en pension dans des départements où la besnoitiose est plus présente et la lutte moins importante (projet du GDS 73-74) ;
- **Gestion du pâturage et du parcellaire** : amélioration du suivi du pâturage pour identifier les lieux ou périodes à risque et ainsi réserver ces endroits aux animaux positifs (souhait du GDS 15) ; tests de réorganisation du parcellaire dans plusieurs communes (projet en cours du GDS 63, en collaboration avec le conseil départemental).

Les GDS 04, 05, 06 et 84 GDS ont répondu ne pas souhaiter mettre en place de mesures supplémentaires de lutte contre la besnoitiose. Ces GDS faisaient partie des 5 GDS considérant la filière bovine comme non prioritaire sur leur territoire (score d'importance supérieur à 1).

Pour comprendre pourquoi les mesures (ou actions) supplémentaires proposées par les GDS pour lutter contre la besnoitiose n'ont pas été déjà mis en œuvre, nous les avons interrogés sur les contraintes à leur mise en place (Figure 51). Les raisons principales évoquées étaient le coût de la lutte contre la maladie à la fois pour les organismes départementaux et les éleveurs (8/15 GDS), ainsi que le manque de réceptivité ou motivation des éleveurs (8 GDS) et/ou des vétérinaires (6 GDS).

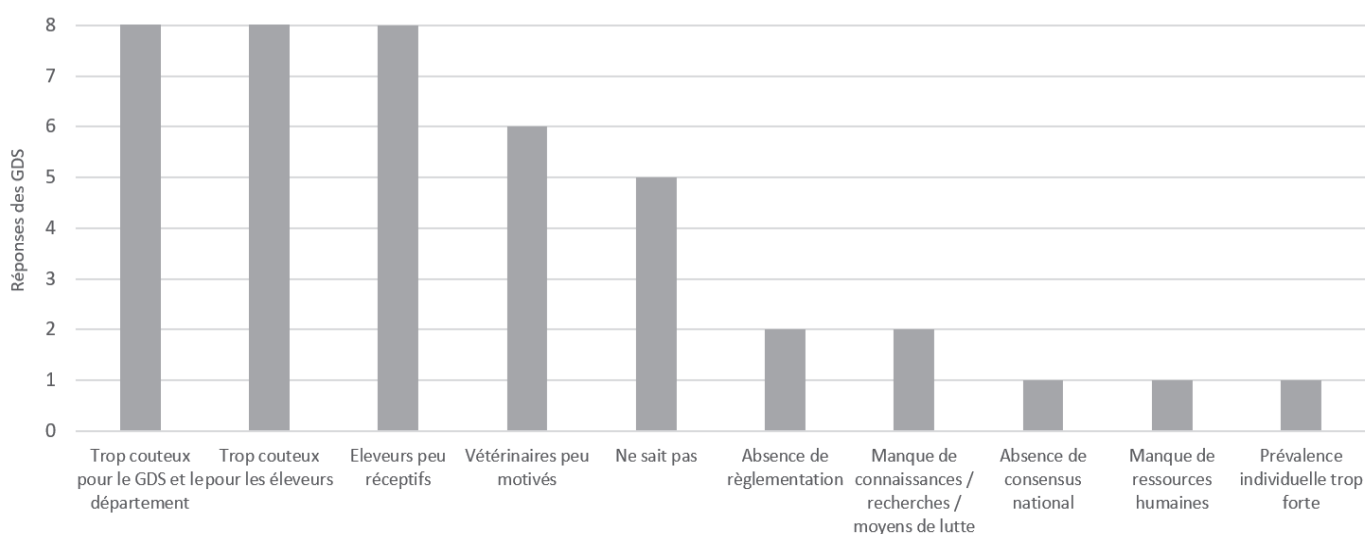


Figure 51 : Limites à la mise en place de mesures de lutte supplémentaires identifiées par les GDS

Le GDS 07 a mentionné que certains éleveurs « *récalcitrants posent problèmes, sans appui "légal"* », et « *des vétérinaires dans certains cas* » ont parfois posé problème pour la mise en œuvre d'une mesure de lutte déjà soutenue par la majorité des éleveurs d'une zone. De même, le GDS 84 a justifié son absence de volonté de mettre en place plus de mesures par le « *nombre extrêmement réduit d'éleveurs, de l'absence de motivation des quelques éleveurs du département* » en plus que de son « *faible nombre de bovins* ».

Parmi les autres raisons évoquées par les GDS, l'absence de réglementation a été mentionnée par 2 GDS, bien qu'elle ait été évoquée par plusieurs GDS pendant leur réponse à l'enquête :

- GDS 01 : « *Cette maladie n'étant pas réglementée, nous ne pouvons pas imposer l'éradication* » ;
- GDS 07 : « *travail sur une mise en place obligatoire mais problème de législation* » (à propos du dépistage en estives) ; « *Il faudrait avoir la possibilité dès lors que plus de 80 % des éleveurs dépistent, d'avoir un arrêté préfectoral* » ; « *maladie non réglementée* » ;
- GDS 69 : « *Aucun arrêté préfectoral pour nous soutenir. Si les éleveurs s'opposent au contrôle systématique à l'intro ou même à la prophylaxie en 22-23, nous n'avons aucun recours* » (à propos du dépistage).

L'absence de consensus national et d'objectif commun entre les GDS a également été mentionné par le GDS 42 : « *Un consensus national pour éviter que les régions du Sud continuent de contaminer le reste de la France et que les régions du Centre de la France puissent arrêter de faire le tampon en protégeant (seuls) les régions du Nord* ».

Le manque de connaissances, recherches ou moyens de lutte efficace (dont traitement) a été identifié comme un facteur limitant par 2 GDS. Le manque de ressources humaines pour accompagner les éleveurs dans la gestion des foyers, et la trop forte prévalence individuelle ont chacun été évoqué par 1 GDS.

Le GDS 01 a également commenté pendant sa réponse à l'enquête « *suivant le taux de bovins positifs certaines mesures sont faciles à mettre en place si ce taux est faible (élimination, séparation).* »

Enfin, le GDS 05 a ajouté « *Nous sommes toujours en veille sur les nouvelles méthodes de dépistage de la Besnoitiose (biopsie sur peau pour PCR par exemple), mais face à la situation enzootique de la maladie dans le département, du nombre élevé d'introduction par an, de la forte prépondérance de l'estive dans les systèmes d'élevage, et du peu de moyens de lutte existants, il nous apparaît compliqué voire impossible de mettre en place des plans de lutte efficaces. Les efforts des éleveurs entre les années 2002 et 2015 n'ont pas suffi à enrayer la progression de la maladie.* ».

IV. Discussion

Ce travail constitue la première étude de la besnoitiose bovine menée simultanément sur l'ensemble des régions AURA et PACA. Il avait pour objectif de dresser un état des lieux en considérant à la fois la situation épidémiologique, les mesures de gestion des GDS et la perception de la maladie par les acteurs locaux. Alors que les études précédentes se limitaient à des zones géographiques plus restreintes (Freudiger, 2008; Fouquet, 2009; Esquerré, 2015; Picq, 2023) ou à un type de production spécifique (Lahondes et al., 2025), notre travail apporte non seulement une vue d'ensemble, mais aussi une comparaison entre les GDS.

1. Récolte des données

Notre enquête a couvert 88 % des GDS des régions AURA et PACA (15/17 GDS, soit 16/18 départements). Les deux GDS non-répondants étant situés en périphérie immédiate de la zone étudiée, l'étude a pu être conduite sur une vaste zone géographiquement continue. Le contact téléphonique préalable et la proposition d'un retour de résultats ont probablement favorisé la participation. Les répondants étaient principalement des vétérinaires ou techniciens responsables du suivi de la besnoitiose sur leur territoire. La plupart d'entre eux ont exprimé de l'intérêt et de l'enthousiasme concernant le sujet de l'étude. Un biais de non-réponse demeure possible si les GDS non participants étaient moins impliqués ou intéressés par la gestion de la maladie.

La taille très réduite de l'échantillon a limité la puissance statistique de nos analyses. Les tests utilisés avaient pour objectif d'identifier des tendances plutôt que d'établir des relations causales robustes, et leurs résultats sont à interpréter avec précaution. Certaines questions n'ont pas obtenu un taux de réponse de 100 %, compliquant les analyses croisées. La longueur du questionnaire a pu décourager certains participants ou altérer la qualité des réponses. Pour limiter ce biais de non-réponse, les questions obligatoires et ouvertes ont été limitées, et les répondants avaient la possibilité d'enregistrer et interrompre leur progression. Le nombre et la richesse des commentaires des répondants laissent penser que ces biais sont modérés.

Les réponses provenaient d'un unique interlocuteur par GDS, pouvant introduire des biais de mémoire ou de perception. Toutefois, les répondants étaient généralement responsables du suivi de la besnoitiose dans le GDS, et donc vraisemblablement les plus à même de fournir une vision fidèle de la situation sur leur territoire.

Pour alléger le questionnaire, nous n'avons pas recueilli de données générales sur la filière bovine. Les effectifs de cheptels et de bovins proviennent des données du recensement agricole national 2020 (Agreste, 2020). Celles-ci ne distinguent pas les exploitations mixtes laitier/allaitant, qui n'ont donc pas été prises en compte dans nos analyses. Ces choix ont pu introduire un biais de mesure à nos résultats, mais la proximité temporelle de ces données limite probablement son ampleur. De plus, les informations fournies par les GDS concernaient leurs adhérents uniquement. En l'absence de connaissance précise du taux d'adhésion, ces valeurs ont été extrapolées à l'ensemble des élevages départementaux, introduisant un biais de mesure dont la direction est incertaine : il pourrait conduire à une sur- ou une sous-estimation des résultats selon le profil sanitaire ou la motivation des adhérents par rapport aux non-adhérents. Ce biais reste toutefois probablement limité, les non-adhérents

représentant généralement une faible proportion des éleveurs, souvent inférieure à 5 ou 10% (GDS Allier). Enfin, une part importante des données chiffrées fournies par les GDS était approximative. Les questions attendant une réponse chiffrée ont été codées de façon à permettre une réponse en une phrase ou quelques mots, mais ce mode de réponse, volontairement souple pour ne pas freiner la participation, engendre un biais de mesure difficile à quantifier.

Les prévalences individuelles ont été calculées à partir du nombre de bovins connus positifs rapporté au cheptel total départemental, sans prise en compte du nombre de bovins testés (donnée souvent inconnue). Ce calcul tend à sous-estimer les prévalences réelles. Le GDS 03 a d'ailleurs reconnu que la maladie était probablement « *sous-évaluée* » par les GDS. Dans quelques cas, les données fournies provenaient de campagnes de dépistage antérieures de deux ou trois ans à l'enquête (GDS 01 notamment), ce qui accentue ce biais temporel.

Les informations recueillies par les GDS ont été homogénéisées à l'échelle départementale, ce qui ne reflète pas la réalité locale, notamment pour le GDS 73-74 regroupant deux territoires. Plusieurs répondants ont d'ailleurs évoqué l'existence de particularités ou zones à risque localisées, illustrant les limites de notre résolution spatiale.

Certaines formulations de questions ont pu limiter la précision ou la comparabilité des réponses. Les questions de type « accord/désaccord » ne permettaient pas de position neutre, ce qui a pu biaiser l'intensité des opinions exprimées. En parallèle, la distinction entre élevages laitiers et allaitants s'est également révélée difficile pour certains GDS. Quelques GDS ont également signalé des difficultés à estimer l'impact économique (Q70), en raison du manque de données scientifiques disponibles à ce sujet et des nombreux facteurs pouvant entrer en compte : taux de mortalité, proportion d'animaux cliniques ou asymptomatiques, co-infections éventuelles, pertes liées à des réformes (reproducteur, potentiel génétique du troupeau, renouvellement imprévu), frais vétérinaires et de dépistage, perte de production, malus lors de la vente de bovins de l'exploitation, etc. En outre, plusieurs questions manquaient de clarté ou de précision. Les questions sur le nombre d'introductions (Q4-Q5) ne distinguaient pas de catégories (achat, pension, introduction dérogatoire, etc.), alors que certains répondants avaient précisé ces informations. De même, la question sur le classement des maladies (Q12) a été interprétée de manières diverses : certains GDS ont attribué rang différent à chaque maladie, d'autres ont attribué des ex aequo entre plusieurs maladies. Quelques GDS ont exprimé ne pas avoir compris la notion d'importance (actions du GDS, prévalence, impact en élevage, implication des éleveurs, etc.). A la question sur la proportion d'élevages laitiers dépistés par sérologie sanguine (Q38), les réponses ont été interprétées différemment selon les GDS : certains ont indiqué la proportion d'élevages dépistés dans le département, d'autres celle des cheptels positifs au lait ayant fait un second dépistage. Ces divergences n'ont pas permis l'analyse des données. Par ailleurs, les choix de réponse proposés n'étaient pas toujours exhaustifs, ce qui a entraîné un recours fréquent à la catégorie « Autre », notamment pour les questions sur les circonstances de contamination (Q18) ou les limites à la mise en œuvre de mesures supplémentaires (Q73). Cela a probablement conduit à une sous-estimation de certaines réponses pourtant pertinentes. Enfin, plusieurs questions chiffrées auraient pu être mieux formulées. Les Q26 et Q27, portant sur les proportions d'élevages atteints, auraient dû être formulées comme les Q28 et Q29, relatives au nombre de bovins positifs. Ces différences, et le faible nombre de réponses dans chaque catégorie de prévalence élevage, ont rendu certaines comparaisons plus difficiles. Nous nous serions également affranchis d'un possible biais de mesure provenant des GDS.

2. Résultats de l'enquête

Deux tiers des GDS sont concernés par la besnoitiose depuis plus de dix ans, traduisant une installation durable sur une large partie de la zone d'étude. Le GDS 69 n'a pas indiqué de date de découverte de la maladie, mais après entretien avec l'interlocuteur du GDS et aux vues des données disponibles dans la littérature, l'introduction de la maladie sur le territoire semble remonter aux alentours de 2010, voire légèrement avant. (Le Sobre & Pin, 2011). En PACA, tous les GDS rapportent une détection antérieure à 2010, à l'exception du Vaucluse qui n'a pas su préciser la date, mais qui est probablement similaire à ces celles des départements voisins. En outre, plus de la moitié des GDS considèrent la maladie comme enzootique, généralement dans les zones où elle a été détectée le plus tôt. Ce constat est cohérent avec la littérature, puisqu'un équilibre endémique est envisageable à partir de six à dix ans d'évolution de la maladie (Alzieu et al., 2015). Les GDS 04 et 06 ont mentionné la mise en place d'une possible immunité, avec une diminution importante du nombre de cas cliniques et de la mortalité au fil des années, ce qui est également en faveur d'une dynamique enzootique (PARTIE 1.III.3.b). Les territoires en situation épizootique se situent majoritairement au nord-ouest de la région AURA, suggérant une tendance de progression de la maladie depuis le sud, comme rapporté dans la bibliographie (PARTIE 1.III.2.c).

Les introductions d'animaux sont identifiées par la majorité des GDS comme la principale route de transmission, suivies des estives et pâturages collectifs, notamment dans les zones où ces pratiques sont courantes (plus de la moitié des GDS). Ces observations concordent avec la littérature, qui décrit ces pratiques comme des facteurs de risque majeurs de diffusion intra et inter-cheptel (PARTIE 1.III.4.a et b). Le voisinage entre pâtures ou élevages sains-infectés est également identifié par les GDS comme une voie de transmission inter-cheptel fréquente, alors que ce mode de transmission est généralement considéré comme plus sporadique, dans la littérature (PARTIE 1.III.4.b). Néanmoins, le morcellement parcellaire important et la configuration des pâtures sont certainement des facteurs de risque importants, justifiant une analyse plus fine à l'échelle territoriale pour approfondir ce travail. Enfin, les comices et concours sont fréquents dans deux tiers des territoires, mais rarement perçus comme des contextes de contamination importants. Si certains auteurs (Gazzonis et al., 2017) les considèrent à risque, cela pourrait dépendre de la densité d'insectes ou de la brièveté des contacts entre animaux à ces occasions. Une enquête auprès des organisateurs de ces événements, et des données plus précises sur le statut sérologique des animaux participants permettraient de préciser le rôle de ces rassemblements dans la dissémination de la maladie.

Les cas de besnoitiose sont identifiés principalement à partir de résultats d'analyses positifs, et/ou de l'apparition de cas cliniques. La variabilité des méthodes de détection, associée à l'hétérogénéité des dispositifs de surveillance et des taux de dépistage, ont pu influencer le recensement des cas et donc les estimations de prévalence. Nos données de prévalence sont très variables selon les territoires, bien qu'incomplètes, notamment en région PACA où la maladie est suspectée être la plus présente. Les prévalences élevées se situent majoritairement dans le sud de la zone d'étude, souvent dans des départements où la filière bovine est secondaire ou en situation d'enzootie. En AURA, les prévalences individuelles varient de 0,17 % à 9,49 %, et les prévalences élevage de 0–10 % à 75–100 %. En PACA, elles sont nettement supérieures, avec une unique prévalence individuelle de 43,71 % et des prévalences élevage comprises entre 50 % et 100 %. Ces résultats sont cohérents avec la dernière étude menée en 2015 en région PACA dans la zone de Seyne–Embrun (04–05), où les

prévalences élevages étaient de 20–30 %. Les prévalences individuelles étaient de 0,017-1,90 %, mais ont été établies seulement sur la base d’une détection de signes cliniques ou kystes oculaires sur les animaux lors de la prophylaxie annuelle, ce qui a pu engendrer une sous-estimation des résultats (Esquerré, 2015). A l’inverse, des incohérences ont été constatées entre nos prévalences et celles fournies par certains GDS, notamment dans l’Ain (4 % en 2023 selon le GDS, contre 0,8 % en moyenne dans notre étude), et dans les Alpes Maritimes (environ 30 % à chaque prophylaxie annuelle, contre 43,7 % en moyenne dans notre étude). Ces écarts pourraient provenir d’une évolution de la situation épidémiologique, ou de différences méthodologiques dans le calcul de la prévalence, comme nous l’avons expliqué précédemment. Enfin, la prévalence individuelle laitière en Ardèche nous a surpris (0 %), puisqu’elle contraste avec la prévalence allaitante (15,70 %). Bien que le suivi des troupeaux laitiers sur le lait de tank soit très rigoureux sur ce territoire (100 % des cheptels, 2 fois par an), l’absence totale de cas paraît peu probable.

Dans la littérature, les prévalences élevages en zone d’enzootie sont décrites comme plus élevées : entre 21,5 % et 87,3 % dans les zones endémiques historiques (PARTIE 1.III.3.b). Cela est cohérent avec la tendance que nous avons observée, avec des prévalences plus élevées en zone d’enzootie qu’en zone d’épizootie. En parallèle, les prévalences en élevages laitiers fournies par les GDS concordent globalement avec les résultats de Lahondes et al. (2025), issues du suivi des cheptels laitiers d’AURA par sérologie sur lait de tank entre 2020 et 2023. Seuls l’Ain et le Cantal présentent des écarts, avec dans notre étude respectivement une surestimation (4,5 % en 2023 contre 10-25 % en 2025), et une sous-estimation (10,6 % en 2023 contre 0-10 % en 2025) des prévalences. Ces différences pourraient être liées à des évolutions récentes de la situation épidémiologique, où à une divergence méthodologique pour obtenir ces chiffres. Enfin, d’après des informations fournies par le GDS 69, la prévalence individuelle départementale tous bovins confondus était de 0,2 % en 2024, ce qui est cohérent avec nos résultats (0,17 %).

La prévalence est généralement plus faible en production laitière qu’en production allaitante, sans que cela soit influencé par la filière majoritaire du département. Ces résultats concordent avec la littérature, qui souligne un risque plus important d’infection pour les élevages allaitants, en raison de leur modèle de production plus extensif. (PARTIE 1.III.3.f). Par ailleurs, aucun lien n’a été identifié entre la valeur de la prévalence et l’ancienneté de la besnoitiose sur le territoire. Les écarts observés pourraient plutôt refléter une mobilisation variable des GDS, favorisant ou non la diffusion de la maladie.

La corrélation observée entre le nombre d’introductions par élevage et la prévalence individuelle dans les élevages laitiers nous a surpris. En effet, une telle association aurait été plus attendue dans les cheptels allaitants où les introductions d’animaux sont plus fréquentes. De plus, cette corrélation nous aurait paru plus logique entre le nombre d’introductions par élevage et la prévalence élevage, plutôt qu’avec la prévalence individuelle. En effet, les introductions augmentent d’abord le risque d’infection d’un troupeau, avant d’affecter le nombre de bovins atteints. Cependant, la précision limitée de nos prévalences élevage (exprimées en intervalles de valeurs et non en valeurs exactes) a pu réduire la sensibilité de nos analyses et limiter la mise en évidence d’une telle relation. Des investigations plus fines, réalisées directement à l’échelle de chaque troupeau, seraient nécessaires pour confirmer ou infirmer cette tendance.

Les pratiques courantes de comices ou d'estives semblaient être associées à des prévalences élevage plus élevées, en particulier dans les cheptels allaitants, même si ces associations n'étaient pas statistiquement significatives. Ce résultat est cohérent avec Picq (2023), qui rapporte que les troupeaux se rendant en estives ont un risque d'infection 3,2 fois plus élevé. Pour les comices, cette tendance rejoint également les observations de Gazzonis et al. (2017) mentionnant un risque accru lors de tels rassemblements. Toutefois, l'augmentation de prévalence associée aux comices contraste avec les retours de la majorité des GDS, puisque 13 d'entre eux ne considèrent pas cette pratique comme une voie de transmission inter-cheptel fréquente. En parallèle, l'impact plus marqué des estives dans les cheptels allaitants pourrait s'expliquer par la participation plus importante des bovins allaitants à cette activité. Les données concernant la participation des bovins aux comices n'étaient pas disponibles, mais une explication similaire pourrait être envisagée. Dans l'ensemble, les informations recueillies sur ces pratiques restent limitées et générales. Une analyse plus fine des élevages concernés et de leur prévalence intra-troupeau serait nécessaire pour confirmer ces tendances.

La volonté de lutte contre la besnoitiose est étroitement liée à l'importance de la filière bovine dans chaque département. Or, deux groupes de GDS ont pu être distingués selon l'importance de la filière bovine, et donc indirectement la taille du cheptel départemental : 10 GDS où la filière est majoritaire, principalement en région AURA, et 5 GDS où elle reste secondaire, situés surtout en PACA. Cela explique pourquoi tous les GDS en AURA disposent d'un objectif défini de gestion de la maladie, ce qui n'est pas le cas des GDS en région PACA.

Les GDS en région AURA sont également les seuls à proposer à leurs éleveurs des plans d'assainissement. La plupart recommandent d'agir dès la détection des premiers cas positifs, une stratégie qui augmente les chances de réussite de l'assainissement (Alzieu et al., 2007). L'adhésion à ces plans est plus forte en élevage allaitant, probablement en lien avec des prévalences plus élevées dans cette filière. Cependant, le nombre d'élevages engagés reste globalement inférieur à la proportion d'élevages infectés, suggérant une implication limitée des éleveurs. Les taux d'assainissement des élevages en plan sont variables, notamment en filière laitière, sans doute en raison de contraintes de conduite différentes entre systèmes de production. Aucun lien n'a été mis en évidence entre la dynamique épidémiologique et l'adhésion ou l'efficacité des plans, bien qu'une gestion intra-cheptel plus complexe puisse être attendue en zone d'enzootie.

Les GDS affichant un objectif clair de gestion de la maladie visent majoritairement une élimination partielle ou « maximale », tandis que seuls deux GDS se sont fixés un objectif d'éradication complète. En effet, ce dernier est jugé difficilement réalisable, voire impossible, par la plupart des répondants. Le GDS 43 a apporté des explications, en écrivant « *Le département avait initialement un objectif d'assainissement de la maladie. Aujourd'hui, le constat est fait que nous ne pourrions que freiner sa propagation* ». Lors des entretiens téléphoniques, le GDS 42 avait qualifié l'éradication « *d'utopique* ».

Malgré cela, les GDS mettent en place des actions pour favoriser l'intérêt pour la maladie, et la cohésion des acteurs départementaux en première ligne sur le terrain, en particulier les éleveurs suivis des vétérinaires. L'ampleur de la communication varie selon les territoires, mais les moyens employés et les publics ciblés sont similaires. La sensibilisation est le plus souvent passive, car probablement plus simple à mettre en œuvre, bien que son impact réel sur le public visé soit difficile à mesurer. La communication active (ateliers, formations,

réunions, visites d'exploitations) est discrètement moins répandue, certainement en raison de contraintes organisationnelles. En outre, les GDS encouragent vivement la collaboration locale entre élevages voisins d'un foyer, via l'organisation de réunions collectives. Cependant, le caractère volontaire de ces démarches touche un public limité, et souvent déjà concerné par la maladie. C'est le cas par exemple, des éleveurs participant aux formations qui sont généralement propriétaires d'un troupeau infecté ou voisin d'un foyer. Ainsi, les éleveurs peu concernés restent difficilement atteignables par la sensibilisation des GDS, ce que le GDS 73-74 a entériné en commentant : « *Les éleveurs qui pensent que ça ne sert à rien de gérer la besnoitiose ou qui ne connaissent pas la maladie et ne se sentent pas concernés ne viennent généralement pas* ». Cela limite la cohésion dans la lutte, et limite l'efficacité et les chances de succès des actions mises en œuvre et des stratégies collectives. Seuls des GDS en zone d'épizootie ont indiqué la participation d'éleveurs non exposés à des formations, traduisant une possible curiosité ou inquiétude face à cette maladie « émergente ». Néanmoins, plus la communication est large, et plus les GDS perçoivent une amélioration des connaissances et de l'implication des acteurs, en lien avec une inquiétude accrue chez les éleveurs. Ces constats soulignent l'importance d'une sensibilisation continue et ciblée, essentielle pour favoriser une prise de conscience, et un engagement dans la lutte (PARTIE 1.VI.9).

A l'exception d'un seul GDS, tous les GDS de la zone d'étude appliquent au moins deux méthodes de dépistage différentes, et plus de la moitié des GDS appliquent toutes les mesures de surveillance disponibles. En particulier, les GDS situés en zone d'épizootie, ou dans des départements où la filière bovine est prioritaire, proposent un éventail plus large de mesures, contrairement à ceux où la filière est marginale, souvent moins mobilisés. Ce dernier constat pourrait se justifier par le sentiment de découragement de ces GDS face aux fortes prévalences dans cette zone, où par une volonté limitée de déployer des mesures pour une filière d'élevage d'impact économique limité sur le territoire. Les GDS en situation d'épizootie semblent plus soucieux de suivre l'arrivée d'une maladie émergente. Toutefois, la majorité des GDS où la filière bovine est secondaire se trouvent aussi en situation enzootie, ce qui a pu brouiller l'analyse de certains facteurs d'implication.

La mise en place des mesures de surveillance est relativement récente (médiane entre 2018 et 2021), alors que la maladie est présente depuis au moins 2015 dans deux tiers des départements, et au plus tard depuis 2017. Cela peut suggérer une prise de conscience et un engagement tardif des GDS face à la maladie, comme le laissent penser les travaux de Chemouni. En effet, dans son étude entre 2007 et 2017, seulement 32 GDS de France métropolitaine (soit 39%) surveillaient les suspicions cliniques, 22 GDS (27%) pratiquaient le dépistage à l'introduction, et 11 GDS (21%) réalisaient des campagnes sérologiques (Chemouni, 2018). Enfin, dans notre zone d'étude le dépistage à l'introduction semble avoir été instauré discrètement plus tôt que les autres mesures dans les zones d'enzootie. Cela s'explique probablement par une adoption rapide de cette méthode suite à la découverte de la maladie, comme ce qu'a constaté Chemouni (2018) dans son étude.

Globalement, les dépistages « ponctuels » (introductions, comices, suspicions cliniques) sont plus fréquents que les campagnes « de masse », souvent plus coûteuses et contraignantes (sang en particulier et lait). Le dépistage lors des estives, bien qu'étant la surveillance la moins fréquente dans notre zone d'étude (9 GDS), est considéré comme une pratique courante par la quasi-totalité de ceux qui l'appliquent, ce qui est cohérent avec sa mise en œuvre.

La systématisation des mesures de surveillance, ponctuelles ou de masse, semble être une bonne façon de garantir un taux de dépistage satisfaisant. Cependant, en l'absence de cadre réglementaire, aucune mesure ne peut être réellement imposée aux éleveurs en cas de refus de leur part, ce qui explique les taux de dépistage parfois inférieurs à 100% pour certains dépistages systématiques. En ce sens, les mesures les plus souvent systématiques sont souvent les moins contraignantes pour les éleveurs, à savoir la surveillance à l'introduction, sur le lait, et lors de comices : la sérologie sur le lait nécessite un unique échantillon de lait de tank et aucune contention, et les introductions et comices sont des événements peu fréquents concernant un nombre réduit d'animaux. Néanmoins, la variabilité des règlements sanitaires de chaque comice, évoquée par plusieurs GDS (GDS 03, 04, 15), peut freiner la systématisation de cette mesure. Le GDS 15 a précisé accompagner à la demande la rédaction de règlement sanitaire pour ce genre d'événements, afin d'encourager les organisateurs à considérer cette maladie. À l'inverse, le dépistage sanguin est rarement systématique en raison de ses contraintes logistiques et financières.

Le caractère totalement volontaire de la surveillance en estives était inattendu. Plusieurs GDS ont expliqué cette situation par l'absence d'harmonisation des règlements sanitaires, et la non-réglementation de la besnoitiose. Le GDS 26 a commenté « *la mise en place d'un règlement sanitaire comprenant un dépistage Besnoitiose est volontaire de la part des Groupements Pastoraux, tous ne le pratiquent pas. Sur 7 groupements pastoraux collectifs, un n'a pas voulu le faire, et 2 autres regroupent des élevages en "zone d'endémie" (...) et estiment donc que ce n'est pas nécessaire (tous les élevages concernés se savent infestés).* ». En parallèle, la majorité des GDS s'accordent sur un dépistage à partir de 6 mois, ce qui est pertinent en raison de la participation rare d'animaux plus jeunes. Toutefois, les conditions de réalisation du dépistage varient fortement selon les territoires (avant la montée ou la descente, au retour à l'élevage, etc.). Ces éléments expliquent probablement les taux très hétérogènes de dépistage observés dans la zone d'étude et soulignent que la surveillance des bovins en estives reste insuffisante, d'autant plus que cette pratique est très fréquente dans la zone d'étude et constitue un facteur de risque majeur reconnu à la fois par les GDS et dans la littérature (PARTIE 1.III.4.b).

Le dépistage à l'introduction est la mesure ponctuelle la plus maîtrisée. Elle concerne le plus souvent les jeunes bovins (dès 6 mois), et 9/14 GDS proposant ce dépistage atteignent plus de 90 % d'animaux concernés testés, ce qui est positif aux vues du risque important de transmission par le biais des introductions dans les cheptels. Cependant, les introductions dérogatoires à la prise de sang, ou parfois les pensions, limitent l'efficacité du dispositif. Enfin, le seuil d'âge à 6 mois gagnerait à être étendu à l'ensemble des animaux introduits comme c'est déjà le cas dans 3 GDS, sans être trop contraignant compte tenu du faible nombre d'introductions par élevage. En effet, la littérature recommande le dépistage de tous les animaux introduits dans un troupeau, peu importe leur âge ou leur devenir, (PARTIE 1.VI.4), car même si les infections avant 6 mois d'âge sont rares, elles restent possibles (PARTIE 1.III.3.d).

A l'échelle du troupeau, la surveillance des cheptels laitiers est très satisfaisante, avec des taux de dépistage supérieurs à 90 % dans les territoires concernés. Seuls les GDS en région PACA ne pratiquent pas ce dépistage, probablement en raison de leur faible population de bovins, principalement allaitants. La fréquence régulière (annuelle au minimum, biannuelle le plus souvent) permet une couverture quasi complète de tous les animaux en lactation, et augmente les chances de dépistage positifs (de 4,1 % en cas d'analyse annuelle, et de 7,1 %

pour biannuelle) d'après l'étude de Lahondes et al. (2025). Cette efficacité repose sur la facilité de dépistage via le lait de tank (unique échantillon de lait pour le troupeau entier), mais exclut toutefois une partie importante du troupeau : tous les mâles et le prêtretroupeau (animaux de moins de 2 à 2,5 ans). Un risque de non-détection subsiste donc parmi ces catégories d'animaux. En cas de suspicion, les GDS proposent un dépistage sanguin individuel pour affiner le diagnostic.

A l'inverse, la surveillance des troupeaux allaitants est généralement insuffisante, avec des taux de dépistage très variables (1 à 90 %, médiane 6 %). Cela s'explique probablement par le caractère plus coûteux et contraignant (rassemblement, tri, contention des animaux) des campagnes de dépistage sanguin. De plus, les bovins concernés par la prophylaxie annuelle représentent un échantillon restreint du troupeau (animaux âgés de 6, 12 ou 24 mois). A cet élément s'ajoute le contexte d'allègement croissant de la prophylaxie dans beaucoup de départements français, ce qui réduit d'autant plus la proportion des bovins dépistés dans un troupeau. Ces éléments divergent des recommandations de la littérature, qui préconisent un dépistage de tous les animaux du troupeau ou à minima des bovins de plus de 6 mois (PARTIE 1.VI.6). Ces éléments augmentent le risque de non-détection de la maladie, et de sous-estimation de la prévalence départementale réelle. Toutefois, les élevages en plan d'assainissement bénéficient généralement d'un suivi plus complet. Face à cette surveillance hétérogène, plusieurs GDS ont ponctuellement organisé et financé un dépistage couvrant presque tous les élevages allaitants du département. Ces actions ont permis d'obtenir une image plus fidèle de la situation épidémiologique au moment de leur réalisation. Elles ont également pu conduire au dépistage de troupeaux qui ne l'auraient peut-être pas été en cas de démarche volontaire, renforçant ainsi la sensibilisation à la maladie. Toutefois, leur coût élevé limite leur renouvellement, rendant ces initiatives difficilement envisageables chaque année.

Les GDS reconnaissent l'importance majeure de l'élimination des animaux infectés, comparée au traitement médical, pour parvenir à un assainissement efficace. Comme préconisé dans la littérature (Alzieu et al., 2011 ; PARTIE 1.VI.7.d), l'élimination par réforme est le devenir privilégié des bovins atteints, tandis que le traitement médical est peu mis en avant par les GDS car souvent jugé inefficace et d'importance mineure dans la réussite de l'assainissement. La réforme, privilégiée à l'euthanasie, offre une possibilité aux éleveurs de valoriser économiquement les bêtes positives. Les seuls GDS ne préconisant pas l'élimination à leurs éleveurs se situent en région PACA, où l'implication dans la lutte est plus limitée. Cette position pourrait traduire un certain découragement, ou une volonté de « vivre avec la maladie » afin de ne pas pénaliser les éleveurs par des réformes trop coûteuses. Lorsque le traitement médical est évoqué, il est généralement associé à la recommandation d'élimination. Cela suggère plutôt une utilisation visant surtout à soulager les animaux en phase fébrile, plutôt qu'à les guérir de l'infection. Toutefois, quelques éleveurs semblent entreprendre des traitements de leur propre initiative, et de rares GDS considèrent cette mesure essentielle à la réussite de l'assainissement. Cela pourrait traduire la persistance d'idées reçues concernant l'efficacité réelle du traitement, ou bien la volonté d'éviter la réforme des animaux malades en privilégiant leur maintien dans le troupeau après amélioration clinique. Ces éléments font écho aux réticences parfois observées chez des éleveurs pour éliminer les animaux devenus asymptomatiques après un traitement médical, compromettant ainsi les efforts d'assainissement du cheptel (Duboisset, 2013; Gutiérrez-Expósito et al., 2015; Delooz et al., 2021).

En parallèle de l'élimination des animaux infectés, les GDS reconnaissent l'importance de mesures de contrôle complémentaires comme le préconise la littérature (Alzieu et al., 2019a, 2020). La stratégie de contrôle adoptée par les GDS se concentre essentiellement sur les mesures de conduite de troupeau, et les mesures d'hygiène (changement d'aiguilles), tandis que la lutte anti-vectorielle est peu mise en avant car jugée beaucoup moins efficace. Le GDS 07 a décrit la lutte contre les insectes comme « *difficile à mettre en place et n'est pas selon nous actuellement une mesure de gestion* ». La recommandation et la mise en œuvre des mesures de lutte ont tendance à être plus importantes dans les GDS situés en zone d'épizootie, en particulier pour les mesures de réduction de la transmission mécanique, que ceux en zone enzootique. Cette tendance pourrait traduire une réactivité plus forte dans les zones où la maladie est encore « émergente », et la sensibilisation plus récente. À l'inverse, dans les zones enzootiques, la banalisation de la maladie ou la perception d'un moindre bénéfice des mesures pourraient limiter leur mise en œuvre.

Les GDS ont conscience de l'importance de la séparation des animaux ou des cheptels selon leur statut sanitaire, même si la conduite en lots en bâtiments est perçue comme moins essentielle pour l'assainissement. Cette perception pourrait découler d'une moindre présence d'insectes en bâtiment, bien que la littérature souligne l'intérêt de cette mesure. (Alzieu et al., 2020). Bien que largement recommandée par les GDS, la séparation des bovins est plus difficile à appliquer, surtout en bâtiment, en raison des contraintes pratiques associées. Parmi celles-ci, le GDS 06 a évoqué la taille des bâtiments, parfois réduite lorsque l'effectif du troupeau est faible, ainsi que de la topographie des pâtures ou estives. Plusieurs GDS ont aussi signalé des contraintes accrues dans les cheptels laitiers, déjà rapportées par d'autres auteurs (PARTIE 1.VI.7.c) : le GDS 01 a décrit cette pratique « *difficile voire impossible* » en cheptel laitier, tandis que le GDS 73-74 a commenté « *La conduite en lot est possible en allaitant mais pas en laitier* ». Néanmoins, aucune différence nette dans la fréquence de cette pratique n'a été observée selon le type de production des territoires, mais une question sur l'application de cette mesure en faisant la dichotomie laitier/allaitant aurait probablement été plus pertinente. La conduite en lots est considérée plus aisée en zones à forte activité bovine, où les GDS s'investissent peut-être davantage pour accompagner les éleveurs à sa mise en place. De même, la restriction de mouvement des animaux infectés, jugée importante par les GDS, est rarement appliquée en raison de son caractère extrêmement contraignant et pénalisant pour les éleveurs, et l'impossibilité de leur imposer. Enfin, l'identification des pâtures à risque est peu pratiquée, bien qu'elle gagnerait certainement à être incluse dans la réflexion de la conduite en lots, en permettant de mieux contrôler, à moindre coût, la pression des insectes piqueurs (PARTIE 1.V.3.d). La réponse du GDS 42 nous a interpellé car son raisonnement différait de l'hypothèse que nous avons envisagée. Le GDS a expliqué réserver les zones à forte densité de vecteurs aux bovins sains (et non positifs comme nous l'avions suggéré dans notre questionnaire), et désinsectiser les bovins infectés en priorité, afin de limiter le portage du parasite chez les insectes. Cependant, compte tenu de la faible durée d'infectivité et de la dispersion limitée des insectes, nous avons plutôt envisager l'option de regrouper les animaux malades sur une même pâture pour restreindre la diffusion du parasite. Des études comparatives sur ces approches permettraient de mieux évaluer leur efficacité.

Parmi les mesures contre la transmission mécanique, c'est la mesure d'hygiène de changement d'aiguille entre chaque animal qui est la plus répandue. Les GDS sont conscients de son importance afin d'éviter une transmission iatrogène (PARTIE 1.V.3.d), même si elle est parfois jugée difficile à appliquer, par exemple lors des vaccinations, notamment en zone

d'épizootie. Cela pourrait refléter une meilleure sensibilisation des éleveurs à cette mesure dans les territoires enzootiques.

En parallèle, les méthodes anti-vectorielles non chimiques, telles que les pièges à insectes ou la couverture des effluents, sont peu recommandées et rarement mises en œuvre, car probablement méconnues. La plupart des GDS ne savent pas évaluer leur importance, où la jugent mineure. Le GDS 38 a explicité sa réponse en écrivant : « *Je ne connais pas les pièges à insectes et ai peur que ce ne soit pas assez sélectif, de plus les éleveurs n'ont pas le temps d'aller vider les pièges en été* ». Cependant, ces approches, à faible impact environnemental, permettent de réduire la pression des insectes, même sans éradiquer les populations (PARTIE 1.V.3.b et d), et ont déjà fait leur preuve à la Réunion pour la gestion des effluents (Bouyer et al., 2011), et dans un foyer français de besnoitiose pour les pièges à insectes (Lantuejoul, 2015). Ces méthodes alternatives, visiblement méconnues par les GDS, mériteraient une meilleure communication à leur sujet, afin de favoriser leur adoption en complément ou en alternative aux APE classiques, dont l'usage est également chronophage (Alzieu et al., 2019a).

La lutte anti-vectorielle chimique est encore assez répandue, principalement par le biais d'application d'APE sur les animaux. Malgré cela, les GDS ont conscience de leur efficacité limitée, de leur coût élevé, et des résistances existantes (GDS 07), déjà décrits dans la littérature (PARTIE 1.V.3.a). Le GDS 06 a détaillé son point de vue, en expliquant qu'aux vues de la saisonnalité très élargie des insectes, l'application d'APE « *serait trop fréquente et représenterait un coût et un impact environnemental trop important* ». Ce commentaire souligne les conséquences environnementales secondaires mais majeures des produits insecticides, et donc l'importance d'une utilisation raisonnée de ces produits (Sánchez-Bayo, 2011). Néanmoins, l'usage d'APE reste fréquent, parfois à l'encontre des recommandations, probablement par habitude ou face à la recrudescence d'autres maladies vectorielles (FCO, MHE, DNC), pour lesquelles peu d'autres moyens de lutte sont efficaces en dehors de la vaccination (GDS Creuse, 2025). Or, l'application systématique d'APE, peut-être considérée par les éleveurs comme une solution plus facile que les options de conduite de troupeau plus contraignantes, augmente possiblement les effets sur les espèces sensibles non-cibles et participe au développement de résistances. Les insecticides pour bâtiments sont peu employés, limitant ainsi leur impact environnemental. En revanche, les inhibiteurs de croissance des insectes sont rarement recommandés, peut-être en raison d'une méconnaissance par les GDS et les éleveurs, alors qu'ils représentent une alternative prometteuse aux insecticides classiques, notamment dans ce contexte de résistances croissantes (PARTIE 1.V.3.a).

L'importance attribuée à la besnoitiose par les GDS varie selon les territoires, bien qu'elle soit jugée préoccupante par près des deux tiers d'entre eux. Elle tend à être considérée comme moins prioritaire dans les départements où la filière bovine occupe une place secondaire. Le GDS 84 ne l'a d'ailleurs pas classée parmi les maladies d'intérêt de son territoire. Nous aurions pu nous attendre à une considération de la maladie différente selon la dynamique épidémiologique, ou le type de production majoritaire du territoire (allaitant ou laitier), mais aucun lien n'a pu être établi entre ces facteurs.

La majorité des GDS considèrent que les éleveurs disposent d'un niveau de connaissance satisfaisant sur la besnoitiose, tout en exprimant une forte demande de communication et d'accompagnement. Ce constat souligne le rôle clé des GDS dans la

diffusion d'informations et la sensibilisation, puisque la connaissance des éleveurs et leur compréhension de la maladie sont essentiels à la réussite des démarches d'assainissement (PARTIE 1.VI.9). Les éleveurs installés en zone d'enzootie semblent globalement mieux informés, probablement grâce à une exposition plus ancienne à la maladie et à une expérience de terrain accumulée au fil du temps. En ce sens, ce sont dans les territoires en épizootie où la maladie est émergente, que la demande d'informations chez les éleveurs est la plus marquée. Elle est également plus forte dans les zones où la filière bovine est prioritaire, où la besnoitiose revêt une importance accrue pour les GDS. Cela suggère une possible influence de la posture des GDS vis-à-vis de la maladie sur l'intérêt des éleveurs à ce sujet.

Néanmoins, ces connaissances et cette demande d'informations ne conduisent pas nécessairement à l'action, puisque la motivation des éleveurs à s'investir dans la lutte contre la besnoitiose est contrastée. Elle est perçue comme plus marquée dans les zones où la filière bovine est prioritaire, et plus faible dans les territoires où la filière est marginale, et donc où la maladie n'est pas perçue comme prioritaire, créant possiblement un cercle vicieux entre faible implication et intérêt faible du GDS. Les tendances observées selon le type de production, bien que non significatives, sont également intéressantes : les éleveurs allaitants semblent plus impliqués en zone d'épizootie, tandis que les laitiers le sont davantage en zone d'enzootie. Bien que les réponses des GDS ne soient pas liées au type de production des territoires, ces différences pourraient refléter des dynamiques d'adaptation différentes, avec l'élevage allaitant (plus à risque) confronté plus tôt à la maladie que l'élevage laitier.

L'inquiétude perçue des éleveurs semble plus marquée dans les filières laitières que dans les allaitantes, peut-être en lien avec des contraintes techniques plus importantes pour la mise en place des mesures de contrôle (conduite en lots notamment) ou une crainte accrue des impacts économiques sur la production. Ces hypothèses restent toutefois à explorer, et il serait intéressant d'interroger directement les éleveurs à ce propos. L'inquiétude des éleveurs est aussi perçue comme plus marquée par les GDS en zone d'épizootie, où la maladie est encore émergente et donc possiblement perçue comme plus menaçante. Enfin, elle est associée au ressenti des GDS vis-à-vis de l'efficacité de leur propre communication : les GDS satisfaits de leur diffusion d'information perçoivent leurs éleveurs comme plus préoccupés par la maladie, tandis qu'une communication jugée insuffisante s'accompagne d'un moindre niveau de préoccupation. Cette association pourrait laisser penser que la communication influe sur la vigilance et la conscience du risque des éleveurs, mais cette interprétation reste à confirmer et aucun lien causal ne peut être établi. Des travaux complémentaires plus ciblés seraient nécessaires pour clarifier les liens entre ces éléments.

Il est toutefois important de considérer que les réponses à ces questions sont des perceptions des GDS, à extrapoler ou nuancer selon le contexte, et qu'elles ne reflètent pas l'hétérogénéité propre à chaque département. En ce sens, plusieurs GDS ont développé leur réponse, comme le GDS 26 en écrivant : *« d'un côté les éleveurs du sud du département ont été les premiers concernés, et à l'époque, ont demandé à ce que soient menées des actions. Cependant il n'y avait pas de tests réalisables en routine et les pouvoirs publics n'étaient pas sensibilisés à la question. Résultat, la maladie s'est implantée durablement dans ces secteurs. Aujourd'hui, ce sont les éleveurs du nord qui sont inquiets, et les éleveurs du sud ne veulent plus trop en parler étant donné que la maladie est définitivement implantée chez eux et qu'ils ont l'impression d'avoir été laissés pour compte »*. Dans certaines zones historiquement touchées, les éleveurs, autrefois moteurs de la lutte, semblent aujourd'hui résignés face à une infection désormais bien installée, tandis que dans les zones d'émergence, la vigilance et la

demande d'action sont plus fortes. Le GDS 63 a également expliqué une perception territoriale très variable en écrivant « *La maladie, et surtout sa présence, n'est pas connue de la même façon dans les petites régions agricoles du département* ». Ces observations traduisent le poids de l'histoire sanitaire locale dans la motivation des acteurs, ainsi que la nécessité d'adapter localement les stratégies de communication et de gestion.

Au contraire des éleveurs, les vétérinaires semblent manquer d'implication et de cohésion dans la lutte contre la besnoitiose, et ne manifestent pas de volonté particulière d'approfondir leurs connaissances auprès des GDS. Pourtant, la profession ne considère pas la besnoitiose comme un problème mineur, ce qui pourrait suggérer un sentiment de maîtrise suffisante du sujet, mais également des difficultés à dégager du temps pour s'y consacrer, dans un contexte de forte charge de travail et de sous-effectif professionnel (Renvier-Descours, 2025). Ce manque d'investissement des vétérinaires constitue probablement un facteur limitant dans l'engagement des éleveurs, ces deux professions étant des partenaires clés dans la mise en œuvre des mesures sanitaires (Alzieu et al., 2020). Leur perception de la besnoitiose paraît liée à son ancienneté sur le territoire, sans pour autant être liée à la situation épidémiologique. Plus la besnoitiose est présente de longue date, plus les GDS semblent percevoir les vétérinaires comme impliqués et conscients de son importance. Cela pourrait suggérer, comme pour les éleveurs, une prise de conscience renforcée avec l'expérience acquise sur le terrain. Néanmoins, cette interprétation doit être considérée avec prudence puisqu'elle repose uniquement sur le ressenti des GDS concernant les vétérinaires.

Pour adapter leur gestion à la situation locale, les GDS collaborent avec divers partenaires, traduisant un effort collectif dans la lutte contre la besnoitiose. Ces partenariats concernent principalement différents échelons des GDS et les Groupements Techniques Vétérinaires (GTV). Les entretiens avec les GDS ont également révélé l'existence d'un groupe de travail régional en AURA visant à mutualiser les expériences. Le dialogue avec les GTV illustre l'implication de la profession vétérinaire, même si les praticiens de terrain rencontrent peut-être des difficultés à définir précisément leur rôle.

L'impact économique de la besnoitiose reste difficile à estimer, faute de données scientifiques suffisantes. Les GDS perçoivent toutefois des pertes plus importantes dans les troupeaux les plus infectés, ce qui paraît cohérent, même si l'impact de la prévalence intra-cheptel sur ces pertes n'a pas encore été étudié. Ces dernières n'ont pas été estimées différentes selon le type de production, mais les données manquent pour réaliser des comparaisons solides. À notre connaissance, une seule étude chiffre les pertes en élevage allaitant (Duboisset, 2013), tandis que chez les laitiers, seules des altérations de la qualité et de la quantité du lait ont été mises en évidence, sans évaluation économique précise (Anastácio et al., 2022; Villa et al., 2019). Une variation des pertes selon la dynamique épidémiologique aurait pu être attendue, en raison d'un comportement intra-cheptel différent de la maladie (PARTIE 1.III.3.b), mais n'a pas été constatée. Le GDS 03 a aussi rapporté une réticence des éleveurs à s'impliquer tant que la maladie reste peu visible ou sans impact apparent, soulignant l'importance d'arguments économiques pour les convaincre et les encourager à agir.

Les acteurs départementaux, principalement les GDS et les conseils départementaux, soutiennent financièrement les éleveurs dans la lutte contre la besnoitiose, dans des proportions propres à chaque territoire. Les aides concernent surtout la surveillance, afin d'encourager le dépistage et la maîtrise du statut sanitaire des troupeaux. Les campagnes de

dépistages sanguins et en estive bénéficient d'un soutien plus fréquent, probablement en raison des difficultés organisationnelles qu'ils impliquent et des taux de participation encore insuffisants observés sur le terrain. En parallèle, les aides à l'élimination des animaux infectés occupent également une place importante, en complément des dispositifs nationaux du FMGDS (PARTIE 1.VI.3.b), traduisant la volonté des GDS de favoriser l'assainissement des cheptels. Des soutiens existent aussi pour la participation à des formations sur la maladie. Enfin, une incohérence est apparue dans les réponses le GDS 05, qui a indiqué ne pas financer la gestion de la besnoitiose, tout en déclarant indemniser les contrôles oculaires avant la montée en estive.

Le montant des aides alloué par les GDS varie selon l'importance de la filière bovine dans le département, reflétant la priorité accordée à la besnoitiose par chaque GDS. Si notre étude n'a pas détaillé ces dispositifs, les montants et modalités sont souvent accessibles sur les sites des GDS, ou dans la documentation pour les éleveurs que quelques GDS nous ont transmise. Les prises en charge peuvent être totales ou partielles, et s'appliquer différemment selon que l'élevage est engagé ou non dans un plan d'assainissement. Aucun appui financier n'existe pour les mesures de contrôle intra-cheptel (conduite de troupeau, protection contre les vecteurs), sans doute en raison de leur difficulté de standardisation. Pourtant, ces mesures sont souvent contraignantes pour les éleveurs et mériteraient d'être encouragées d'une manière ou d'une autre.

Certains GDS proposent des dispositifs complémentaires, comme des kits de dépistage à l'introduction ou en estives, ou des billets de garantie conventionnelle incluant la besnoitiose, pour inciter les éleveurs au dépistage. L'utilisation de ces outils et leur efficacité est mitigée voire faible, à l'exception des kits de dépistage à l'introduction. Ainsi, malgré l'existence de mesures incitatives de la part des GDS, leur efficacité est limitée par le manque d'intérêt ou de sensibilisation des éleveurs.

La plupart des GDS déjà investis dans la lutte contre la besnoitiose souhaitent renforcer leur gestion, mais plusieurs freins limitent ces initiatives. Le principal obstacle reste le manque de motivation des éleveurs et des vétérinaires, en lien avec le caractère volontaire de la lutte. Si les GDS mettent en place des dispositifs, leur réussite repose uniquement sur l'engagement des éleveurs. Les vétérinaires, malgré une implication jugée faible, ont un rôle clé à jouer dans l'accompagnement et la sensibilisation des éleveurs. Plusieurs GDS regrettent l'absence d'une réglementation pour appuyer leur engagement, et harmoniser les pratiques. Bien que GDS France s'implique depuis plusieurs années dans la lutte contre la besnoitiose (PARTIE 1.VI.3.b), l'absence de réglementation et de cadre national crée une gestion inégale et rend l'investissement des GDS difficile à maintenir, faute de moyens humains et financiers suffisants. En ce sens, le coût élevé de la lutte, pour les éleveurs comme pour les GDS, constitue un frein majeur. Les éleveurs hésitent à s'engager dans une démarche d'assainissement en raison des pertes inévitables associées. Les aides financières mises à disposition ont vocation à soutenir et motiver les éleveurs, mais les sommes allouées par les GDS ou autres organismes locaux peuvent atteindre des montants très élevés. Enfin, le manque de mesures réellement efficaces et leur mise en œuvre souvent contraignante entraînent un découragement général. Davantage de recherches sur des stratégies de lutte adaptées seraient nécessaires, mais leur développement reste freiné par des contraintes économiques (Alzieu et al., 2017a), ce qui appuie à nouveau l'intérêt d'une réglementation pour accélérer ce processus.

Ce sentiment de découragement, évoqué précédemment, est ressorti de manière transversale dans cette étude. Plusieurs GDS estiment que la maladie progresse malgré les efforts engagés, et semblent exprimer une forme d'impuissance face à l'ampleur du problème. En particulier, le GDS 06 avait déclaré « *être face à un mur* ». Certains GDS ayant investi des ressources importantes par le passé paraissent aujourd'hui lassés, ce qui se traduit parfois par une diminution de leur implication en l'absence de résultats tangibles ou durables. Dans le cas du GDS 05, ce découragement a conduit à l'arrêt complet de la lutte après la dépense de « *sommes considérables* » jusqu'en 2015 pour des résultats jugés insuffisants voire absents. Cette dynamique peut instaurer un cercle vicieux : la progression de la maladie accroît la prévalence départementale, laquelle est ensuite perçue par les GDS comme un frein supplémentaire à la lutte. Par ailleurs, le manque d'adhésion ou de cohésion des éleveurs, déjà observé dans l'application inégale des mesures de surveillance et de contrôle, a été souvent mentionné par les GDS et est probablement un facteur participant à leur démotivation. Dans les zones enzootiques, certains éleveurs semblent avoir adopté un positionnement fataliste (GDS 26 notamment), considérant la maladie comme inévitable ou stabilisée par une forme d'« immunité » collective (évoquée par plusieurs GDS de PACA). Cet état d'esprit réduit l'investissement dans la lutte. À l'inverse, les éleveurs plus sensibilisés peuvent éprouver une lassitude devant la complexité des démarches et les pertes économiques associées. Le manque de relais vétérinaire pourrait accentuer cette impression d'isolement. Le découragement des GDS peut également influencer sur leur discours auprès des éleveurs et des vétérinaires, et par conséquent sur leur perception de la maladie et leur implication dans la gestion. Le GDS 04 illustre ce phénomène : ayant qualifié la lutte « *d'illusoire* », il en est venu à conseiller l'achat de taureaux déjà séropositifs, estimant que les animaux indemnes introduits se contaminent rapidement et développent des formes cliniques sévères. Ce type de message peut profondément influencer la manière dont la maladie est appréhendée et gérée localement.

3. Perspectives

Cette étude a permis de dresser un état des lieux, non exhaustif, de la situation épidémiologique de la besnoitiose dans les régions AURA et PACA. Elle a recensé les mesures en place, leurs points forts ainsi que des leviers d'améliorations, en lien avec les recommandations de la littérature. En particulier, l'engagement des acteurs locaux occupe un rôle central dans la réussite de la lutte. Cette étude constitue ainsi une base pour de futures investigations sur la mise en œuvre et l'efficacité des méthodes en place.

Malgré l'identification de pratiques courantes et parfois à risque par les GDS, aucun facteur de risque n'a pu être établi avec certitude lors de nos analyses. Une approche territoriale plus fine, à l'image de l'étude menée en Isère par Picq (2023), serait nécessaire pour investiguer la situation épidémiologique plus en détails (typologie et conduites d'élevages, prévalences intra-cheptels, parcellaire, répartition des foyers départementaux, cas cliniques, etc). Par ailleurs, un approfondissement de la méthodologie d'assainissement des cheptels aurait été pertinent, d'autant plus que de nouvelles méthodes sont disponibles. La collecte des données des plans d'assainissement avait été envisagée à l'issue des réponses au questionnaire, mais n'a finalement pas pu être réalisée. Néanmoins, plusieurs GDS ont partagé leurs retours d'expérience ou transmis de la documentation à ce sujet, notamment sur l'usage de la PCR sur biopsie cutanée (Grisez et al., 2020). Les retours semblent mitigés, avec une réalisation parfois dangereuse (contention des animaux), et des conséquences à « double tranchant » puisque les résultats non-positifs peuvent pousser les éleveurs à croire que les bovins ne sont pas excréteurs et donc non dangereux pour le reste du troupeau. En raison de la nouveauté de cette technique, cette remontée d'avis de terrain est intéressante et devrait être considérée dans la communication future.

Enfin, à l'occasion de la prise de contact avec les GDS, plusieurs d'entre eux ont souligné des tensions interdépartementales, en particulier entre les régions AURA et PACA, avec des rapports problématiques et conflictuels. La région AURA a été présentée comme une « *zone tampon* » entre le sud et le nord du pays, et les échanges de bovins sont apparus comme une source de frustration, notamment dans le cas des flux importants de génisses entre certains départements d'AURA (Isère, Savoie et Haute Savoie en particulier) et les Hautes-Alpes, et également pour les estives. Cette impression globale a été ressentie à la suite de l'analyse de nos données, avec un engagement visiblement moins marqué en région PACA, un découragement des GDS face à la situation épidémiologique, et une motivation des éleveurs moins présente. Toutefois, cette situation ne semble pas satisfaire les GDS concernés, et plusieurs interlocuteurs ont évoqué être motivés et disposés à trouver des pistes pour améliorer ces tensions. Notamment, la différence marquée du taux de dépistage des bovins hauts-alpins lors de participation à des estives intra ou extra-départementales témoigne d'une bonne volonté lors d'échanges d'animaux. Ainsi, cette étude n'avait pas pour objectif de mettre en opposition les régions AURA et PACA, mais une investigation plus approfondie des relations interdépartementales et de leurs enjeux vis-à-vis de la besnoitiose pourrait être pertinente.

CONCLUSION

Depuis sa réémergence au début des années 2000, la besnoitiose bovine s'est progressivement étendue sur l'ensemble du territoire français et européen. Plus de la moitié des départements français ont déjà recensé des cas, avec un foyer secondaire majeur identifié en région PACA. GDS France est engagé depuis plusieurs années dans la lutte contre cette maladie mais les stratégies appliquées demeurent hétérogènes entre les départements.

Dans le cadre de ce travail, un questionnaire en ligne a été adressé à l'ensemble des GDS des régions AURA et PACA, connues pour être touchées par la besnoitiose bovine, afin de réaliser un état des lieux vis-à-vis de la maladie. Cette enquête vise ainsi à mieux décrire leur situation épidémiologique, la perception de la maladie par les acteurs de la filière, ainsi que les objectifs et mesures mises en œuvre pour sa prévention et son contrôle.

Sur les 17 de notre zone d'étude, 15 GDS ont participé à notre enquête. Leurs réponses ont permis d'établir que la besnoitiose est implantée depuis plus de dix ans dans les deux tiers des départements, et considérée comme enzootique dans plus de la moitié d'entre eux. La prévalence est apparue plus élevée dans les cheptels allaitants que laitiers, bien que ces chiffres soient probablement sous-estimés.

Les degrés de communication des GDS sur la besnoitiose sont divers, et leur mobilisation varie selon l'importance locale de la filière bovine. Les GDS considérant cette production comme prioritaire ont principalement pour objectif une élimination partielle de la maladie, et non totale. Cela passe entre autre par la mise à disposition de plans d'assainissement pour leurs éleveurs, dont l'adhésion reste néanmoins assez faible. Les GDS de la région PACA, où la filière bovine est d'importance moindre, ne possèdent pas de tels objectif ni dispositif.

Les dispositifs de surveillance sont nombreux, mais appliqués de manière hétérogène. Le panel de surveillance est plus vaste dans les départements où la filière bovine est importante et la maladie épizootique. Les surveillances les mieux maîtrisées semblent être le dépistage de masse sur le lait sur les troupeaux laitiers, ainsi que le dépistage à l'introduction. La surveillance des troupeaux allaitants, via la prophylaxie, et le contrôle sanitaire lors des estives sont plus variables et limités.

Les mesures de contrôle conseillées reposent principalement sur l'élimination des bovins infectés et sur les mesures de conduite de troupeau, bien que leur application reste freinée par des contraintes pratiques. La lutte anti-vectorielle est plus marginale car généralement perçue peu efficace et coûteuse.

D'après les 15 GDS de notre zone d'étude, les perceptions des éleveurs sont hétérogènes entre les territoires, et peu impactées par la filière de production. Elles peuvent toutefois varier selon la dynamique épidémiologique et l'importance de la filière bovine sur le territoire. L'implication des vétérinaires semble aussi inégale et est souvent jugée insuffisante. L'impact économique perçu de la besnoitiose sur les cheptels dépend principalement de l'intensité de l'infection, et non du type de production, bien que son estimation précise reste difficile en raison de l'insuffisance de données disponibles.

En conclusion, notre étude a mis en évidence une volonté globale des GDS de lutter contre la besnoitiose, modulée par l'importance de la filière bovine sur leur territoire. Cette volonté est toutefois freinée par un sentiment d'irréalisabilité lié au manque de motivation de certains acteurs, du coût financier élevé et de l'absence de consensus national et cadre réglementaire. Un moyen d'appui important des GDS pour pallier ces limites est la mise en place d'aides financières.

Notre travail corrobore les recommandations de la littérature existante, en soulignant à nouveau la nécessité d'une réglementation de la besnoitiose. Celle-ci constituerait un levier concret pour les GDS afin de renforcer la coordination des actions et permettre une application plus homogène et efficace des mesures en place. Des études économiques approfondies complémentaires doivent être mises en œuvre pour permettre d'appuyer efficacement les actions des GDS en sensibilisant les éleveurs à la nécessité de la lutte.

Un approfondissement de cette étude pour mieux comprendre les spécificités et enjeux locaux de chaque territoire serait intéressant, afin d'adapter les stratégies aux réalités de terrain. Une enquête ciblée sur les liens et interactions entre les départements des régions AURA et PACA, pourrait aussi permettre l'identification de leviers de collaboration renforcée, voire d'harmonisation des dispositifs de gestion, en faveur d'une approche collective et plus structurée de la lutte contre la besnoitiose.

BIBLIOGRAPHIE

Agreste. *La transhumance collective*. Consulté 9 août 2025, à l'adresse <https://vizagreste.agriculture.gouv.fr/la-transhumance-collective.html>

Agreste (2020). *Recensement agricole 2020—Indicateurs : Cartes, données et graphiques*. <https://stats.agriculture.gouv.fr/cartostat/#bbox=-519314,7172292,2380317,1237245&c=indicator&view=map13>

Álvarez-García, G., Fernández-García, A., Gutiérrez-Expósito, D., Quiteria, J. A. R.-S., Aguado-Martínez, A., & Ortega-Mora, L. M. (2014a). Seroprevalence of *Besnoitia besnoiti* infection and associated risk factors in cattle from an endemic region in Europe. *The Veterinary Journal*, 200(2), 328-331. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.02.013>

Álvarez-García, G., Frey, C. F., Mora, L. M. O., & Schares, G. (2013). A century of bovine besnoitiosis : An unknown disease re-emerging in Europe. *Trends in Parasitology*, 29(8), 407-415. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2013.06.002>

Álvarez-García, G., García-Lunar, P., Gutiérrez-Expósito, D., Shkap, V., & Ortega-Mora, L. M. (2014b). Dynamics of *Besnoitia besnoiti* infection in cattle. *Parasitology*, 141, 1-17. <https://doi.org/10.1017/S0031182014000729>

Alzieu, J.-P., Dorchies, P., Schelcher, F., & Gottstein, B. (2007). L'extension de la besnoitiose bovine en France. *Le Point Vétérinaire*, 38(276), 37-43.

Alzieu, J.-P., Jacquet, P., Boulon, C., Corboz, N., Desclaux, X., Prevot, F., Franc, M., Rameil, M., Grisez, C., Malavieille, R., Lacz, C., Le Tallec, C., Lantuejoul, C., Ngwa Mbot, D., Bouhsira, E., & Lienard, E. (2015). Quelles stratégies possibles pour éviter l'introduction de la besnoitiose dans les cheptels sains ? In *Parasitisme : Enjeux et opportunités* (p. 509-518). Nantes : SNGTV.

Alzieu, J.-P., Jacquet, P., Boulon, C., Devos, J., Lemaire-Meyer, M., Desclaux, X., Rameil, M., Grisez, C., & Mejean, F. (2020). La besnoitiose bovine : Stratégies de prévention et d'assainissement en cheptels infectés. *Bulletin des GTV*, 99, 63-68.

Alzieu, J.-P., Jacquet, P., Boulon, C., Mejean, F., Desclaux, X., Prevot, F., Franc, M., Rameil, M., Grisez, C., Malavieille, R., Bouhsira, E., & Lienard, E. (2016). La besnoitiose bovine : Actualités physiopathologiques, cliniques et épidémiologiques. *Bulletin des GTV*, 84, 67-78.

Alzieu, J.-P., Jacquet, P., Boulon, C., Mejean, F., Desclaux, X., Prevot, F., Franc, M., Rameil, M., Grisez, C., Malavieille, R., Bouhsira, E., & Lienard, E. (2017a). La besnoitiose bovine : Moyens de diagnostic et stratégies possibles de contrôle. *Bulletin des GTV*, 85, 63-70.

Alzieu, J.-P., Jacquet, P., Boulon, C., Mejean, F., Lemaire-Meyer, M., Desclaux, X., Rameil, M., Perez, L., Prevot, F., & Grisez, C. (2019a). L'expérience de dépistage et d'éradication de la besnoitiose bovine sur le plateau ardèchois du Coiron entre 2010 et 2019. *Bulletin des GTV*, 96, 57-62.

Alzieu, J.-P., Jacquet, P., Comtet, L., Martin, K., Malzac, M., Pourquier, Ph., Boulon, C., Desclaux, X., Rameil, M., Mejean, F., Prevot, F., Grisez, C., & Lienard, E. (2017b). La besnoitiose bovine : Actualités épidémiologiques et complétion diagnostique par une trousse ELISA lait. In *Vétérinaires en productions animales au service des éleveurs, des filières et de la santé publique* (p. 527-537). Reims : SNGTV.

Alzieu, J.-P., Jacquet, P., Desclaux, X., Rameil, M., Perez, L., Prevot, F., Grisez, C., Bottari, L., Boulon, C., Mejean, F., Lacz, C., Paillas, J. M., & Locatelli, C. (2019b). La besnoitiose bovine : Du diagnostic au contrôle. Intérêts et limites des méthodes diagnostiques pour les matrices sang, lait et peau. *Bulletin des GTV*, 95, 89-102.

Alzieu, J.-P., Jacquet, P., Lienard, E., Grisez, C., Prevot, F., Desclaux, X., Nussbaum, S., Bergeaud, J. P., Franc, M., Schelcher, F., Malavieille, R., Corboz, N., Bastien, F., Guerrier-Châtelet, M. C., Gavet, L., Schneider, V., & Boulon, C. (2011). Réémergence de la besnoitiose bovine : Démarche diagnostique et possibilités de contrôle. *Bulletin des GTV*, 58, 71-86.

Anastácio, C., Bexiga, R., Nolasco, S., Zúquete, S., Delgado, I. L. S., Nunes, T., & Leitão, A. (2022). Impact of Endemic Besnoitiosis on the Performance of a Dairy Cattle Herd. *Animals*, 12(10), 1291. <https://doi.org/10.3390/ani12101291>

Anses. (2024). *Liste des trousses ELISA Besnoitiose contrôlés conformes*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/LABO-Ft-ELISA-Besnoitiose.pdf>

Arnal, M. C., Gutiérrez-Expósito, D., Martínez-Durán, D., Regidor-Cerrillo, J., Revilla, M., Fernández de Luco, D., Jiménez-Meléndez, A., Ortega-Mora, L. M., & Álvarez-García, G. (2017). Systemic Besnoitiosis in a Juvenile Roe Deer (*Capreolus capreolus*). *Transboundary and Emerging Diseases*, 64(5), e8-e14. <https://doi.org/10.1111/tbed.12514>

Baldacchino, F., Desquesnes, M., Mihok, S., Foil, L. D., Duvallet, G., & Jittapalapong, S. (2014a). Tabanids : Neglected subjects of research, but important vectors of disease agents! *Infection, Genetics and Evolution*, 28, 596-615. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2014.03.029>

Baldacchino, F., Gardès, L., De Stordeur, E., Jay-Robert, P., & Garros, C. (2014b). Blood-feeding patterns of horse flies in the French Pyrenees. *Veterinary Parasitology*, 199(3), 283-288. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.10.009>

Baldacchino, F., Muenworn, V., Desquesnes, M., Desoli, F., Charoenviriyaphap, T., & Duvallet, G. (2013). Transmission of pathogens by *Stomoxys* flies (Diptera, Muscidae) : A review. *Parasite*, 20, 26. <https://doi.org/10.1051/parasite/2013026>

Barros, A. T. M., & Foil, L. D. (2007). The influence of distance on movement of tabanids (Diptera : Tabanidae) between horses. *Veterinary Parasitology*, 144(3-4), 380-384. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.09.041>

Basso, W., Schares, G., Gollnick, N. S., Rütten, M., & Deplazes, P. (2011). Exploring the life cycle of *Besnoitia besnoiti*—Experimental infection of putative definitive and intermediate host species. *Veterinary Parasitology*, 178(3-4), 223-234. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.01.027>

Basson, P. A., McCULLY, R. M., & Bigalke, R. D. (1970). Observations on the pathogenesis of bovine and antelope strains of *Besnoitia besnoiti* (Marotel, 1912) infection in cattle and rabbits. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 37(2), 105-126.

Besnoit, C., & Robin, V. (1912). Sarcosporidiose cutanée chez une vache. *Revue vétérinaire (Journal des vétérinaires du Midi)*, 11, 649-663.

Bigalke, R. D. (1968). New concepts on the epidemiological features of bovine besnoitiosis as determined by laboratory and field investigations. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 35(1), 3-137.

Bigalke, R. D., Basson, P. A., McCully, R. M., Bosman, P. P., Schoeman, J. H. (1974). Studies in cattle on the development of a live vaccine against bovine besnoitiosis. *Journal of The South African Veterinary Association*, 45(3), 207-209. https://doi.org/10.10520/AJA00382809_3902

Bigalke, R. D., Niekerk, J. W. V., Basson, P. A., & McCully, M. (1967). Studies on the relationship between *Besnoitia* of blue wildebeest and impala, and *Besnoitia besnoiti* of cattle. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 34(1), 7-28.

Biosellal. (2024). *Dossier de validation BioLisa® kit Besnoitia Ab*.

BioX Diagnostics. (2023). *Notice d'utilisation Monoscreen AbELISA Besnoitia besnoiti*.

- Bouyer, J., Grimaud, Y., Pannequin, M., Esnault, O., & Desquesnes, M. (2011). Importance épidémiologique et contrôle des stomoxes à la Réunion. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation*, 43 Spécial DOM-TOM, 53-58.
- Cadéac, C. (1884). Identité de l'éléphantiasis et de l'anasarque du boeuf—Description de cette maladie. *Revue vétérinaire*, 9ème année, 521-541.
- Cervantes-Valencia, M. E., Hermosilla, C., Alcalá-Canto, Y., Tapia, G., Taubert, A., & Silva, L. M. R. (2019). Antiparasitic Efficacy of Curcumin Against *Besnoitia besnoiti* Tachyzoites in vitro. *Frontiers in Veterinary Science*, 5. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00333>
- Chemouni, R. (2018). *La besnoitiose bovine en France : enquête rétrospective sur la situation épidémiologique, les moyens de surveillance et de contrôle préconisés par les GDS de France métropolitaine* [Thèse d'exercice]. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, 112 p. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04950947v1/file/A-2018-074.pdf>
- Coelho, J., Domingues, J., Waap, H., & Stilwell, G. (2023). Epidemiological characteristics of bovine besnoitiosis (*Besnoitia besnoiti*) in a beef cattle farm : A cross-sectional serological assessment. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1158235. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1158235>
- Conejeros, I., Velasquez, Z. D., Grob, D., Zhou, E., Salecker, H., Hermosilla, C., & Taubert, A. (2019). Histone H2A and Bovine Neutrophil Extracellular Traps Induce Damage of *Besnoitia besnoiti*-Infected Host Endothelial Cells but Fail to Affect Total Parasite Proliferation. *Biology*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/biology8040078>
- Conseil fédéral suisse. (2023). *Ordonnance sur les épizooties (OFE) du 27 juin 1995*. <https://www.lexfind.ch/tolv/232367/fr>
- Cortes, H., Ferreira, M. L., Silva, J. F., Vidal, R., & Serra, P. (2003). Contribuição para o estudo da besnoitiose bovina em Portugal. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 98(545), 43-46.
- Cortes, H., Leitão, A., Gottstein, B., & Hemphill, A. (2014). A review on bovine besnoitiosis : A disease with economic impact in herd health management, caused by *Besnoitia besnoiti* (Franco and Borges, 1916). *Parasitology*, 141(11), 1406-1417. <https://doi.org/10.1017/S0031182014000262>
- Cortes, H., Leitão, A., Vidal, R., Vila-Viçosa, M. J., Ferreira, M. L., Caeiro, V., & Hjerpe, C. A. (2005). Besnoitiosis in bulls in Portugal. *Veterinary Record*, 157(9), 262-264. <https://doi.org/10.1136/vr.157.9.262>
- Cortes, H., Mueller, N., Esposito, M., Leitão, A., Naguleswaran, A., & Hemphill, A. (2007). In vitro efficacy of nitro- and bromo-thiazolyl-salicylamide compounds (thiazolides) against *Besnoitia besnoiti* infection in Vero cells. *Parasitology*, 134(7), 975-985. <https://doi.org/10.1017/S0031182007002417>
- Cortes, H., Muller, N., Boykin, D., Stephens, C. E., & Hemphill, A. (2011). In vitro effects of arylimidamides against *Besnoitia besnoiti* infection in Vero cells. *Parasitology*, 138(5), 583-592. <https://doi.org/10.1017/S0031182011000114>
- Cortes, H., Reis, Y., Waap, H., Vidal, R., Soares, H., Marques, I., Pereira da Fonseca, I., Fazendeiro, I., Ferreira, M. L., Caeiro, V., Shkap, V., Hemphill, A., & Leitão, A. (2006). Isolation of *Besnoitia besnoiti* from infected cattle in Portugal. *Veterinary Parasitology*, 141(3), 226-233. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.05.022>
- Delafosse, A. (2011). Enquête sérologique sur l'introduction de la besnoitiose bovine dans l'Orne. *Le Point Vétérinaire*, 42(317), 52-56.
- Delooz, L., Evrard, J., Mpouam, S. E., & Saegerman, C. (2021). Emergence of *Besnoitia besnoiti* in Belgium. *PATHOGENS*, 10(12), 1529. <https://doi.org/10.3390/pathogens10121529>

- Diesing, L., Heydorn, A. O., Matuschka, F. R., Bauer, C., Pipano, E., De Waal, D. T., & Potgieter, F. T. (1988). *Besnoitia besnoiti*: Studies on the definitive host and experimental infections in cattle. *Parasitology Research*, 75(2), 114-117. <https://doi.org/10.1007/BF00932710>
- Diezma-Díaz, C., Ferre, I., Re, M., Jiménez-Meléndez, A., Tabanera, E., González-Huecas, M., Pizarro-Díaz, M., Yanguas-Pérez, D., Brum, P. L., Blanco-Murcia, J., Ortega-Mora, L. M., & Álvarez-García, G. (2019a). The route of *Besnoitia besnoiti* tachyzoites inoculation does not influence the clinical outcome of the infection in calves. *Veterinary Parasitology*, 267, 21-25. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2019.02.001>
- Diezma-Díaz, C., Ferre, I., Re, M., Jiménez-Meléndez, A., Tabanera, E., Pizarro-Díaz, M., González-Huecas, M., Alcaide-Pardo, M., Blanco-Murcia, F. J., Ortega-Mora, L. M., & Álvarez-García, G. (2019b). A model for chronic bovine besnoitiosis: Parasite stage and inoculation route are key factors. *Transboundary and Emerging Diseases*, 67(1), 234-249. <https://doi.org/10.1111/tbed.13345>
- Diezma-Díaz, C., Ferre, I., Saldias, B., Blanco-Murcia, J., Ortega-Mora, L. M., & Álvarez-García, G. (2020). Added value of IgM detection and low avidity index as markers of acute bovine besnoitiosis. *Veterinary Parasitology*, 277. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2019.109012>
- Diezma-Díaz, C., Jiménez-Meléndez, A., Fernández, M., Gutiérrez-Expósito, D., García-Lunar, P., Ortega-Mora, L. M., Pérez-Salas, J. A., Blanco-Murcia, J., Ferre, I., & Álvarez-García, G. (2017). Bovine chronic besnoitiosis in a calf: Characterization of a novel *B. besnoiti* isolate from an unusual case report. *Veterinary Parasitology*, 247, 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.09.017>
- Diezma-Díaz, C., Jiménez-Meléndez, A., Re, M. T., Ferre, I., Ferreras, M. del C., Gutiérrez-Expósito, D., Rojo-Montejo, S., Román-Trufero, A., Benavides-Silván, J., García-Lunar, P., Calleja-Bueno, L., Blanco-Murcia, J., Osoro, K., Ortega-Mora, L.-M., & Álvarez-García, G. (2018). Effect of parasite dose and host age on the infection with *Besnoitia besnoiti* tachyzoites in cattle. *Transboundary and Emerging Diseases*, 65(6), 1979-1990. <https://doi.org/10.1111/tbed.12980>
- DRAAF Occitanie. (2021, mars 9). *La nouvelle catégorisation des maladies animales et ses impacts*. <https://draaf.occitanie.agriculture.gouv.fr/01-la-nouvelle-categorisation-des-maladies-animales-et-ses-impacts-a5791.html>
- Dubey, J. P., Shkap, V., Pipano, E., Fish, L., & Fritz, D. L. (2003). Ultrastructure of *Besnoitia besnoiti* Tissue Cysts and Bradyzoites. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 50(4), 240-244. <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2003.tb00127.x>
- Dubey, J. P., Van Wilpe, E., Blignaut, D., Schares, G., & Williams, J. (2013). Development of early tissue cysts and associated pathology of *Besnoitia besnoiti* in a naturally infected bull (*Bos taurus*) from South Africa. *The Journal of Parasitology*, 99(3), 459-466. <https://doi.org/10.2307/41982439>
- Duboisset, C. (2013). *Etude rétrospective d'un foyer de besnoitiose bovine dans le département de l'Ardèche: Aspects économiques* [Thèse d'exercice]. Vetagro Sup Lyon, 98 p. <https://alex.vetagro-sup.fr/Record.htm?idlist=13&record=19415242124912334249>
- Eberhard, N., Balmer, V., Müller, J., Müller, N., Winter, R., Pou, S., Nilsen, A., Riscoe, M., Francisco, S., Leitao, A., Doggett, J. S., & Hemphill, A. (2020). Activities of Endochin-Like Quinolones Against in vitro Cultured *Besnoitia besnoiti* Tachyzoites. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00096>
- EFSA. (2010). Bovine Besnoitiosis: An emerging disease in Europe. *EFSA Journal*, 8(2), 1499. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1499>
- Ellis, J. T., Holmdahl, O. J. M., Ryce, C., Njenga, J. M., Harper, P. A. W., & Morrison, D. A. (2000). Molecular Phylogeny of *Besnoitia* and the Genetic Relationships Among *Besnoitia* of Cattle, Wildebeest and Goats. *Protist*, 151(4), 329-336. [https://doi.org/10.1078/S1434-4610\(04\)70031-0](https://doi.org/10.1078/S1434-4610(04)70031-0)

- Esquerré, E. (2015). *La besnoitiose : Synthèse méthodique épidémiologique et étude de l'évolution épidémiologique en région PACA* [Thèse d'exercice]. Vetagro Sup Lyon, 136 p. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04950947v1/file/A-2018-074.pdf>
- Esteban-Gil, A., Calvete, C., Casasús, I., Sanz, A., Ferrer, J., Peris, M. P., Marcén-Seral, J. M., & Castillo, J. A. (2017). Epidemiological patterns of bovine besnoitiosis in an endemic beef cattle herd reared under extensive conditions. *Veterinary Parasitology*, 236, 14-21. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.12.018>
- Esteban-Gil, A., Grisez, C., Prevot, F., Florentin, S., Decaudin, A., Picard-Hagen, N., Berthelot, X., Ronsin, P., Alzieu, J. P., Marois, M., Corboz, N., Peglion, M., Vilardell, C., Liénard, E., Bouhsira, E., Castillo, J. A., Franc, M., & Jacquet, P. (2014). No detection of *Besnoitia besnoiti* DNA in the semen of chronically infected bulls. *Parasitology Research*, 113(6), 2355-2362. <https://doi.org/10.1007/s00436-014-3894-9>
- Esteban-Gil, A., Jacquet, P., Florentin, S., Decaudin, A., Berthelot, X., Ronsin, P., Grisez, C., Prevot, F., Alzieu, J. P., Marois, M., Corboz, N., Peglion, M., Vilardell, C., Liénard, E., Bouhsira, E., Castillo, J. A., Franc, M., & Picard-Hagen, N. (2016). Does bovine besnoitiosis affect the sexual function of chronically infected bulls? *Theriogenology*, 86(5), 1325-1332. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.074>
- Evrard, J., & Quinet, C. (2020). Et si la besnoitiose n'avait pas de frontières ? L'exemple de la Belgique. *Bulletin des GTV*, 98, 83-86.
- Fernandez-Garcia, A., Álvarez-García, G., Risco-Castillo, V., Aguado-Martínez, A., Marcén, J., Rojo-Montejo, S., Castillo, J., & Ortega-Mora, L. M. (2010). Development and use of an indirect ELISA in an outbreak of bovine besnoitiosis in Spain. *The Veterinary record*, 166, 818-822. <https://doi.org/10.1136/vr.b4874>
- Fernandez-Garcia, A., Álvarez-García, G., Risco-Castillo, V., Aguado-Martínez, A., Marugán-Hernández, V., & Ortega-Mora, L. M. (2009a). Pattern of recognition of *Besnoitia besnoiti* tachyzoite and bradyzoite antigens by naturally infected cattle. *Veterinary Parasitology*, 164(2), 104-110. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.06.020>
- Fernandez-Garcia, A., Risco-Castillo, V., Pedraza-Díaz, S., Aguado-Martínez, A., Álvarez-García, G., Bautista, M., Collantes-Fernández, E., & Ortega-Mora, L. M. (2009b). First Isolation of *Besnoitia besnoiti* from a Chronically Infected Cow in Spain. *The Journal of parasitology*, 95(2), 474-476. <https://doi.org/10.1645/GE-1772.1>
- Fouquet, C. (2009). *La besnoitiose bovine : Suivi épidémiologique de l'épizootie de la région PACA* [Thèse d'exercice]. Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, 106 p. <https://alex.vetagro-sup.fr/Record.htm?idlist=9&record=19493153124912113359>
- Freudiger, I. (2008). *La besnoitiose bovine : Étude épidémiologique de l'épizootie des Alpes-de-Haute-Provence et des Hautes-Alpes* [Thèse d'exercice]. Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, 85 p. https://www2.vetagro-sup.fr/bib/fondoc/th_sout/th_pdf/2008lyon008.pdf
- Frey, C. F., Gutiérrez-Expósito, D., Ortega-Mora, L. M., Benavides, J., Marcén, J. M., Castillo, J. A., Casasús, I., Sanz, A., García-Lunar, P., Esteban-Gil, A., & Álvarez-García, G. (2013). Chronic bovine besnoitiosis: Intra-organ parasite distribution, parasite loads and parasite-associated lesions in subclinical cases. *Veterinary Parasitology*, 197(1), 95-103. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.04.023>
- Frey, C. F., Regidor-Cerrillo, J., Marreros, N., García-Lunar, P., Gutiérrez-Expósito, D., Schares, G., Dubey, J. P., Gentile, A., Jacquet, P., Shkap, V., Cortes, H., Ortega-Mora, L. M., & Álvarez-García, G. (2016). *Besnoitia besnoiti* lytic cycle in vitro and differences in invasion and intracellular proliferation among isolates. *Parasites & Vectors*, 9. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1405-9>

- FRGDS AURA. (2021). Besnoitiose—Des actions en cours pour faire face à cette maladie. *GDS Info Auvergne Rhône-Alpes Loire*, 6. https://www.frgdsaura.fr/assets/uploads/BD_gdsinfo_loire_2021_1.pdf
- FRGDS AURA. (2022). Besnoitiose—Des actions en régions pour maîtriser cette parasitose. *GDS Info Auvergne Rhône-Alpes Les Savoie*, 12. https://www.frgdsaura.fr/assets/uploads/GDS%20des%20Savoie/Menu%20Communication/BDEF_gdsinfo_savoie_2022.pdf
- FRGDS AURA. (2023a). *Catalogue de formations 2023-2024*. <https://www.frgdsaura.fr/assets/uploads/Programme%20Formation%202023-24%20AURA.pdf>
- FRGDS AURA. (2023b, avril 12). *Des éleveurs touchés racontent*. <https://www.frgdsaura.fr/des-eleveurs-touchees-se-sont-mobilises-pour-lutter>
- FRGDS AURA. (2023c, avril 27). *La besnoitiose bovine*. <https://www.frgdsaura.fr/la-besnoitiose-bovine.html>
- FRGDS AURA. (2024a). Circulation et introductions—Un risque majeur pour la santé du troupeau. *GDS Info Auvergne Rhône-Alpes Ain*, 18-19. <https://www.frgdsaura.fr/assets/uploads/GDS%20Info%202024%20-%20Dossier%20Bios%C3%A9curit%C3%A9.pdf>
- FRGDS AURA. (2024b). Prophylaxies 2023-2024—S’adapter au contexte épidémiologique. *GDS Info Auvergne Rhône-Alpes Haute Loire*, 6-7. <https://www.frgdsaura.fr/assets/uploads/GDS43/Pr%C3%A9sentation%20GDS/GDS%20Info%20Auvergne%20Rhône-Alpes%20-%202024%20Haute-Loire%202024.pdf>
- Ganière, J.-P. (2024). *Cours de réglementation sanitaire vétérinaire générale [en ligne]*. Oniris; 134 p. https://eve.vet-alfort.fr/pluginfile.php/107854/mod_resource/content/0/Polycopi%C3%A9%20LSG%20V3%2001-02-2024-JPG.pdf
- García-Lunar, P., Ortega-Mora, L. M., Schares, G., Diezma-Díaz, C., & Álvarez-García, G. (2017). A new lyophilized tachyzoite based ELISA to diagnose *Besnoitia* spp. Infection in bovids and wild ruminants improves specificity. *Veterinary Parasitology*, 244, 176-182. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.07.029>
- García-Lunar, P., Ortega-Mora, L. M., Schares, G., Gollnick, N. S., Jacquet, P., Grisez, C., Prevot, F., Frey, C. F., Gottstein, B., & Álvarez-García, G. (2013). An Inter-Laboratory Comparative Study of Serological Tools Employed in the Diagnosis of *Besnoitia besnoiti* Infection in Bovines. *Transboundary and Emerging Diseases*, 60(1), 59-68. <https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2012.01318.x>
- García-Lunar, P., Schares, G., Sanz-Fernández, A., Jiménez-Meléndez, A., García-Soto, I., Regidor-Cerrillo, J., Pastor-Fernández, I., Hemphill, A., Fernández-Álvarez, M., Ortega-Mora, L. M., & Álvarez-García, G. (2019). Development and characterization of monoclonal antibodies against *Besnoitia besnoiti* tachyzoites. *Parasitology*, 146(2), 187-196. <https://doi.org/10.1017/S0031182018001336>
- Garrido-Castañé, I., Romero, A., Castella, J., Hentrich, B., & Basso, W. (2018). *Besnoitia besnoiti* seroprevalence in beef, dairy and bullfighting cattle in Catalonia (north-eastern Spain) : A cross-sectional study. *Parasitology International*, 69, 71-74. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2018.12.001>
- Gazzonis, A. L., Alvarez Garcia, G., Maggioni, A., Zanzani, S. A., Olivieri, E., Compiani, R., Sironi, G., Ortega Mora, L. M., & Manfredi, M. T. (2017). Serological dynamics and risk factors of *Besnoitia besnoiti* infection in breeding bulls from an endemically infected purebred beef herd. *Parasitology Research*, 116(4), 1383-1393. <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5418-x>
- Gazzonis, A. L., Garcia, G. A., Zanzani, S. A., Garippa, G., Rossi, L., Maggiora, M., Dini, V., Invernizzi, A., Luini, M., Tranquillo, V. M., Mora, L. O., & Manfredi, M. T. (2014). *Besnoitia besnoiti* among cattle in insular and northwestern Italy : Endemic infection or isolated outbreaks? *Parasites & Vectors*, 7. <https://doi.org/10.1186/s13071-014-0585-4>

GDS Ain. (2024, septembre 30). *Nouveau : Analyse Besnoitiose obligatoire à l'intro à partir du 1er octobre*. FRGDS AURA. <https://www.frgdsaura.fr/nouveau-analyse-besnoitiose-obligatoire-a-lintro-a-partir-du-1er-octobre-2.html>

GDS Allier. *Formations*. Consulté le 23 août 2025, à l'adresse <http://www.gds03.fr/Formations>

GDS Allier. *A quoi sert un GDS ?*. Consulté 16 novembre 2025, à l'adresse <http://www.gds03.fr/QFG>

GDS Ardèche. *Règles à respecter pour les opérations de prophylaxie 2024-2025*. FRGDS AURA. Consulté 1 août 2025, à l'adresse <https://www.frgdsaura.fr/regles-a-respecter-pour-les-operations-de-prophylaxie-2023-2024.html>

GDS Ardèche. (2024). *Plan besnoitiose GDS 07 : contrat d'engagement 2024-2025*. <https://www.frgdsaura.fr/assets/uploads/gds07/contrat%20engagt%20plan%20besnoitiose%20version%202024-2025%20du%2001102024%20.pdf>

GDS Bourgogne Franche-Comté. (2019, juin 20). *Besnoitiose : Dépistage systématique à l'introduction des bovins ne provenant pas de Franche-Comté*. https://www.gdsbfc.org/actualites/actu-besnoitiose-gds25-depistage-introduction.html?utm_source=chatgpt.com

GDS Calvados. *La Besnoitiose bovine*. Consulté 5 juillet 2025, à l'adresse <https://gds-calvados.fr/maladies-des-bovins-la-besnoitiose-bovine/>

GDS des Savoie. (2024, août 13). *Surveillance Besnoitiose : Bilans des actions*. FRGDS AURA. <https://www.frgdsaura.fr/surveillance-besnoitiose-bilans-des-actions.html>

GDS des Savoie. (2025a, mars 3). *Concours—Comices*. FRGDS AURA. https://www.frgdsaura.fr/FRGDS_des_Savoie_73_564_6936_Concours-Comices.html

GDS des Savoie. (2025b, avril 14). *Kit Alpage : Dernière ligne droite pour la saison 2025 !*. FRGDS AURA. https://www.frgdsaura.fr/FRGDS_des_Savoie_73_564_6937_Le-Kit-Alpage.html

GDS des Savoie. (2025c, mai 26). *Gestion de la Besnoitiose*. FRGDS AURA. https://www.frgdsaura.fr/FRGDS_des_Savoie_73_560_6990_Plan-Besnoitiose.html

GDS des Savoie. (2025d). *Règlement « Plan d'assainissement Besnoitiose »*. <https://www.frgdsaura.fr/assets/uploads/GDS%20des%20Savoie/Plans%20maladies/R%C3%A8glements%20de%20plans/R%C3%A8glement%20plan%20besno%20GDS.pdf>

GDS Drôme. *Le pack intro bovin*. FRGDS AURA. Consulté 1 août 2025, à l'adresse <https://www.frgdsaura.fr/le-pack-intro-bovin>

GDS France. *Qui sommes-nous ?*. Consulté 2 août 2025, à l'adresse <https://www.gdsfrance.org/qui-sommes-nous/presentation-generale/>

GDS France. (2018). *Rapport d'activité GDS France 2017*. <https://www.gdsfrance.org/rapport-dactivite-2017/>

GDS France. (2019). *Rapport d'activité GDS France 2018*. <https://www.gdsfrance.org/rapport-dactivite-2018/>

GDS France. (2020). *Rapport d'activité GDS France 2019*. <https://www.yumpu.com/fr/document/read/64776194/gdsf-congres2020-rapport-moral-vf>

GDS France. (2021). *Rapport d'activité GDS France 2020*. <https://www.gdsfrance.org/rapport-dactivite-2020/>

GDS France. (2022). *Rapport d'activité GDS France 2021*. <https://www.gdsfrance.org/rapport-dactivite-gds-france-2021/>

GDS France. (2023). *Rapport d'activité GDS France 2022*. <https://www.gdsfrance.org/rapport-dactivite-gds-france-2022/>

GDS France. (2024a). *Rapport d'activité GDS France 2023*. <https://www.gdsfrance.org/rapport-dactivite-gds-france-2023/>

GDS France. (2024b). *Recensement des besoins en matière de Besnoitiose : Vers une meilleure gestion et une meilleure orientation des activités de référence*. <https://www.anses.fr/system/files/7-JNRP-2024-Besnoitiose-gestion-et-reference.pdf>

GDS France. (2024c, octobre 17). *Lutte contre la besnoitiose : Les éleveurs du GDS de l'Ardèche témoignent*. <https://www.gdsfrance.org/la-besnoitiose-des-eleveurs-du-gds-de-lardeche-temoignent/>

GDS France. (2025a). *Rapport d'activité GDS France 2024*. <https://www.gdsfrance.org/rapport-dactivite-gds-france-2024/>

GDS France. (2025b, février 5). *Journée nationale de la référence professionnelle Besnoitiose*. https://www.anses.fr/fr/system/files/XIJNRP2025Besnoitiose_Actualitesgestionreference.pdf

GDS Haute-Loire. (2024, août 13). *Règles en matière d'introduction de bovins*. FRGDS AURA. <https://www.frgdsaura.fr/regles-en-matiere-dintroduction-de-bovins.html>

GDS Isère. (2023). *Bilan du dépistage de la besnoitiose sur le lait de tank en Isère*. <https://www.frgdsaura.fr/assets/uploads/GDS%20Is%C3%A8re/Bovins/plaquette%20lait%20fevr%2023.pdf>

GDS Isère. (2024a, juin). *Lettre d'information numéro 52*. <https://www.frgdsaura.fr/assets/uploads/GDS%20Is%C3%A8re/Newsletter/52-%20Juin%202024.pdf>

GDS Isère. (2024b, juin 19). *Mémo sanitaire—Alpage 2024*. FRGDS AURA. https://www.frgdsaura.fr/FRGDS_Isere_38_504_7420_Memo-sanitaire-Alpage-2017.html

GDS Isère. (2025, mai 19). *Concours—Comices : Planning et règlement*. FRGDS AURA. https://www.frgdsaura.fr/FRGDS_Isere_38_504_7104_Arrete-Prefectoral-comices-concours.html

GDS Maine et Loire. *Besnoitiose*. Consulté 5 juillet 2025, à l'adresse <https://www.gds49.com/telechargements/fiches-maladies/besnoitiose/>

GDS Manche. (2024, juin 14). *La besnoitiose*. <https://gds50.com/espece-bovine/maladies-bovins/besnoitiose/>

GDS Moselle. (2019, octobre 18). *Salon Agrimax : Un règlement sanitaire rassurant*. Le Paysan Lorrain. <https://testwp.esteleavage.com/2019/10/18/reglement-sanitaire/>

GDS Poitou-Charentes. (2023, février 1). *La Besnoitiose bovine*. <https://www.gds-poitou-charentes.fr/la-besnoitiose-bovine/>

GDS Puy-de-Dôme. *Dépistage systématique des introductions en Besnoitiose à partir du 1er février 2023*. Consulté 1 août 2025, à l'adresse <https://www.gds63.com/2-non-categorise/294-depistage-systematique-des-introductions-en-besnoitiose-a-partir-du-1er-fevrier-2023>

GDS Rhône. (2018, juin 15). *L'écho sanitaire*. https://www.frgdsaura.fr/assets/uploads/GDS69/Rh%C3%B4ne%20Info/echo%20sanitaire%20n%C2%B015%20juin%202018_compressed.pdf

GDS Rhône. (2018, juin 15). *Besnoitiose : La surveillance se renforce pour protéger les élevages du Rhône. L'écho Sanitaire*. https://www.frgdsaura.fr/assets/uploads/GDS69/Rh%C3%B4ne%20Info/echo%20sanitaire%20n%C2%B015%20juin%202018_compressed.pdf

GDS Rhône. (2022). *Plan de lutte besnoitiose bovine 2022-2023—Dépistage généralisé*. https://www.frgdsaura.fr/assets/uploads/GDS69/Besnoitiose/Plan%20Besnoitiose%20GDS69_maj_01_12_22.pdf

GDS Rhône. (2023, octobre 20). *La Besnoitiose : Une maladie à prendre au sérieux*. FRGDS AURA. <https://www.frgdsaura.fr/la-besnoitiose-une-maladie-a-prendre-au-serieux.html>

GDS Rhône-Alpes. (2020). Besnoitiose bovine : Situation en Ardèche. *GDS Info Rhône-Alpes Ardèche*, 8. https://www.frgdsaura.fr/assets/uploads/gds07/gds_ardeche_2020.pdf

GDS Vosges. *Besnoitiose*. Consulté 5 juillet 2025, à l'adresse <https://www.gds88.fr/besnoitiose/>

Gentile, A., Militero, G., Schares, G., Nanni, A., Testoni, S., Bassi, P., & Gollnick, N. S. (2012). Evidence for bovine besnoitiosis being endemic in Italy—First *in vitro* isolation of *Besnoitia besnoiti* from cattle born in Italy. *Veterinary Parasitology*, 184(2), 108-115. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.09.014>

Gilles, J., David, J. -F., Duvallet, G., De La Rocque, S., & Tillard, E. (2007). Efficiency of traps for *Stomoxys calcitrans* and *Stomoxys niger niger* on Reunion Island. *Medical and Veterinary Entomology*, 21(1), 65-69. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.2006.00658.x>

Gold Standard Diagnostics. *INgezim® Besnoitia R.12.BES.K1*.

Goldman, M., Pipano, E. (1983). Serological studies on bovine besnoitiosis in Israel. *Tropical Animal Health and Production*, 15(1), 32-38. <https://doi.org/10.1007/BF02250758>

Gollnick, N. S., Klee, W., Majzoub, M., Rostaher, A., Bauer, B., Basso, W., Conraths, F. J., & Schares, G. (2010). *Besnoitia besnoiti* : Über das Risiko der Ausbreitung in Deutschland. *Deutsches Tierärzteblatt*, 3, 338-343.

Gollnick, N. S., Scharr, J. C., Schares, G., & Langenmayer, M. C. (2015). Natural *Besnoitia besnoiti* infections in cattle : Chronology of disease progression. *BMC Veterinary Research*, 11. <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0344-6>

Gollnick, N. S., Scharr, J. C., Schares, S., Baerwald, A., Schares, G., & Langenmayer, M. C. (2018). Naturally acquired bovine besnoitiosis : Disease frequency, risk and outcome in an endemically infected beef herd. *Transboundary and emerging diseases*, 65(3), 833-843. <https://doi.org/10.1111/tbed.12810>

González-Barrio, D., Diezma-Díaz, C., Tabanera, E., Aguado-Criado, E., Pizarro, M., González-Huecas, M., Ferre, I., Jiménez-Meléndez, A., Criado, F., Gutiérrez-Expósito, D., Ortega-Mora, L. M., & Álvarez-García, G. (2020). Vascular wall injury and inflammation are key pathogenic mechanisms responsible for early testicular degeneration during acute besnoitiosis in bulls. *Parasites & Vectors*, 13. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-3959-9>

González-Barrio, D., Huertas-López, A., Diezma-Díaz, C., Ferre, I., Cerón, J. J., Ortega-Mora, L. M., & Álvarez-García, G. (2021a). Changes in serum biomarkers of inflammation in bovine besnoitiosis. *Parasites & Vectors*, 14. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04991-0>

González-Barrio, D., Köster, P. C., Habela, M. A., Martín-Pérez, M., Fernández-García, J. L., Balseiro, A., Barral, M., Nájera, F., Figueiredo, A. M., Palacios, M. J., Mateo, M., Carmena, D., Álvarez-García, G., & Calero-Bernal, R. (2021b). Molecular survey of *Besnoitia* spp. (Apicomplexa) in faeces from European wild mesocarnivores in Spain. *Transboundary and Emerging Diseases*, 68(6), 3156-3166. <https://doi.org/10.1111/tbed.14206>

Gouvernement du Canada. (2024, juin 13). Maladies à notification immédiate. <http://inspection.canada.ca/fr/sante-animaux/animaux-terrestres/maladies/notification-immEDIATE>

Grisez, C., Bottari, L., Prévot, F., Alzieu, J.-P., Liénard, E., Corbière, F., Rameil, M., Desclaux, X., Lacz, C., Boulon, C., Petermann, J., Le Mével, J., Vilardell, C., & Jacquet, P. (2020). Real-time PCR on skin biopsies

for super-spreaders' detection in bovine besnoitiosis. *Parasites & Vectors*, 13. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04405-7>

Gutiérrez-Expósito, D., Arnal, Maria. C., Martínez-Duran, D., & Regidor-Cerrillo, J. (2016). The role of wild ruminants as reservoirs of *Besnoitia besnoiti* infection in cattle. *Veterinary Parasitology*, 223, 7-13. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.04.005>

Gutiérrez-Expósito, D., Ferre, I., Ortega-Mora, L. M., & Álvarez-García, G. (2017a). Advances in the diagnosis of bovine besnoitiosis : Current options and applications for control. *International Journal for Parasitology*, 47(12), 737-751. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2017.08.003>

Gutiérrez-Expósito, D., Ortega-Mora, L. M., Ara, V., Marco, I., Lavín, S., Carvajal-Valilla, J., Morales, A., & Álvarez-García, G. (2017b). Absence of antibodies specific to *Besnoitia* spp. In European sheep and goats from areas in Spain where bovine besnoitiosis is endemic. *Parasitology Research*, 116(1), 445-448. <https://doi.org/10.1007/s00436-016-5311-z>

Gutiérrez-Expósito, D., Ortega-Mora, L. M., García-Lunar, P., Rojo-Montejo, S., Zabala, J., Serrano, M., & Alvarez-García, G. (2015). Clinical and Serological Dynamics of *Besnoitia besnoiti* Infection in Three Endemically Infected Beef Cattle Herds. *Transboundary and Emerging Diseases*, 64(2), 538-546. <https://doi.org/10.1111/tbed.12402>

Gutiérrez-Expósito, D., Ortega-Mora, Luis. M., Marco, I., Boadella, M., Gortázar, C., San Miguel-Ayanz, J. M., García-Lunar, P., Lavín, S., & Álvarez-García, G. (2013). First serosurvey of *Besnoitia* spp. Infection in wild European ruminants in Spain. *Veterinary Parasitology*, 197(3), 557-564. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.05.017>

Hornok, S., Fedák, A., Baska, F., Basso, W., Dencső, L., Tóth, G., Szeredi, L., Abonyi, T., & Dénes, B. (2015). Vector-borne transmission of *Besnoitia besnoiti* by blood-sucking and secretophagous flies : Epidemiological and clinicopathological implications. *Parasites & Vectors*, 8. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-1058-0>

Hornok, S., Fedák, A., Baska, F., Hofmann-Lehmann, R., & Basso, W. (2014). Bovine besnoitiosis emerging in Central-Eastern Europe, Hungary. *Parasites & Vectors*, 7. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-20>

ID VET. (2023). *Rapport de validation interne ID Screen® Besnoitia Milk Indirect*

ID VET. (2024). *Dossier de validation ID Screen® Besnoitia Competition*

Irish Statute Book. (2016). *Notification and Control of Diseases affecting Terrestrial Animals (No. 2) Regulations 2016*. <https://www.irishstatutebook.ie/eli/2016/si/130/made/en/pdf>

Irish Statute Book. (2023). *Notification and Control of Diseases Affecting Terrestrial Animals (No. 2) Regulations 2016 (Amendment) Regulations 2021*. <https://www.irishstatutebook.ie/eli/2022/si/746/made/en/pdf>

Jacquet, P., Liénard, E., & Franc, M. (2010). Bovine besnoitiosis : Epidemiological and clinical aspects. *Veterinary Parasitology*, 174(1), 30-36. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.08.013>

Jiménez-Meléndez, A., Fernández-Álvarez, M., Calle, A., Ramírez, M. Á., Diezma-Díaz, C., Vázquez-Arbaizar, P., Ortega-Mora, L. M., & Álvarez-García, G. (2019). Lytic cycle of *Besnoitia besnoiti* tachyzoites displays similar features in primary bovine endothelial cells and fibroblasts. *Parasites & Vectors*, 12. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3777-0>

Jiménez-Meléndez, A., Ojo, K. K., Wallace, A. M., Smith, T. R., Hemphill, A., Balmer, V., Regidor-Cerrillo, J., Ortega-Mora, L. M., Hehl, A. B., Fan, E., Maly, D. J., Van Voorhis, W. C., & Álvarez-García, G. (2017). In vitro efficacy of bumped kinase inhibitors against *Besnoitia besnoiti* tachyzoites. *International Journal for Parasitology*, 47(12), 811-821. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2017.08.005>

- Jiménez-Meléndez, A., Rico-San Román, L., Hemphill, A., Balmer, V., Ortega-Mora, L. M., & Álvarez-García, G. (2018). Repurposing of commercially available anti-coccidials identifies diclazuril and decoquinate as potential therapeutic candidates against *Besnoitia besnoiti* infection. *Veterinary Parasitology*, 261, 77-85. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2018.08.015>
- Juste, R. A., Cuervo, L. A., Marco, J. C., & Oregui, L. M. (1990). La besnoitiosis bovina : ¿ desconocida en España ? *Medicina Veterinaria*, 7(11), 613-618.
- Kuraa, H., Youssef, Z., Mahmoud, F., & Malek, S. (2022). Seroprevalence of *Besnoitia besnoiti* in Assiut Governorate, Egypt. *Open Veterinary Journal*, 12(5), 754-761. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2022.v12.i5.21>
- Lahondes, T., Carolino, N., Sousa, S. R., Waap, H., & Martins, E. G. (2025). Retrospective study of bovine besnoitiosis in the Auvergne Rhône-Alpes region in France. *Frontiers in Veterinary Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1621589>
- Langenmayer, M. C., Gollnick, N. S., Majzoub-Altweck, M., Scharr, J. C., Schares, G., & Hermanns, W. (2015a). Naturally Acquired Bovine Besnoitiosis : Histological and Immunohistochemical Findings in Acute, Subacute, and Chronic Disease. *Veterinary Pathology*, 52(3), 476-488. <https://doi.org/10.1177/0300985814541705>
- Langenmayer, M. C., Gollnick, N. S., Scharr, J. C., Schares, G., Herrmann, D. C., Majzoub-Altweck, M., & Hermanns, W. (2015b). *Besnoitia besnoiti* infection in cattle and mice : Ultrastructural pathology in acute and chronic besnoitiosis. *Parasitology Research*, 114(3), 955-963. 10.1007/s00436-014-4261-6
- Langenmayer, M. C., Scharr, J. C., Sauter-Louis, C., Schares, G., & Gollnick, N. S. (2015c). Natural *Besnoitia besnoiti* infections in cattle : Hematological alterations and changes in serum chemistry and enzyme activities. *BMC Veterinary Research*, 11(32). <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0326-8>
- Lantuejoul, C. (2015). Gestion d'une zone d'émergence besnoitiose en Loire Atlantique. In *Parasitisme : Enjeux et opportunités*. Nantes : SNGTV. pp. 69-74.
- Lantuejoul, C. (2019). Bilan de l'assainissement d'une zone d'émergence de la besnoitiose bovine en Loire Atlantique. *Bulletin des GTV*, 96, 63-67.
- Le Sobre, G., & Pin, D. (2011). Premier cas de besnoitiose bovine dans le Rhône. *Le Point Vétérinaire*, 42(317), 46-50.
- Lee, H. S., Bak, U. B., Moon, M. H., & Shin, J. U. (1970). Studies on bovine besnoitiosis in Korea II. A survey on incidence in the enzootic region. *The Korean Journal of Parasitology*, 8(3), 76-80.
- Légifrance. (2011). *Ordonnance n° 2011-862 du 22 juillet 2011 relative à l'organisation de l'épidémiosurveillance, de la prévention et de la lutte contre les maladies animales et végétales et aux conditions de délégation de certaines tâches liées aux contrôles sanitaires et phytosanitaires*. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000024388376>
- Lempereur, L., Sohier, Ch., Smeets, F., Madder, M., Francis, F., & Losson, B. (2017). Actualités sur les vecteurs et les maladies vectorielles—Stomoxes et Tabanidés. In *Vétérinaires en productions animales au service des éleveurs, des filières et de la santé publique*. Reims : SNGTV. pp. 523-525.
- Lenfant, F., Franc, M., Jacquet, P., Grisez, C., Prévot, F., Alzieu, J.-P., Bouhsira, E., & Lienard, E. (2014). Development of an indirect immunofluorescence antibody test (IFAT) for the diagnosis of cattle besnoitiosis. *Revue de médecine vétérinaire*, 165(11-12), 327-333.
- Lesser, M., Braun, U., Deplazes, P., Gottstein, B., Hilbe, M., & Basso, W. (2012). Erste Fälle von Besnoitiose bei Rindern in der Schweiz. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, 154(11), 469-474. <https://doi.org/10.1024/0036-7281/a000389>

- Liénard, E., Pop, L., Prevot, F., Grisez, C., Mallet, V., Raymond-Letron, I., Bouhsira, É., Franc, M., & Jacquet, P. (2015). Experimental infections of rabbits with proliferative and latent stages of *Besnoitia besnoiti*. *Parasitology Research*, 114(10), 3815-3826. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4612-y>
- Liénard, E., Salem, A., Grisez, C., Prévot, F., Bergeaud, J. P., Franc, M., Gottstein, B., Alzieu, J. P., Lagalisse, Y., & Jacquet, P. (2011). A longitudinal study of *Besnoitia besnoiti* infections and seasonal abundance of *Stomoxys calcitrans* in a dairy cattle farm of southwest France. *Veterinary Parasitology*, 177(1), 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.11.030>
- Liénard, E., Salem, A., Jacquet, P., Grisez, C., Prévot, F., Blanchard, B., Bouhsira, E., & Franc, M. (2012). Development of a protocol testing the ability of *Stomoxys calcitrans* (Linnaeus, 1758) (Diptera : Muscidae) to transmit *Besnoitia besnoiti* (Henry, 1913) (Apicomplexa : Sarcocystidae). *Parasitology Research*, 112(2), 479-486. <https://doi.org/10.1007/s00436-012-3157-6>
- LimeSurvey Project Team. (2025). *LimeSurvey* (Version 6.5) [Logiciel]. LimeSurvey GmbH. <https://www.limesurvey.org>
- Malatji, M. P., Tembe, D., & Mukaratirwa, S. (2023). An update on epidemiology and clinical aspects of besnoitiosis in livestock and wildlife in sub-Saharan Africa : A systematic review. *Parasite Epidemiology and Control*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.parepi.2023.e00284>
- Mehlhorn, H., Klimpel, S., Schein, E., Heydorn, A. O., Al-Quraishy, S., & Selmaier, J. (2009). Another African disease in Central Europe : Besnoitiosis of cattle. I. Light and electron microscopical study. *Parasitology Research*, 104(4), 861-868. <https://doi.org/10.1007/s00436-008-1267-y>
- Microsoft Corporation. (2025a). *Microsoft Word* (Version 365) [Logiciel de bureautique]. Microsoft. <https://www.microsoft.com/fr-fr/microsoft-365/word>
- Microsoft Corporation. (2025b). *Microsoft Excel* (Version 365) [Logiciel de bureautique]. Microsoft. <https://www.microsoft.com/microsoft-365/excel>
- Millán, J., Sobrino, R., Rodríguez, A., Oleaga, Á., Gortazar, C., & Schares, G. (2012). Large-scale serosurvey of *Besnoitia besnoiti* in free-living carnivores in Spain. *Veterinary Parasitology*, 190(1-2), 241-245. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.06.014>
- Ministère de l'agriculture. (2024). *Instruction technique DGAL/SDSBEA/2024-432*. <https://info.agriculture.gouv.fr/boagri/instruction-2024-432>
- Moine, E., Denevault-Sabourin, C., Debierre-Grockiego, F., Silpa, L., Gorgette, O., Barale, J.-C., Jacquet, P., Brossier, F., Gueiffier, A., Dimier-Poisson, I., & Enguehard-Gueiffier, C. (2015). A small-molecule cell-based screen led to the identification of biphenylimidazoazines with highly potent and broad-spectrum anti-apicomplexan activity. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 89, 386-400. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2014.10.057>
- Müller, J., Manser, V., Hemphill, A. (2019). In vitro treatment of *Besnoitia besnoiti* with the naphthoquinone buparvaquone results in marked inhibition of tachyzoite proliferation, mitochondrial alterations and rapid adaptation of tachyzoites to increased drug concentrations. *Parasitology*, 146(1), 112-120. <https://doi.org/10.1017/S0031182018000975>
- Muñoz-Caro, T., Hermosilla, C., Silva, L. M. R., Cortes, H., & Taubert, A. (2014a). Neutrophil Extracellular Traps as Innate Immune Reaction against the Emerging Apicomplexan Parasite *Besnoitia besnoiti*. *PLOS One*, 9(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091415>
- Muñoz-Caro, T., Silva, L. M. R., Ritter, C., Taubert, A., & Hermosilla, C. (2014b). *Besnoitia besnoiti* tachyzoites induce monocyte extracellular trap formation. *Parasitology Research*, 113(11), 4189-4197. <https://doi.org/10.1007/s00436-014-4094-3>

- Mutinelli, F., Schiavon, E., Ceglie, L., Fasolato, M., Natale, A., Rampin, F., & Carminato, A. (2011). Bovine besnoitiosis in imported cattle in Italy. *Veterinary Parasitology*, 178(1-2), 198. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.12.019>
- Nasir, A., Lanyon, S. R., Schares, G., Anderson, M. L., & Reichel, M. P. (2012). Sero-prevalence of *Neospora caninum* and *Besnoitia besnoiti* in South Australian beef and dairy cattle. *Veterinary Parasitology*, 186(3-4), 480-485. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.11.032>
- Ndeledje, N., Bouyer, J., Stachurski, F., Grimaud, P., Belem, A. M. G., Molélé Mbaïndingatoloum, F., Bengaly, Z., Oumar Alfaroukh, I., Cecchi, G., & Lancelot, R. (2013). Treating Cattle to Protect People? Impact of Footbath Insecticide Treatment on Tsetse Density in Chad. *PLOS One*, 8(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067580>
- Nieto-Rodríguez, J. M., Calero-Bernal, R., Álvarez-García, G., Gutiérrez-Expósito, D., Redondo-García, E., Fernández-García, J. L., & Martínez-Estélez, M. Á. H. (2016). Characterization of an outbreak of emerging bovine besnoitiosis in southwestern Spain. *Parasitology Research*, 115(7), 2887-2892. <https://doi.org/10.1007/s00436-016-5050-1>
- Olias, P., Schade, B., & Mehlhorn, H. (2011). Molecular pathology, taxonomy and epidemiology of *Besnoitia* species (Protozoa : Sarcocystidae). *Infection, Genetics and Evolution*, 11(7), 1564-1576. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2011.08.006>
- Özdal, N., Oğuz, B., Orunç Kılınç, Ö., Karakuş, A., & Değer, S. (2019). Prevalence of ELISA-detected specific antibodies against *Besnoitia besnoiti* in cattle of the Eastern and Southeastern Anatolian regions, Turkey. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 20(2), 143-146.
- Papadopoulos, E., Arsenos, G., Ptochos, S., Katsoulos, P., Oikonomou, G., Karatzia, M. A., & Karatzias, H. (2014). First report of *Besnoitia besnoiti* seropositive cattle in Greece. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 65(2), 115-120. <https://doi.org/10.12681/jhvms.15527>
- Peteshev, V. M., Galuzo, I. G., Polomoshnov, A. P., Peteshev, V. M., Galuzo, I. G., & Polomoshnov, A. P. (1974). Cats as definitive hosts of *Besnoitia besnoiti*. *Izvestiya Akademii Nauk Kazakskoi SSR, Seria Biologicheskaya*, 1, 33-38.
- Picq, M. (2023). *Epidémiologie rétrospective de la besnoitiose bovine en Isère de 2013 à 2023* [Thèse d'exercice]. Vetagro Sup Lyon, 136 p.
- Pols, J. W. (1960). Studies on bovine besnoitiosis with special reference to the aetiology. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 28(3), 265-356.
- Posit Software, PBC. (2025). *RStudio* (Version 2025.05.1) [Logiciel d'analyse de données]. Posit Software, PBC. <https://posit.co/>
- Pouchard, L. (2022, octobre 13). Santé animale : Gare à la besnoitiose bovine. *La France Agricole*. <https://www.lafranceagricole.fr/sommet-de-l-elevage/article/776178/gare-a-la-besnoitiose-bovine>
- R Core Team. (2025). *R: A language and environment for statistical computing* (Version 4.5.1) [Logiciel statistique]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Reis, Y., Cortes, H., Viseu Melo, L., Fazendeiro, I., Leitão, A., & Soares, H. (2006). Microtubule cytoskeleton behavior in the initial steps of host cell invasion by *Besnoitia besnoiti*. *FEBS Letters*, 580(19), 4673-4682. <https://doi.org/10.1016/j.febslet.2006.07.050>
- Reissert-Oppermann, S., Bauer, B., Steuber, S., & Clausen, P.-H. (2019). Insecticide resistance in stable flies (*Stomoxys calcitrans*) on dairy farms in Germany. *Parasitology Research*, 118(9), 2499-2507. <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06400-z>
- Renvier-Descours, C. (2025). Profession vétérinaire : Quel avenir pour la rurale en France ? *La Dépêche Vétérinaire*, 1740.

- Rostaher, A., Mueller, R. S., Majzoub, M., Schares, G., & Gollnick, N. S. (2010). Bovine besnoitiosis in Germany. *Veterinary Dermatology*, 21(4), 329-334. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2009.00813.x>
- Ryan, E. G., Lee, A., Carty, C., O'Shaughnessy, J., Kelly, P., Cassidy, J. P., Sheehan, M., Johnson, A., & de Waal, T. (2016). Bovine besnoitiosis (*Besnoitia besnoiti*) in an Irish dairy herd. *Veterinary Record*, 178(24), 608-608. <https://doi.org/10.1136/vr.103683>
- Sadiq, M. B., Muhamad, A. S., Hamdan, S. A., Ramanoon, S. Z., Zakaria, Z., Aziz, N. A. A., Mansor, R., Arshad, S. S., Khalid, N., Hamid, N. A., Kamaludeen, J., & Syed-Hussain, S. S. (2023). Seroprevalence and Factors Associated with *Toxoplasma gondii*, *Neospora caninum*, and *Besnoitia besnoiti* Infections in Cattle and Goats in Selangor, Malaysia. *Animals*, 13(5), 948. <https://doi.org/10.3390/ani13050948>
- Saegerman, C., Evrard, J., Houtain, J.-Y., Alzieu, J.-P., Bianchini, J., Mpouam, S. E., Schares, G., Liénard, E., Jacquiet, P., Villa, L., Álvarez-García, G., Gazzonis, A. L., Gentile, A., & Delooz, L. (2022). First Expert Elicitation of Knowledge on Drivers of Emergence of Bovine Besnoitiosis in Europe. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 11(7), 753. <https://doi.org/10.3390/pathogens11070753>
- Sageaud, E. (2024). *La besnoitiose bovine, étude rétrospective dans le département de la Corrèze* [Thèse d'exercice]. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 121 p. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04782497v1/file/T-2024-078.pdf>
- Salem, A., Bouhsira, E., Lienard, E., Bousquet-Melou, A., Jacquiet, P., & Franc, M. (2012). Susceptibility of two European strains of *Stomoxys calcitrans* (L.) to cypermethrin, deltamethrin, fenvalerate, λ-cyhalothrin, permethrin and phoxim. *International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*, 10(3), 249-257.
- Sánchez-Bayo, F. (2011). Ecological Impacts of Insecticides. In *Insecticides—Advances in Integrated Pest Management*. F. Perveen. ISBN : 978-953-307-780-2, pp. p. 61-90.
- Sannusi, A. (1991). A simple field diagnostic smear test for bovine besnoitiosis. *Veterinary Parasitology*, 39(1-2), 185-188. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(91\)90073-5](https://doi.org/10.1016/0304-4017(91)90073-5)
- Santin. (1859). Mémoire sur l'éléphantiasis du boeuf et de la vache (extrait). In *Mémoires de la Société impériale et centrale de médecine vétérinaire—Tome quatrième* (p. 63-72). Société impériale et centrale de médecine vétérinaire.
- Schares, G., Bärwald, A., Vernet, M.-A., Bernard, F., Blanchard, B., & Coppe, P. (2022). Validation of a commercial version of a competitive enzyme linked immunosorbent assay for the detection of antibodies to *Besnoitia besnoiti*. *Parasites & Vectors*, 15. <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05591-2>
- Schares, G., Basso, W., Majzoub, M., Cortes, H. C. E., Rostaher, A., Selmair, J., Hermanns, W., Conraths, F. J., & Gollnick, N. S. (2009). First in vitro isolation of *Besnoitia besnoiti* from chronically infected cattle in Germany. *Veterinary Parasitology*, 163(4), 315-322. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.04.033>
- Schares, G., Basso, W., Majzoub, M., Rostaher, A., Scharr, J. C., Langenmayer, M. C., Selmair, J., Dubey, J. P., Cortes, H. C., Conraths, F. J., & Gollnick, N. S. (2010). Comparative evaluation of immunofluorescent antibody and new immunoblot tests for the specific detection of antibodies against *Besnoitia besnoiti* tachyzoites and bradyzoites in bovine sera. *Veterinary Parasitology*, 171(1), 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.03.017>
- Schares, G., Joeres, M., Rachel, F., Tuschy, M., Czirják, G. Á., Maksimov, P., Conraths, F. J., & Wachter, B. (2021). Molecular analysis suggests that Namibian cheetahs (*Acinonyx jubatus*) are definitive hosts of a so far undescribed *Besnoitia* species. *Parasites & Vectors*, 14. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04697-3>
- Schares, G., Langenmayer, M. C., Majzoub-Altweck, M., Scharr, J. C., Gentile, A., Maksimov, A., Schares, S., Conraths, F. J., & Gollnick, N. S. (2016). Naturally acquired bovine besnoitiosis : Differential

- distribution of parasites in the skin of chronically infected cattle. *Veterinary Parasitology*, 216, 101-107. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.12.016>
- Schares, G., Langenmayer, M. C., Scharr, J. C., Minke, L., Maksimov, P., Maksimov, A., Schares, S., Bärwald, A., Basso, W., Dubey, J. P., Conraths, F. J., & Gollnick, N. S. (2013). Novel tools for the diagnosis and differentiation of acute and chronic bovine besnoitiosis. *International Journal for Parasitology*, 43(2), 143-154. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2012.10.011>
- Schares, G., Maksimov, A., Basso, W., Moré, G., Dubey, J. P., Rosenthal, B., Majzoub, M., Rostaher, A., Selmair, J., Langenmayer, M. C., Scharr, J. C., Conraths, F. J., & Gollnick, N. S. (2011). Quantitative real time polymerase chain reaction assays for the sensitive detection of *Besnoitia besnoiti* infection in cattle. *Veterinary Parasitology*, 178(3), 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.01.038>
- Schares, G., Nascimento, D., Bärwald, A., Jutras, C., Rivard, S., Brodeur, V., DeNotta, S. L., Basso, W., & Conraths, F. J. (2020). First highly sensitive and specific competitive ELISA for detection of bovine besnoitiosis with potential as a multi-species test. *International Journal for Parasitology*, 50(5), 389-401. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2019.12.010>
- Seltmann, A., Schares, G., Aschenborn, O. H. K., Heinrich, S. K., Thalwitzer, S., Wachter, B., & Cziráj, G. Á. (2020). Species-specific differences in *Toxoplasma gondii*, *Neospora caninum* and *Besnoitia besnoiti* seroprevalence in Namibian wildlife. *Parasites & Vectors*, 13. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3871-3>
- Sharif, S., Jacquet, P., Prevot, F., Grisez, C., Raymond-Letron, I., Semin, M. O., Geffré, A., Trumel, C., Franc, M., Bouhsira, É., & Liénard, E. (2019). *Stomoxys calcitrans*, mechanical vector of virulent *Besnoitia besnoiti* from chronically infected cattle to susceptible rabbit. *Medical and Veterinary Entomology*, 33(2), 247-255. <https://doi.org/10.1111/mve.12356>
- Shkap, V., Pipano, E. (1993). The route of immunization of gerbils with live *Besnoitia besnoiti* as a factor in protection against lethal challenge. *Veterinary Parasitology*, 51(1), 27-33. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(93\)90192-P](https://doi.org/10.1016/0304-4017(93)90192-P)
- Shkap, V., Pipano, E., Greenblatt, C. (1987a). Cultivation of *Besnoitia besnoiti* and evaluation of susceptibility of laboratory animals to cultured parasites. *Veterinary Parasitology*, 23(3), 169-178. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(87\)90002-1](https://doi.org/10.1016/0304-4017(87)90002-1)
- Shkap, V., Pipano, E., Waron, H. U. (1987b). *Besnoitia besnoiti* : Chemotherapeutic trials in vivo and in vitro. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 40(3), Article 3. <https://doi.org/10.19182/remvt.8645>
- Sommet de l'élevage. (2025). *Certificat sanitaire bovin—Sommet de l'élevage 2025*. <https://www.terresdeloire.fr/concours/wp-content/uploads/2025/07/VF06-06-2025-certificat-sanitaire-Sommetl-2025-6-pages-1.pdf>
- SPF Santé publique. (2024a). *Arrêté royal modifiant l'arrêté royal du 24 décembre 1987 relatif aux vices rédhibitoires dans les ventes ou échanges d'animaux domestiques*. <http://www.ejustice.just.fgov.be/eli/arrete/2024/03/03/2024002544/justel>
- SPF Santé publique. (2024b). *Arrêté ministériel relatif aux mesures d'urgence à appliquer afin de prévenir l'apparition de la besnoitiose bovine en Belgique*. <http://www.ejustice.just.fgov.be/eli/arrete/2024/03/12/2024002543/justel>
- Tainchum, K., Shukri, S., Duvallet, G., Etienne, L., & Jacquet, P. (2018). Phenotypic susceptibility to pyrethroids and organophosphate of wild *Stomoxys calcitrans* (Diptera : Muscidae) populations in southwestern France. *Parasitology Research*, 117(12), 4027-4032. <https://doi.org/10.1007/s00436-018-6109-y>

- Taylor, D. B., Friesen, K., Zhu, J. J., & Sievert, K. (2012). Efficacy of Cyromazine to Control Immature Stable Flies (Diptera : Muscidae) Developing in Winter Hay Feeding Sites. *Journal of Economic Entomology*, 105(2), 726-731. <https://doi.org/10.1603/EC11317>
- Taylor, D., & Berkebile, D. R. (2006). Comparative Efficiency of Six Stable Fly (Diptera : Muscidae) Traps. *Journal of economic entomology*, 99, 1415-1419. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-99.4.1415>
- Uzêda, R. S., Andrade, M. R., Corbellini, L. G., Antonello, A. M., Vogel, F. S., & Gondim, L. F. P. (2014). Frequency of antibodies against *Besnoitia besnoiti* in Brazilian cattle. *Veterinary Parasitology*, 199(3), 242-246. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.10.025>
- Vanhoudt, A., Pardon, B., De Schutter, P., Bosseler, L., Sarre, C., Vercruysse, J., & Deprez, P. (2015). Eerste bevestigd geval van bovine besnoitiose in België bij een ingevoerde stier. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 84(4). <https://doi.org/10.21825/vdt.v84i4.16596>
- Velásquez, Z. D., Lopez-Osorio, S., Pervizaj-Oruqaj, L., Herold, S., Hermosilla, C., & Taubert, A. (2020). *Besnoitia besnoiti*-driven endothelial host cell cycle alteration. *Parasitology Research*, 119(8), 2563-2577. <https://doi.org/10.1007/s00436-020-06744-x>
- Villa, L., Gazzonis, A. L., Zanzani, S. A., Mazzola, S., Giordano, A., & Manfredi, M. T. (2021). Exploring alterations in hematological and biochemical parameters, enzyme activities and serum cortisol in *Besnoitia besnoiti* naturally infected dairy cattle. *Parasites & Vectors*, 14. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04626-4>
- Villa, L., Gazzonis, A. L., Zanzani, S. A., Perlotti, C., Sironi, G., & Manfredi, M. T. (2019). Bovine besnoitiosis in an endemically infected dairy cattle herd in Italy : Serological and clinical observations, risk factors, and effects on reproductive and productive performances. *Parasitology Research*, 118(12), 3459-3468. <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06501-9>
- Waap, H., Cardoso, R., Marcelino, E., Malta, J., Cortes, H., & Leitão, A. (2011). A modified agglutination test for the diagnosis of *Besnoitia besnoiti* infection. *Veterinary Parasitology*, 178(3), 217-222. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.01.035>
- Waap, H., Nunes, T., Cortes, H., Leitão, A., & Vaz, Y. (2014). Prevalence and geographic distribution of *Besnoitia besnoiti* infection in cattle herds in Portugal. *Parasitology Research*, 113(10), 3703-3711. <https://doi.org/10.1007/s00436-014-4035-1>
- Zhou, E., Silva, L. M. R., Conejeros, I., Velásquez, Z. D., Hirz, M., Gärtner, U., Jacquet, P., Taubert, A., & Hermosilla, C. (2020). *Besnoitia besnoiti* bradyzoite stages induce suicidal- and rapid vital-NETosis. *Parasitology*, 147(4), 401-409. <https://doi.org/10.1017/S0031182019001707>

ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire à destination des GDS

Etudiante vétérinaire en dernière année à l'école de Lyon, je souhaite récolter dans le cadre de ma thèse d'exercice des données sur la gestion départementale de la besnoitiose bovine dans les régions AURA et PACA.

La besnoitiose bovine est une maladie parasitaire vectorielle émergente infectant les bovins. Sa propagation en élevage et sur le territoire est insidieuse, mais elle n'en est pas moins responsable de pertes économiques importantes dans les zones touchées. Par ailleurs, la besnoitiose bovine n'étant pas une maladie règlementée à l'échelle nationale, sa gestion et son contrôle dépendent entièrement du volontariat des acteurs de la filière d'élevage bovin.

Les GDS sont des interlocuteurs privilégiés des éleveurs en matière de gestion sanitaire d'élevage, et contribuent à leur information et sensibilisation. Ils jouent également un rôle essentiel dans l'établissement mesures territoriales visant à contrôler les maladies d'élevage telles que la besnoitiose. C'est ce statut qui a motivé l'élaboration d'un questionnaire à destination des GDS départementaux pour mieux comprendre la situation et les enjeux départementaux ayant trait à la besnoitiose.

L'objectif principal de cette enquête est de réaliser un état des lieux des situations départementales dans les régions AURA et PACA, et particulièrement clarifier les mesures en place et les objectifs départementaux vis-à-vis de la besnoitiose. Cet état des lieux sera ensuite mis en lien avec les particularités de chaque département. Cette analyse pourrait permettre de mieux comprendre la situation ainsi que les défis auxquels font face chaque département dans ces deux régions.

Pour répondre à cette enquête, nous vous conseillons de vous munir des **documents contenant les données suivantes** : introduction de bovins, estives, comices/concours, prévalence en besnoitiose, mesures de surveillance et contrôle en place et statistiques associées, données économiques.

Plusieurs questions portent sur des données chiffrées. Même si les données précises sont préférables, les **approximations sont également appréciées et valorisées** pour notre future analyse.

Fonction « Enregistrer et reprendre plus tard » :

La durée de réponse estimée de ce questionnaire est de **30 à 60 minutes**.

Il est possible d'enregistrer votre progression sur le questionnaire afin de le finir ultérieurement. Pour cela, voici la marche à suivre :

1. Cliquer sur « **Finir plus tard** » en haut à droite de la page
2. Enregistrer un pseudo et un mot de passe afin de pouvoir reprendre votre progression quand vous le souhaitez, puis cliquer sur « Sauvegarder ». Vous recevrez un mail de confirmation.

Pour reprendre votre participation au questionnaire vous avez 2 options :

1. Utiliser le **lien dans votre mail de confirmation** et vous connectez avec vos identifiants
2. Utiliser le **lien initial de participation au questionnaire**, puis cliquer sur « **Charger un questionnaire non terminé** » en haut à droite de la page d'accueil, puis vous identifiez.

Il est conseillé de **ne pas laisser la page du questionnaire inactive trop longtemps** sans enregistrement de votre progression.

Merci pour votre participation !

PARTIE 1 - Présentation du GDS et de la filière d'élevage du département

Cette première partie se concentre sur l'activité d'élevage dans le département, et plus précisément sur les particularités et pratiques propres à l'élevage bovin.

Q1* – Nom et numéro du département du GDS Répondant

Q2* - Classez par ordre décroissant d'importance les filières d'élevage suivantes au sein du département.

1 = filière la plus importante / 7 = filière la plus minoritaire / Non concerné = la filière n'est pas présente dans le département

	1	2	3	4	4	6	7	Non concerné
SQ01 - Caprine								
SQ02 - Porcine								
SQ03 - Bovine								
SQ04 - Aviaire								
SQ05 - Ovine								
SQ06 - Apicole								
SQ07 - Autre								

Question conditionnelle Q3 : si le répondant classe la réponse « Autre » dans la question Q2

Q3 – Vous avez classé la proposition « Autre » à la question précédente, merci de préciser votre réponse.

Q4 – Combien de bovins laitiers sont introduits chaque année dans le département (en nombre de têtes) ?

Q5 – Combien de bovins allaitants sont introduits chaque année dans le département (en nombre de têtes) ?

Q6* – Pour chaque affirmation, cochez la case qui correspond le plus à votre état d'esprit.

	Très en désaccord	En désaccord	En accord	Très en accord
SQ01 – La filière bovine <u>laitière</u> est importante au sein du département.				
SQ02 – La filière bovine <u>allaitante</u> est importante au sein du département.				
SQ03 – La montée en estives/alpages de bovins est une pratique courante dans les élevages du département.				
SQ04 – La participation de bovins à des comices et/ou concours de bovins est une pratique courante au sein du département.				

Questions conditionnelles Q7 et Q8 : Si la montée en estives semble être une pratique courante dans le département.

→ Si réponse « D'accord » ou « Très d'accord » à SQ3 de Q6

Q7 – Combien d'animaux laitiers montent en estive chaque année (en nombre de têtes) ?

Q8 – Combien d'animaux allaitants montent en estive chaque année (en nombre de têtes) ?

Questions conditionnelles Q9 et Q10 : Si la participation à des comices semble être une pratique courante dans le département.

→ Si réponse « D'accord » ou « Très d'accord » à SQ4 de Q6

Q9 – Combien d'animaux laitiers participent à des comices et/ou concours chaque année (en nombre de têtes) ?

Q10 – Combien d’animaux allaitants participent à des comices et/ou concours chaque année (en nombre de têtes) ?

Q11 – La notification de mouvements des bovins vers les estives était-elle règlementée au sein du département avant la mise en application de l’instruction technique du 18/07/2024 relative à l’enregistrement et notifications des mouvements saisonniers des bovins (DGAL/SDSBEA/2024-432) ?

- Oui
- Non

Q12* - Classez les maladies suivantes par ordre décroissant d’intérêt/d’importance au sein du département.

1 = maladie la plus importante / 10 = maladie la moins importante / Non concerné = la maladie n'est pas présente dans le département

	1	2	3	4	4	6	7	8	9	10	Non concerné
SQ01 - Néosporose											
SQ02 – Gale ovine											
SQ03 - Besnoitiose											
SQ04 - FCO											
SQ05 - MHE											
SQ06 - IBR											
SQ07 - BVD											
SQ08 - Paratuberculose											
SQ09 - Fièvre Q											
SQ10 – Autre(s)											

Cette question concerne les maladies animales à lutte volontaire (catégories CDE, DE et E selon la loi Santé Animale) ou non règlementées à l’échelle nationale. Elle ne concerne pas les maladies à éradication obligatoire (catégories ADE et BDE selon la loi de Santé Animale) comme par exemple la brucellose, la tuberculose, la rage, la fièvre aphteuse, la peste porcine classique et la peste porcine africaine.

Question conditionnelle Q13 : si le répondant classe la réponse « Autre(s) » dans la question Q12

Q13 – Vous avez classé la proposition « Autre » à la question précédente, merci de préciser votre réponse.

PARTIE 2 - Place de la besnoitiose bovine au sein du département

Cette seconde partie se concentre sur la situation du département vis-à-vis de la besnoitiose bovine, et l'importance que revêt cette maladie pour les acteurs de la filière.

Q14* - Comment qualifieriez-vous la dynamique globale de la besnoitiose bovine au sein de votre territoire ?

- Le territoire est à priori indemne de besnoitiose pour le moment
- Epizootie : maladie émergente au sein du département
- Enzootie : maladie implantée au sein du département
- Ne sait pas
- Autre :

Q15* – En quelle année la besnoitiose a-t-elle été détectée pour la première fois au sein du département ?

Q16* – Le département ou le GDS dispose-t-il d'une base de données ou d'un outil de recensement des cas de besnoitiose ?

- Oui et l'accès à ces données par un tiers est possible sous conditions
- Oui mais l'accès à ces données par un tiers n'est pas possible
- Oui mais je ne sais pas si l'accès à ces données par un tiers est possible
- Non il n'existe pas de base de données
- Ne sait pas

Q17* – Quel est l'objectif du GDS concernant le statut départemental en besnoitiose bovine ?

- Rester indemne
- Eliminer totalement la maladie dans le département
- Eliminer la maladie dans les élevages volontaires seulement
- Réduire l'incidence des cas dans le département, sans viser une élimination totale
- Pas d'objectif défini
- Autre :

Q18 – Quelles sont, quand elles sont connues, les circonstances de contamination les plus fréquentes au sein d'un troupeau ?

- Introduction d'animaux : achats, pensions
- Regroupement d'animaux : comices/concours
- Estives / pâturages collectifs d'animaux : individuels ou collectifs
- Inconnue (une enquête épidémiologique a été menée mais la cause de l'introduction n'a pas été identifiée)
- Ne sait pas
- Autre :

Q19* – Pour chaque affirmation, cochez la case qui correspond le plus à votre état d'esprit.

	Très en désaccord	En désaccord	En accord	Très en accord
SQ01 - Les éleveurs <u>laitiers</u> ont des connaissances faibles sur la besnoitiose.				
SQ02 - Les éleveurs <u>allaitants</u> ont des connaissances faibles sur la besnoitiose.				
SQ03 - Les éleveurs <u>laitiers</u> sont motivés pour s'impliquer dans la lutte et la gestion de la besnoitiose.				
SQ04 - Les éleveurs <u>allaitants</u> sont motivés pour s'impliquer dans la lutte et la gestion de la besnoitiose.				
SQ05 – Les éleveurs <u>laitiers</u> sont inquiets à propos de la besnoitiose.				
SQ06 – Les éleveurs <u>allaitants</u> sont inquiets à propos de la besnoitiose.				
SQ07 – Les éleveurs <u>laitiers</u> sont demandeurs de communication, d'ateliers ou de formations au sujet de la besnoitiose.				
SQ08 – Les éleveurs <u>allaitants</u> sont demandeurs de communication, d'ateliers ou de formations au sujet de la besnoitiose.				
SQ09 – Les vétérinaires sont <u>tous</u> impliqués dans la lutte et la gestion de la besnoitiose.				
SQ10 – Les vétérinaires sont demandeurs de communication, d'ateliers ou de formations au sujet de la besnoitiose.				
SQ11 – La besnoitiose est identifiée par les vétérinaires comme un problème mineur en élevage.				
SQ12 – Les méthodes de communication actuellement employées par le GDS sont efficaces pour améliorer les connaissances et la gestion de la maladie par les acteurs de la filière.				

Q20* – Parmi les types de communication suivants, identifiez ceux pratiqués par le GDS au sujet de la besnoitiose et précisez leur public cible.

	Pratique dans le département	Public cible
SQ01 – Formations et ateliers	<i>Menu déroulant</i>	<i>Menu déroulant</i>
SQ02 - Newsletters / lettres d'information	A1 - Non pratiqué	A1 - Eleveurs
SQ03 – Page web dédiée	A2 - Pratiqué	A2 - Vétérinaires
SQ04 - Autre	A3 - Ne sait pas	A3 - Eleveurs et vétérinaires
		A4 - Autre
		A5 - Ne sait pas
		A6 - Sans objet

Question conditionnelle Q21 : Si un autre mode de communication est utilisé par les GDS, ou si certains modes de communication ciblent un autre public cible.

→ Si la case « Autre » est cochée pour SQ1, SQ2, SQ3, SQ4 OU si SQ4 est pratiqué à Q20

Q21 – Lors de la question précédente, vous avez indiqué qu'un « Autre » moyen de communication est utilisé dans le département, ou qu'il existe un « Autre » public cible pour certains moyens de communication. Merci de préciser votre réponse.

Question conditionnelle Q22 : Si des formations et ateliers concernant la besnoitiose sont organisés par le GDS dans le département

→ Si SQ1 est pratiqué à Q20.

Q22 – Quels sont généralement les statuts des éleveurs assistant à des formations ou ateliers ?

- Ils n'ont jamais été confronté à la maladie
- Ils sont voisins d'un foyer
- Leur troupeau vient d'être dépisté positif
- Leur troupeau est déjà atteint depuis plusieurs mois/années
- Ils ont assaini leur troupeau de la besnoitiose bovine
- Ne sait pas
- Autre :

Q23 – Avez-vous des commentaires ou informations à ajouter concernant la place de besnoitiose bovine au sein du département ?

PARTIE 3 - Gestion de la besnoitiose bovine au sein du département

Cette troisième partie concerne les mesures de gestion de la besnoitiose bovine en place dans le département. Elle se subdivise en trois sous-parties : la première sur les mesures de surveillance (PARTIE 3.1), la seconde sur les mesures de contrôle et d'assainissement (PARTIE 3.2), et la troisième sur l'aspect économique de la besnoitiose (PARTIE 3.3).

Q24 – Le GDS travaille-t-il en collaboration avec d'autres organismes pour adapter la gestion de la besnoitiose à la situation départementale ?

- | | |
|------------------------------|---------------|
| - GDS France | - GTV |
| - FRGDS | - Ne sait pas |
| - GDS départementaux voisins | - Autre : |

Q25 – Sur quels critères se base la détection d'un cas de besnoitiose ?

- Apparition d'un cas clinique
- Résultat positif après une analyse de laboratoire
- Ne sait pas
- Autre :

Q26* – Quelle est la proportion d'exploitations laitières possédant au moins un bovin reconnu infecté par la besnoitiose au sein du département ?

- Inférieure à 10 %
- 10-25 %
- 25-50 %
- 50-75 %
- Supérieure à 75 %
- Ne sait pas

Q27* – Quelle est la proportion d'exploitations allaitantes possédant au moins un bovin reconnu infecté par la besnoitiose au sein du département ?

- Inférieure à 10 %
- 10-25 %
- 25-50 %
- 50-75 %
- Supérieure à 75 %
- Ne sait pas

Q28 – Combien de bovins laitiers sont reconnus infectés par la besnoitiose dans le département (en nombre de têtes) ?

Q29 – Combien de bovins allaitants sont reconnus infectés par la besnoitiose dans le département (en nombre de têtes) ?

PARTIE 3.1 - Mesures de surveillance de la besnoitiose

Cette partie concerne les mesures de surveillance de la besnoitiose en place dans le département, c'est à dire tous les moyens mis en œuvre pour détecter la présence de cas, ou suivre l'évolution de la maladie.

Q30* – Parmi les mesures de surveillance de la besnoitiose suivantes, indiquez si elles sont pratiquées dans le département, ainsi que leur statut (obligatoire/systématique ou volontaire pour les éleveurs).

	Non pratiquée	Pratiquée et obligatoire/systématique	Pratiquée et volontaire	Ne sait pas
SQ01 - Surveillance programmée par campagne de dépistage sur matrice sang				
SQ02 - Surveillance programmée par campagne de dépistage sur matrice lait				
SQ03 - Surveillance programmée par dépistage à l'introduction (achat)				
SQ04 - Surveillance événementielle lors de suspicion clinique				
SQ05 - Surveillance programmée lors de participation à des estives				
SQ06 - Surveillance programmée lors de participation à des comices/concours				
SQ7 - Autre				

Question conditionnelle Q31 : Si une autre mesure de surveillance est pratiquée dans le département
→ Si SQ7 est « Pratiquée et obligatoire/systématique » ou « Pratiquée et volontaire » à Q30

Q31 – Lors de la question précédente, vous avez indiqué qu'une « Autre » mesure de surveillance est en place dans le département. Merci de préciser votre réponse.

Question conditionnelle Q32 : Si au moins une mesure de surveillance est en place dans le département

→ Si SQ1 et/ou SQ2 et/ou SQ3 et/ou SQ4 et/ou SQ5 et/ou SQ6 et/ou SQ7 sont « Pratiquée et obligatoire/systématique » ou « Pratiquée et volontaire » à Q30

Q32 – Dans quel(s) laboratoire(s) sont envoyés les prélèvements issus des actions de surveillance pratiquées au sein du département ?

PARTIE 3.1.1 – Surveillance programmée de la besnoitiose par campagne de dépistage sur matrice sang

Vous avez indiqué plus tôt que la surveillance programmée de la besnoitiose par campagne de dépistage sur matrice sang est pratiquée dans le département.

Questions conditionnelles Q33 à Q38 : Si la surveillance programmée par campagne de dépistage sur matrice sang est pratiquée dans le département

→ Si SQ1 est « Pratiquée et obligatoire/systématique » OU « Pratiquée et volontaire » à la Q30.

Q33* – Depuis quand le dépistage de la besnoitiose sur matrice sang est-il en place dans le département ?

Q34* – Quels sont les animaux concernés par le dépistage de la besnoitiose sur matrice sang ?

- Tous les animaux du troupeau
- Les animaux de 6 mois ou plus
- Les animaux à risque (exemple : animaux provenant d'une zone à risque)
- Les animaux avec des signes cliniques évocateurs
- Ne sait pas
- Autre :

Q35 – A quelle fréquence est effectué le dépistage de la besnoitiose sur matrice sang dans le département ?

- 1 fois tous les 2 ans
- 1 fois par an
- 2 fois par an
- Ne sait pas
- Autre :

Q36 – Quelle proportion d'élevages allaitants fait l'objet d'une telle campagne de dépistage chaque année (en pourcentage) ?

Question conditionnelle Q37 : Si la surveillance par campagne de dépistage sur matrice lait est aussi pratiquée dans le département.

→ Si SQ2 est « Pratiquée et obligatoire/systématique » OU « Pratiquée et volontaire » à la Q30.

Q37 – Vous avez indiqué précédemment que la « Surveillance programmée par campagne de dépistage sur matrice lait » est aussi pratiquée au sein de votre département. Dans ce contexte, les élevages laitiers de votre département sont-ils concernés par les campagnes de dépistage sur matrice sang ?

- Oui
- Non
- Autre :

Question conditionnelle Q38 : Si la surveillance par campagne de dépistage sur matrice lait n'est pas pratiquée dans le département OU Si la surveillance par campagne de dépistage sur matrice lait est pratiquée dans le département mais que les élevages laitiers sont quand même concernés par les campagnes de dépistage sur matrice sang

→ Si SQ2 n'est « pas pratiqué » à Q30 OU Si réponse « Oui » ou « Autre » à Q37

Q38 – Quelle proportion d'élevages laitiers font l'objet d'une telle campagne de dépistage chaque année (en pourcentage) ?

PARTIE 3.1.2 – Surveillance programmée de la besnoitiose par campagne de dépistage sur matrice lait

Vous avez indiqué plus tôt que la surveillance programmée de la besnoitiose par campagne de dépistage sur matrice lait est pratiquée dans le département.

Questions conditionnelles Q39 à Q42 : Si la surveillance programmée par campagne de dépistage sur matrice lait est pratiquée dans le département

→ Si SQ2 est « Pratiquée et obligatoire/systématique » OU « Pratiquée et volontaire » à la Q30.

Q39* – Depuis quand le dépistage de la besnoitiose sur matrice lait est-il en place dans le département ?

Q40 – A quelle fréquence est effectué le dépistage de la besnoitiose sur matrice lait dans le département ?

- 1 fois tous les 2 ans
- 2 fois par an
- Autre :
- 1 fois par an
- Ne sait pas

Q41 – Sur quels échantillons sont effectués les dépistages de besnoitiose sur matrice lait dans le département ?

- Lait de mélanges (merci de préciser la taille des mélanges dans la section commentaire associée)
- Lait individuel
- Ne sait pas
- Autre :

Q42 – Quelle proportion d'élevages laitiers fait l'objet d'une telle campagne de dépistage sur matrice lait pour la besnoitiose chaque année chaque année (en pourcentage) ?

PARTIE 3.1.3 – Surveillance programmée de la besnoitiose par dépistage à l'introduction

Vous avez indiqué plus tôt que la surveillance programmée de la besnoitiose par dépistage à l'introduction est pratiquée dans le département.

Questions conditionnelles Q43 à Q48 : Si la surveillance programmée par dépistage à l'introduction est pratiquée dans le département

→ Si SQ3 est « Pratiquée et obligatoire/systématique » OU « Pratiquée et volontaire » à la Q30.

Q43* – Depuis quand le dépistage de la besnoitiose à l'introduction d'un animal dans un élevage est-il en place dans le département ?

Q44 – Le kit d'analyses introduction/achat proposé aux éleveurs du département comprend-il la besnoitiose ?

- Oui
- Non
- Il n'existe pas de kit d'analyses introduction/achat dans le département

Q45* – Quels sont les animaux concernés par le dépistage de la besnoitiose à leur introduction dans un élevage ?

- Tous les animaux introduits
- Les animaux de 6 mois ou plus
- Les animaux à risque (exemple : animaux provenant d'une zone à risque)
- Les animaux avec des signes cliniques évocateurs
- Ne sait pas
- Autre :

Q46 – Quelle proportion d'animaux laitiers introduits font l'objet d'un dépistage pour la besnoitiose à leur introduction en élevage dans le département chaque année (en pourcentage) ?

Q47 – Quelle proportion d'animaux allaitants introduits font l'objet d'un dépistage pour la besnoitiose à leur introduction en élevage dans le département chaque année (en pourcentage) ?

Q48 - Lors d'achats de nouveaux animaux, les éleveurs du département utilisent-ils des billets de garantie conventionnelle comprenant la besnoitiose ?

- Les éleveurs n'utilisent pas les billets de garantie conventionnelle
- Les billets de garantie conventionnelle utilisés dans le département ne comprennent pas les besnoitiose
- Les éleveurs utilisent peu les billets de garantie conventionnelle
- Les éleveurs utilisent beaucoup les billets de garantie conventionnelle
- Ne sait pas
- Autre :

PARTIE 3.1.4 – Surveillance programmée de la besnoitiose lors de participation à des estives

Vous avez indiqué plus tôt que la surveillance programmée de la besnoitiose lors de participation à des estives est pratiquée dans le département.

Questions conditionnelles Q49 à Q53 : Si la surveillance programmée lors de participation à des estives est pratiquée dans le département

→ Si SQ5 est « Pratiquée et obligatoire/systématique » OU « Pratiquée et volontaire » à la Q30.

Q49* – Depuis quand la surveillance programmée de la besnoitiose lors de participation à des estives est-elle en place dans le département ?

Q50 – Quand le dépistage pour la besnoitiose lors de mouvements de bovins en estives est-il réalisé?

- Avant la montée des animaux
- Avant la descente des animaux
- Avant la montée et avant la descente des animaux
- Ne sait pas
- Autre :

Q51 – Le kit d'analyses alpage/estive proposé aux éleveurs du département comprend-il la besnoitiose ?

- Oui
- Non
- Il n'existe pas de kit d'analyses alpage/estive dans le département

Q52* – Quels sont les animaux concernés par le dépistage de la besnoitiose lors de participation à des estives dans le département ?

- Tous les animaux se rendant en estives
- Les animaux de 6 mois ou plus
- Les animaux à statut douteux (exemples : animaux provenant d'une zone à risque, animaux présentant des signes cliniques évocateurs)
- Ne sait pas
- Autre :

Questions conditionnelles Q53 : Si la surveillance programmée lors de participation à des estives est pratiquée et volontaire dans le département

→ Si SQ5 est « Pratiquée et volontaire » à la Q30.

Q53 – Quelle est proportion d'animaux faisant l'objet d'un dépistage pour la besnoitiose lors de participation à des estives dans le département chaque année (en pourcentage) ?

PARTIE 3.1.5 – Surveillance programmée de la besnoitiose lors de participation à des comices/concours

Vous avez indiqué plus tôt que la surveillance programmée de la besnoitiose lors de participation à des comices/concours est pratiquée dans le département.

Questions conditionnelles Q54 à Q55 : Si la surveillance programmée lors de participation à des comices/concours est pratiquée dans le département

→ Si SQ6 est « Pratiquée et obligatoire/systématique » OU « Pratiquée et volontaire » à la Q30.

Q54* – Depuis quand la surveillance programmée de la besnoitiose lors de participation à des comices/concours est-elle en place dans le département ?

Q55* – Quels sont les animaux concernés par le dépistage de la besnoitiose lors de participation à des comices/concours dans le département ?

- Tous les animaux participants
- Les animaux de 6 mois ou plus
- Les animaux à risque (exemple : animaux provenant d'une zone à risque)
- Ne sait pas
- Autre :

PARTIE 3.1 - Mesures de surveillance de la besnoitiose FIN

Q56 – Avez-vous des commentaires ou informations à ajouter concernant les mesures de surveillance de la besnoitiose ?

PARTIE 3.2 - Mesures de contrôle et d'assainissement de la besnoitiose

Cette partie concerne les mesures de contrôle et d'assainissement de la besnoitiose en place dans le département, c'est-à-dire tous les moyens mis en œuvre pour limiter la propagation de la maladie, ou éliminer définitivement la maladie dans une zone.

Q57* – Le GDS a-t-il une stratégie d'action visant à contrôler ou assainir le département en besnoitiose ?

Stratégie d'action = lignes directrices et mesures pour le contrôle ou l'assainissement de la besnoitiose pilotées par le GDS à l'échelle départementale

- Oui il existe une stratégie d'action définie par écrit et l'accès par un tiers est possible
- Oui il existe une stratégie d'action définie par écrit mais l'accès par un tiers n'est pas possible
- Oui il existe une stratégie d'action définie par écrit mais je ne sais pas si l'accès par un tiers est possible
- Oui il existe une stratégie d'action, mais elle n'est pas définie par écrit
- Non il n'existe pas de stratégie d'action
- Ne sait pas

Q58* – Existe-t-il un plan volontaire d’assainissement ou de maîtrise de la besnoitiose mis en place par le GDS auquel les éleveurs peuvent adhérer en cas de foyer de besnoitiose dans leur élevage ?

Plan volontaire d’assainissement = marche à suivre et programme de contrôle de la besnoitiose à l’échelle de l’élevage, avec accompagnement par le GDS

- Oui il existe un plan volontaire d’assainissement et l’accès par un tiers aux données et documents de ce plan est possible
- Oui il existe un plan volontaire d’assainissement mais l’accès par un tiers aux données et documents de ce plan n’est pas possible
- Oui il existe un plan volontaire d’assainissement mais je ne sais pas si l’accès par un tiers aux données et documents de ce plan est possible
- Non il n’existe pas de plan volontaire d’assainissement
- Ne sait pas

Question conditionnelle Q59 : *S’il existe un plan d’assainissement volontaire dans le département*

→ Si réponse « Oui » à Q58.

Q59 – Indiquez dans chaque case le nombre d’élevages ayant adhéré au plan d’assainissement contre la besnoitiose depuis sa création, ainsi que le nombre d’élevages ayant réussi à assainir leur troupeau de la besnoitiose.

	Nombre d’élevages ayant adhéré à un plan d’assainissement	Nombre d’élevages ayant assaini leur troupeau
SQ1 - Elevages laitiers infectés		
SQ2 - Elevages allaitants infectés		

Q60 – Quel est le seuil de mise en place de mesures de gestion et d’assainissement au sein d’un troupeau ?

- Détection d’un ou plusieurs séropositifs
- Impact sur l’économie de l’élevage
- Apparition de cas cliniques
- Ne sait pas
- Autre :

Q61* – Pour chacune des mesures suivantes de contrôles et d’assainissement de la besnoitiose :

- Colonne 1 : Indiquez si ces mesures sont conseillées par le GDS aux éleveurs et si elles sont pratiquées par les éleveurs du département.
- Colonne 2 : Estimez leur importance pour la réussite de l’assainissement en besnoitiose.

	Conseil aux éleveurs par le GDS / Pratique par les éleveurs	Importance de la mesure dans le contrôle de la besnoitiose
SQ01 - Conduite en lots des animaux sains/infectés en <u>pâturage</u>	<i>Menu déroulant</i> A1 - Non conseillée / Non pratiquée A2 - Conseillée / Non pratiquée A3 - Non conseillée / Pratiquée A4 - Conseillée / Pratiquée A5 - Ne sait pas	<i>Menu déroulant</i> A1 - Importance mineure A2 - Importance majeure A3 - Ne sait pas
SQ02 - Conduite en lots des animaux sains/infectés en <u>bâtiment</u>		
SQ03 - Séparation en estives des troupeaux ou animaux de statuts sanitaires différents (non testés / testés négatifs)		
SQ04 – Restriction de mouvements des animaux provenant d’élevages infectés		
SQ05 - Identification des pâtures à risque (zones humides, lisières de forêt, forte densité d’insectes piqueurs) afin de les réserver aux animaux malades uniquement		
SQ06 - Traitement médical des animaux malades		
SQ07 - Elimination des animaux infectés (euthanasie ou abattage)		
SQ08 – Utilisation d’aiguille à usage unique pour chaque animal lors de campagnes de <u>vaccinations</u>		
SQ09 – Utilisation de pièges à insectes		
SQ10 - Couverture des fumières et fosses à lisier		
SQ11 - Traitements anti-parasitaires externes des <u>animaux</u>		
SQ12 - Traitements anti-parasitaires externes des <u>bâtiments</u>		
SQ13 - Utilisation d’inhibiteurs de croissance des insectes (ex : cyromazine) dans les zones de gîtes des insectes		
SQ14 – Autre		

Question conditionnelle Q62 : Si une autre mesure de contrôle et d'assainissement est conseillée et/ou pratiquée dans le département

→ Si SQ14 est « Conseillée / Pratiquée » ou « Non conseillée / Pratiquée » ou « Conseillée / Non pratiquée » à Q61

Q62 – Lors de la question précédente, vous avez indiqué qu'une "Autre" mesure de contrôle et d'assainissement est conseillée et/ou pratiquée dans le département. Merci de préciser votre réponse.

Q63 – Le GDS conseille-t-il aux élevages foyers de travailler en collaboration avec les élevages voisins dans la mise en place des mesures de contrôle et d'assainissement de la besnoitiose ?

- Oui
- Non
- Ne sait pas

Q64* - Pour chaque affirmation, cochez la case qui correspond le plus à votre état d'esprit.

	Très en désaccord	En désaccord	En accord	Très en accord
SQ01 - La conduite en lots d'animaux sains/infectés est facile à mettre en place en <u>pâturage</u> .				
SQ02 - La conduite en lots d'animaux sains/infectés est facile à mettre en place en <u>bâtiment</u> .				
SQ03 – Le traitement médical des animaux pour la besnoitiose est efficace.				
SQ04 – L'euthanasie est le devenir principal des animaux confirmés infectés par la besnoitiose.				
SQ05 – La réforme à l'abattoir est le devenir principal des animaux confirmés infectés par la besnoitiose.				
SQ06 – L'utilisation d'une aiguille unique pour chaque animal lors de campagnes de <u>vaccinations</u> est facile à mettre en place.				
SQ07 - La lutte vectorielle chimique (traitements anti-parasitaires des bâtiments ou des animaux) est coûteuse à mettre en place pour le contrôle de la besnoitiose.				
SQ08 - L'application de traitements anti-parasitaires externes sur les <u>animaux</u> est efficace pour le contrôle de la besnoitiose.				
SQ09 – L'application de traitements anti-parasitaires externes sur les <u>bâtiments</u> est efficace pour le contrôle la besnoitiose.				
SQ10 – La mise en place de piège à insectes est inefficace dans le contrôle de la besnoitiose.				
SQ11 – La mise en place et l'entretien de piège à insectes sont difficiles.				

Q65 – Avez-vous des commentaires ou informations à ajouter concernant les mesures de contrôle et d'assainissement de la besnoitiose ?

PARTIE 3.3 – Aspect économique de la besnoitiose

Cette partie s'intéresse au coût économique de la besnoitiose dans le département, à la fois à l'échelle de l'élevage et à l'échelle départementale.

Q66 – Quel est le coût annuel total en euros pour le GDS des mesures de surveillance de la besnoitiose en place dans le département (PARTIE 3.1 du questionnaire) ?

Q67 – Quel est le coût annuel total en euros pour le GDS des mesures de contrôle et d'assainissement de la besnoitiose en place dans le département (PARTIE 3.2 du questionnaire) ?

Q68 – Pour chacune des mesures de gestion de la besnoitiose suivantes, indiquez si des aides financières pour les éleveurs du département sont disponibles et l'organisme rattaché à ces aides. Cette question ne concerne pas les aides nationales s'appliquant à tout le territoire français (exemple : aide FMGDS).

Mesures	Organisme rattaché
SQ01 - Campagne de dépistage sur matrice sang <i>Si SQ1 pratiquée à Q30</i>	Menu déroulant Pas d'aides financières GDS FRGDS Conseil départemental Conseil régional Ne sait pas Autre :
SQ02 - Campagne de dépistage sur matrice lait <i>Si SQ2 pratiquée à Q30</i>	
SQ03 - Dépistage à l'introduction <i>Si SQ3 pratiquée à Q30</i>	
SQ04 - Dépistage lors de participation à des estives <i>Si SQ4 pratiquée à Q30</i>	
SQ05 - Dépistage lors de participation à des comices/concours <i>Si SQ5 pratiquée à Q30</i>	
SQ06 - Dépistage sur matrice sang en cas de suspicion clinique <i>Si SQ6 pratiquée à Q30</i>	
SQ07 - Elimination des bovins infectés	
SQ08 - Mise en place de mesures de lutte vectorielle	
SQ09 - Participation à des formations ou ateliers <i>Si SQ1 pratiquée à Q20</i>	
SQ10 - Autre	

Question conditionnelle Q69 : Si une autre mesure est accompagnée d'aide financière, ou si un autre organisme est rattaché à une aide financière

→ Si SQ10 reçoit des aides OU si réponse « Autre » dans organisme rattaché à Q68

Q69 – Lors de la question précédente, vous avez indiqué qu'une "Autre" mesure de gestion de la besnoitiose est associée à des aides financières, ou qu'un « Autre » organisme est rattaché à des aides financières aux éleveurs du département. Merci de préciser votre réponse.

Q70 - Estimez l'importance de la perte économique par animal atteint par la besnoitiose sur une échelle de 1 à 5 dans les cas suivants.

1 = perte nulle / 5 = perte maximale

	1	2	3	4	5
SQ01 - Perte économique en élevage <u>laitier faiblement infecté</u> par la besnoitiose					
SQ02 - Perte économique en élevage <u>laitier fortement infecté</u> par la besnoitiose					
SQ03 - Perte économique en élevage <u>allaitant faiblement infecté</u> par la besnoitiose					
SQ04 - Perte économique en élevage <u>allaitant fortement infecté</u> par la besnoitiose					

Q71 – Avez-vous des commentaires ou informations à ajouter concernant l'aspect économique de la besnoitiose ?

PARTIE 4 – Perspectives

Cette dernière partie clôture ce questionnaire et fait un point sur vos perspectives d'évolution quant aux mesures en place concernant la besnoitiose dans le département. Vous avez également la possibilité de nous faire part de vos remarques sur ce questionnaire.

Q72 – Avez-vous une volonté de mettre en place des mesures complémentaires concernant la besnoitiose ? Si oui lesquelles ?

Q73 – Quelles sont les limites selon vous à la mise en place de mesures supplémentaires concernant la besnoitiose ?

- Eleveurs peu réceptifs
- Vétérinaires peu motivés à s'impliquer dans la gestion de la maladie
- Raisons économiques : trop coûteux pour le GDS et le département
- Raisons économiques : trop coûteux pour les éleveurs
- Un grand nombre de mesures sont déjà en place et il est difficile de faire plus
- Ne sait pas
- Autres :

Q74 – Avez-vous des commentaires ou des remarques à faire concernant ce questionnaire ?

Q75 – Acceptez-vous d'être recontacté une collecte ultérieure de données et documents selon vos réponses à ce questionnaire ? Si oui, merci d'indiquer une adresse mail ou un numéro de téléphone.

Un grand merci pour avoir pris le temps de répondre à ce questionnaire. Ces données m'aideront beaucoup dans mon travail de thèse.

Si vous le souhaitez, il sera possible de faire un point sur les informations recueillies et votre situation départementale une fois l'analyse des données réalisée.

Il est possible que vous soyez recontacté à l'issue de la lecture de vos réponses pour échanger au sujet de vos éventuels documents et bases de données "accessibles par un tiers" concernant la maladie dans le département.

Annexe 2 : Tableau récapitulatif des prévalences individuelles et élevage dans chaque territoire

	GDS	PREVALENCE INDIVIDUELLE			PREVALENCE TROUPEAU			NOMBRE DE BOVINS (ET D'ELEVAGES BOVINS)		
		Laitier	Allaitant	Total	Laitier	Allaitant	Total	Laitier	Allaitant	Total
EPIZOOTIE	01	0,16 % [0,12 % ; 0,20 %]	2,01 % [1,83 % ; 2,20 %]	0,80 % [0,73 % ; 0,87 %]	0-10 %	75-100 %	42-62 %	40 738 (630)	21 763 (627)	62 501 (1 257)
	03	0,30 % [0,19 % ; 0,41 %]	0,34 % [0,31 % ; 0,37 %]	0,35 % [0,31 % ; 0,36 %]	0-10 %	NR	NR	9 425 (365)	183 110 (2 399)	192 535 (2 764)
	15	1,67 % [1,57 % ; 1,77 %]	2,00 % [1,93 % ; 2,07 %]	1,91 % [1,85 % ; 1,96 %]	0-10 %	0-10 %	0-10 %	63 958 (1 527)	160 026 (3 202)	223 984 (4 729)
	26	0,78 % [0,49 % ; 1,08 %]	4,07 % [3,58 % ; 4,56 %]	2,90 % [2,56 % ; 3,23 %]	0-10 %	0-10 %	0-10 %	3 443 (103)	6 192 (284)	9 635 (387)
	42	0,09 % [0,06 % ; 0,11 %]	0,50 % [0,45 % ; 0,55 %]	0,33 % [0,29 % ; 0,36 %]	0-10 %	0-10 %	0-10 %	5 2977 (1 271)	73 706 (1 889)	126 683 (3 160)
	63	0,08 % [0,06 % ; 0,10 %]	0,33 % [0,30 % ; 0,37 %]	0,24 % [0,21 % ; 0,26 %]	0-10 %	NR	NR	56 086 (1 238)	93 420 (2 300)	149 506 (3 538)
ENZOOTIE	07	0,00 % [0,00 % ; 0,00 %]	15,70 % [15,11 % ; 16,30 %]	9,59 % [9,22 % ; 9,97 %]	0-10 %	0-10 %	0-10 %	9 189 (328)	14 425 (723)	23 614 (1 051)
	38	2,37 % [2,18 % ; 2,56 %]	7,76 % [7,45 % ; 8,08 %]	5,18 % [4,99 % ; 5,36 %]	10-25 %	25-50 %	20-42 %	25 484 (554)	27 648 (1 088)	53 132 (1 642)
	43	0,68 % [0,61 % ; 0,74 %]	4,49 % [4,28 % ; 4,70 %]	2,06 % [1,98 % ; 2,15 %]	0-10 %	10-25 %	5-18 %	66 795 (1 556)	38 183 (1 611)	104 978 (3 167)
	69	0,03 % [0,01 % ; 0,06 %]	0,39 % [0,30 % ; 0,48 %]	0,17 % [0,13 % ; 0,20 %]	0-10 %	0-10 %	0-10 %	29 206 (715)	17 272 (719)	46 478 (1 434)
	73-74	0,90 % [0,83 % ; 0,96 %]	5,99 % [5,54 % ; 6,43 %]	1,51 % [1,43 % ; 1,59 %]	10-25 %	10-25 %	10-25 %	77 839 (1 704)	10 726 (758)	88 565 (2 462)
	04	NR	NR	NR	75-100 %	75-100 %	75-100 %	674 (31)	5 207 (224)	5 881 (255)
	05	NR	NR	NR	NR	NR	NR	3 558 (116)	7 555 (302)	11 113 (418)
	06	14,20 % [10,56 % ; 17,85 %]	56,82 % [53,37 % ; 60,27 %]	43,71 % [40,83 % ; 46,58 %]	50-75 %	50-75 %	50-75 %	352 (31)	792 (70)	1 144 (101)
?	84	NR	NR	NR	NR	NR	NR	65 (9)	157 (17)	222 (26)

En jaune = score d'importance de la filière bovine supérieur à 1

METHODES DE LUTTE ET GESTION DE LA BESNOITIOSE BOVINE PAR LES GDS EN REGIONS AURA ET PACA

Auteur

MOREL Aziliz

Résumé

La besnoitiose bovine est une maladie parasitaire vectorielle émergente en Europe. Depuis les années 2000, elle progresse activement sur le territoire français. Cette maladie n'étant pas réglementée en France et en Europe, sa gestion repose entièrement sur une mobilisation volontaire des acteurs de la filière bovine. Notre étude s'est appuyée sur la réalisation d'une enquête en ligne auprès des GDS des régions AURA et PACA. Elle visait à dresser un état des lieux de la situation épidémiologique, des perceptions des acteurs locaux et des mesures de lutte mises en œuvre. 15 des 17 GDS ciblés ont répondu à notre enquête, révélant une présence désormais généralisée de la besnoitiose dans la zone étudiée, durablement implantée dans la majorité des départements. Les GDS présentent une volonté globale de lutter contre la maladie, mais leur mobilisation est variable, en particulier selon l'importance locale de la filière bovine. L'application des mesures de surveillance et de contrôle reste hétérogène, reflétant le degré d'implication des éleveurs. La perception de la besnoitiose par ces derniers dépend de la dynamique épidémiologique de la maladie, ainsi que de son importance perçue par les GDS. Les GDS et les instances départementales soutiennent la lutte par divers leviers, notamment des aides financières, afin d'encourager l'engagement des éleveurs. Ces résultats soulignent la nécessité d'une approche plus homogène entre les territoires. Une réglementation nationale ou européenne de la maladie permettrait une harmonisation des méthodes de gestion, de leur application, et de leur efficacité.

Mots-clés

Besnoitiose, Bovin, Lutte, Gestion, GDS, AURA, PACA

Jury

Président du jury : Pr LAABERKI Maria-Halima

Directeur de thèse : Pr PORPHYRE Thibaud

1er assesseur : Pr ZENNER Lionel

2ème assesseur : Dr LURIER Thibaut