



**HAL**  
open science

# 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

Raphaël Chemouni

## ► To cite this version:

Raphaël Chemouni. 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. Médecine vétérinaire et santé animale. 2018. dumas-04950947

**HAL Id: dumas-04950947**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04950947v1>**

Submitted on 17 Feb 2025

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

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

Copyright

Année 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

Pour le

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE CRÉTEIL

Le 25 octobre 2018

par

**Raphaël, Salomon CHEMOUNI**

JURY

**Président : Pr. DAMY**

**Professeur à la Faculté de Médecine de CRÉTEIL**

**Membres**

**Directeur : Dr Julie Rivière**

**Maître de conférences à l'ENVA en Maladies Réglementées, Zoonoses et Epidémiologie**

**Assesseur : Dr Véronica Risco-Castillo**

**Maître de conférences à l'ENVA en Parasitologie, Maladies Parasitaires, Dermatologie**



Directeur : M. le Professeur Christophe Degueurce  
 Directeur des formations : Pr Chateau Henry  
 Directrice de la scolarité et de la vie étudiante : Dr Catherine Colmin  
 Directeurs honoraires : MM. les Professeurs Charles Pilet, Bernard Toma, André-Laurent Parodi,  
 Robert Moraillon, Jean-Pierre Cotard, Jean-Paul Mialot & Marc Gogny

### Liste des membres du corps enseignant

#### Département d'élevage et de pathologie des Équidés et des Carnivores (DEPEC)

Chef du département : Pr Grandjean Dominique - Adjoint : Pr Blot Stéphane

<p><b>Unité pédagogique de cardiologie</b>          - Pr Chetboul Valérie*          - Dr Gkouni Vassiliki, Praticien hospitalier</p> <p><b>Unité pédagogique de clinique équine</b>          - Pr Audigé Fabrice          - Dr Bertoni Lélia, Maître de conférences          - Dr Bourzac Céline, Maître de conférences contractuelle          - Dr Coudry Virginie, Praticien hospitalier          - Pr Denoix Jean-Marie          - Dr Giraudet Aude, Praticien hospitalier          - Dr Jacquet Sandrine, Praticien hospitalier          - Dr Mespouhès-Rivière Céline, Praticien hospitalier*          - Dr Moiroud Claire, Praticien hospitalier</p> <p><b>Unité pédagogique de médecine et imagerie médicale</b>          - Dr Benchekroun Ghita, Maître de conférences          - Pr Blot Stéphane*          - Dr Canonne-Guibert Morgane, Maître de conférences contractuelle          - Dr Freiche-Legros Valérie, Praticien hospitalier          - Dr Maurey-Guénec Christelle, Maître de conférences</p>	<p><b>Unité pédagogique de médecine de l'élevage et du sport</b>          - Dr Cléro Delphine, Maître de conférences          - Dr Fontbonne Alain, Maître de conférences          - Pr Grandjean Dominique*          - Dr Maenhoudt Cindy, Praticien hospitalier          - Dr Nudelmann Nicolas, Maître de conférences</p> <p><b>Unité pédagogique de pathologie chirurgicale</b>          - Pr Fayolle Pascal          - Dr Mailhac Jean-Marie, Maître de conférences          - Dr Manassero Mathieu, Maître de conférences          - Pr Viateau-Duval Véronique*</p> <p><b>Discipline : anesthésie, réanimation, urgences, soins intensifs</b>          - Dr Verwaerde Patrick, Maître de conférences (convention EnvT)          - Dr Zilberstein Luca, Maître de conférences</p> <p><b>Discipline : ophtalmologie</b>          - Dr Chahory Sabine, Maître de conférences</p> <p><b>Discipline : nouveaux animaux de compagnie</b>          - Dr Pignon Charly, Praticien hospitalier</p>
--	--

#### Département des Productions Animales et de Santé Publique (DPASP)

Chef du département : Pr Millemann Yves - Adjoint : Pr Dufour Barbara

<p><b>Unité pédagogique d'hygiène, qualité et sécurité des aliments</b>          - Pr Augustin Jean-Christophe*          - Dr Bolnot François, Maître de conférences          - Pr Cartier Vincent</p> <p><b>Unité pédagogique de maladies réglementées, zoonoses et épidémiologie</b>          - Pr Dufour Barbara*          - Pr Haddad/Hoang-Xuan Nadia          - Dr Praud Anne, Maître de conférences          - Dr Rivière Julie, Maître de conférences</p> <p><b>Unité pédagogique de pathologie des animaux de production</b>          - Pr Adjou Karim          - Dr Belbis Guillaume, Maître de conférences*          - Dr Delsart Maxime, Maître de conférences associé          - Pr Millemann Yves          - Dr Ravary-Plumioën Bérandère, Maître de conférences          - Dr Plassard Vincent, Praticien hospitalier</p>	<p><b>Unité pédagogique de reproduction animale</b>          - Dr Constant Fabienne, Maître de conférences*          - Dr Desbois Christophe, Maître de conférences (rattaché au DEPEC)          - Dr Mauffré Vincent, Maître de conférences</p> <p><b>Unité pédagogique de zootechnie, économie rurale</b>          - Dr Arné Pascal, Maître de conférences          - Pr Bossé Philippe*          - Dr De Paula Reis Alline, Maître de conférences          - Pr Grimard-Ballif Bénédicte          - Dr Leroy-Barassin Isabelle, Maître de conférences          - Pr Ponter Andrew          - Dr Wolgust Valérie, Praticien hospitalier</p>
--	---

#### Département des sciences biologiques et pharmaceutiques (DSBP)

Chef du département : Dr Desquilbet Loïc - Adjoint : Pr Pilot-Storck Fanny

<p><b>Unité pédagogique d'anatomie des animaux domestiques</b>          - Dr Boissady Emilie, Maître de conférences contractuelle          - Pr Chateau Henry          - Pr Crevier-Denoix Nathalie          - Pr Robert Céline*</p> <p><b>Unité pédagogique de bactériologie, immunologie, virologie</b>          - Pr Boulous Henri-Jean          - Pr Eloit Marc          - Pr Le Poder Sophie          - Dr Le Roux Delphine, Maître de conférences *</p> <p><b>Unité pédagogique de biochimie</b>          - Pr Bellier Sylvain*          - Dr Lagrange Isabelle, Praticien hospitalier          - Dr Michaux Jean-Michel, Maître de conférences</p> <p><b>Discipline : éducation physique et sportive</b>          - M. Philips Pascal, Professeur certifié</p> <p><b>Unité pédagogique d'histologie, anatomie pathologique</b>          - Dr Cordonnier-Lefort Nathalie, Maître de conférences          - Pr Fontaine Jean-Jacques          - Dr Laloy Eve, Maître de conférences          - Dr Reyes-Gomez Edouard, Maître de conférences*</p>	<p><b>Unité pédagogique de management, communication, outils scientifiques</b>          - Mme Conan Muriel, Professeur certifié (Anglais)          - Dr Desquilbet Loïc, Maître de conférences (Biostatistique, Epidémiologie)          - Dr Fournel Christelle, Maître de conférences contractuelle (Gestion et management)*          - Dr Marnignac Geneviève, Maître de conférences</p> <p><b>Unité de parasitologie, maladies parasitaires, dermatologie</b>          - Dr Blaga Radu, Maître de conférences (rattaché au DPASP)          - Dr Cochet-Falvre Noëlle, Praticien hospitalier (rattachée au DEPEC)          - Dr Darmon Céline, Maître de conférences (Physiologie, Pharmacologie) (rattachée au DEPEC)          - Pr Guillot Jacques*          - Dr Polack Bruno, Maître de conférences          - Dr Risco-Castillo Verónica, Maître de conférences</p> <p><b>Unité pédagogique de pharmacie et toxicologie</b>          - Dr Kohlhauer Matthias, Maître de conférences          - Dr Perrot Sébastien, Maître de conférences*          - Pr Tissier Renaud</p> <p><b>Unité pédagogique de physiologie, éthologie, génétique</b>          - Dr Chevallier Lucie, Maître de conférences (Génétique)          - Dr Crépeaux Guillemette, Maître de conférences (Physiologie, Pharmacologie)          - Pr Gilbert Caroline (Ethologie)          - Pr Pilot-Storck Fanny (Physiologie, Pharmacologie)          - Pr Tiret Laurent (Physiologie, Pharmacologie)*</p>
--	---

\* responsable d'unité pédagogique

#### Professeurs émérites :

Mmes et MM. : Bénét Jean-Jacques, Chermette René, Combrisson Hélène, Enriquez Brigitte, Niebauer Gert, Panthier Jean-Jacques, Paragon Bernard.



---

# REMERCIEMENTS

---

## ***À mon jury de thèse***

### **Au Professeur, de la Faculté de Médecine de Créteil,**

Pour m'avoir fait l'honneur de présider ce jury de thèse. Hommages respectueux.

### **Au Docteur Julie Rivière,**

Pour avoir accueilli mon ébauche de projet avec enthousiasme, pour m'avoir guidé tout au long de l'élaboration de ce travail, pour les innombrables et précieux conseils que vous avez pu me fournir, pour vos relectures rigoureuses et bienveillantes. Mes plus chaleureux et respectueux remerciements.

### **Au Docteur Véronica Risco-Castillo,**

Pour avoir accepté d'apporter votre expertise à ce travail, pour votre relecture et vos conseils. Sincères remerciements.

## ***À ceux qui ont permis à ce travail d'aboutir***

### **À Madame Céline Talarczyk,**

Pour avoir porté ce travail au sein de GDS France, pour vos conseils et pour la ténacité avec laquelle vous avez mené la diffusion du questionnaire. Sincères remerciements.

### **Aux membres du groupe d'experts techniques besnoitiose bovine de GDS France,**

Pour votre relecture attentive du questionnaire et pour avoir permis de le parfaire et de le diffuser. Sincères remerciements.

### **À l'ensemble des personnes qui ont répondu à cette enquête,**

Pour avoir consacré un peu de votre temps à ce questionnaire, sans vous ce travail ne serait pas ce qu'il est aujourd'hui.

### **À l'équipe de la clinique vétérinaire des 3 vallées,**

Pour m'avoir sensibilisé à la question de la besnoitiose bovine, pour vos conseils et pour avoir fourni certaines des photos qui illustrent ce travail.

### **À mon frère et ami le Docteur Thomas Cardot,**

Pour m'avoir également fourni certaines des photos qui illustrent ce travail.

### **Au Docteur Cécile Thomas,**

Pour m'avoir autorisé à réutiliser les figures de votre manuscrit de thèse.

## ***À ceux qui m'ont permis de parvenir jusqu'ici***

### **À ma famille,**

À mes parents, frère et sœurs, grands-parents et arrière-grands-parents, oncles, tantes et cousins. Pour avoir toujours cru en moi, pour votre soutien sans faille. Pour être le roc sur lequel je me suis construit. Pour tout l'amour que vous me donnez. Merci, je vous aime.

### **À mes amis,**

Aux plus anciens comme aux plus récents, à ceux qu'on voit si souvent et à ceux qu'on ne voit plus, merci pour votre présence à mes côtés, vous avez tous contribué à faire de moi ce que je suis aujourd'hui.

### **À mes maîtres de stage,**

Pour m'avoir transmis avec passion vos connaissances et les fruits de votre expérience. À vous, qui fûtes des modèles que je m'apprête humblement à rejoindre dans cette belle profession. Avant de pouvoir à mon tour transmettre le savoir récolté dans le sillon que vous m'avez tracé, je tiens à vous remercier chaleureusement pour tout ce que vous m'avez appris.

### **À Charlène,**

Pour tout. Pour les souvenirs que nous avons déjà et tous ceux qu'il nous reste à construire. Pour partager mes rêves, pour embrasser tous mes projets et les embellir par tes idées et ta présence. Merci, je t'aime.

---

# TABLE DES MATIÈRES

---

<b>Table des matières .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>- 4 -</b>
<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>- 5 -</b>
<b>Liste des abréviations.....</b>	<b>- 6 -</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>- 7 -</b>
<b>Première partie : La besnoitiose bovine, étude bibliographique.-</b>	<b>9 -</b>
<b>1 Étiologie.....</b>	<b>- 9 -</b>
1.1 Systématique.....	- 9 -
1.2 Cycle évolutif.....	- 11 -
<b>2 Épidémiologie.....</b>	<b>- 13 -</b>
2.1 Répartition géographique.....	- 13 -
2.2 Incidence et prévalence en zone infestée.....	- 17 -
2.2.1 En zone d'émergence.....	- 17 -
2.2.2 En zone d'enzootie.....	- 17 -
2.3 Modalités de transmission .....	- 18 -
2.4 Facteurs de risque.....	- 19 -
<b>3 Pathogénie .....</b>	<b>- 21 -</b>
3.1 Signes cliniques.....	- 21 -
3.1.1 Phase aiguë.....	- 21 -
3.1.1.1 Phase fébrile.....	- 21 -
3.1.1.2 Phase d'anasarque ou phase des œdèmes.....	- 22 -
3.1.2 Phase chronique .....	- 23 -
3.2 Lésions.....	- 25 -
3.2.1 Lésions macroscopiques .....	- 25 -
3.2.1.1 Phase aiguë.....	- 25 -
3.2.1.2 Phase chronique .....	- 26 -
3.2.2 Lésions microscopiques .....	- 27 -
3.2.2.1 Phase aiguë.....	- 27 -
3.2.2.2 Phase chronique .....	- 29 -
3.3 Modifications hématologiques et biochimiques.....	- 32 -
<b>4 Outils diagnostiques.....</b>	<b>- 33 -</b>



4.1	Diagnostic cytologique et histologique .....	- 33 -
4.2	Diagnostic sérologique.....	- 34 -
4.2.1	L'immunofluorescence indirecte (IFI) .....	- 34 -
4.2.2	Le dosage d'immunoabsorption par enzyme liée (ELISA).....	- 35 -
4.2.3	Le Western Blot (WB) .....	- 36 -
4.2.4	Le test d'agglutination modifiée (TAM).....	- 38 -
4.3	Diagnostic par réaction en chaîne par polymérase (PCR).....	- 39 -
4.4	Synthèse des méthodes diagnostiques.....	- 39 -
<b>5</b>	<b>Moyens de lutte.....</b>	<b>- 41 -</b>
5.1	Mesures prophylactiques dans les cheptels indemnes .....	- 41 -
5.1.1	Lutte anti-vectorielle .....	- 41 -
5.1.2	Contrôle sérologique à l'introduction.....	- 42 -
5.1.3	Vaccination .....	- 43 -
5.1.4	Éviction des pratiques à risques .....	- 43 -
5.2	Mesures de contrôle et d'élimination dans les cheptels atteints.....	- 44 -
5.2.1	Chémothérapie.....	- 44 -
5.2.1.1	Situation actuelle.....	- 44 -
5.2.1.2	Recherches en cours et pistes pour l'avenir .....	- 44 -
5.2.2	Abattage sélectif .....	- 45 -
5.3	Surveillance épidémiologique.....	- 46 -
5.4	Conséquences économiques et psychologiques.....	- 46 -

## **Deuxième partie : La besnoitiose bovine en France métropolitaine : étude auprès des GDS de son extension géographique et des plans de lutte mis en place à son encontre..... - 49 -**

<b>1</b>	<b>Contexte et objectifs de l'étude .....</b>	<b>- 49 -</b>
<b>2</b>	<b>Matériel et méthodes.....</b>	<b>- 50 -</b>
<b>3</b>	<b>Résultats.....</b>	<b>- 52 -</b>
3.1	Présentation des GDS répondants.....	- 52 -
3.2	Extension géographique de la besnoitiose bovine .....	- 52 -
3.2.1	Répartition géographique des cas de besnoitiose bovine connus et déclarés avant 2007 -	52 -
3.2.2	Répartition géographique des cas de besnoitiose bovine connus et déclarés entre 2007 et 2017 .....	- 53 -
3.2.3	Principales caractéristiques d'élevage et des zones concernées par les GDS répondants-	54 -
3.2.4	Incidence annuelle de la besnoitiose bovine .....	- 55 -
3.3	Plans de surveillance de la besnoitiose bovine.....	- 56 -
3.3.1	Surveillance événementielle des suspicions cliniques .....	- 58 -

3.3.2	Surveillance programmée par dépistage à l'introduction.....	- 60 -
3.3.3	Surveillance programmée par campagnes de dépistage .....	- 61 -
3.4	Outils de dépistage et de diagnostic .....	- 63 -
3.5	Devenir des animaux atteints de besnoitiose bovine.....	- 65 -
3.6	Mesures de lutte anti-vectorielle conseillées par les GDS répondants .....	- 67 -
3.7	Aides financières apportées aux éleveurs par les GDS répondants .....	- 69 -
3.8	Communication réalisée par les GDS .....	- 70 -
3.9	Perspectives pour les GDS répondants .....	- 71 -
<b>4</b>	<b>Discussion .....</b>	<b>- 75 -</b>
4.1	Méthode.....	- 75 -
4.2	Résultats.....	- 77 -
4.3	Perspectives.....	- 82 -
 <b>CONCLUSION .....</b>		 <b>- 85 -</b>
 <b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>		 <b>- 87 -</b>
 Annexe 1 : Questionnaire diffusé aux GDS.....		 - 95 -

---

# Liste des figures

---

Figure 1 : Position du genre <i>Besnoitia</i> au sein de la classification des coccidies .....	- 10 -
Figure 2 : Cycle évolutif de <i>B. besnoiti</i> (schéma personnel).....	- 13 -
Figure 3 : Répartition géographique de la besnoitiose bovine en France métropolitaine en 2007.....	- 15 -
Figure 4 : Répartition de la besnoitiose bovine dans le monde en 2017 .....	- 16 -
Figure 5 : Oedème des membres antérieurs chez un bovin atteint de besnoitiose en phase d'anasarque .....	- 22 -
Figure 6 : Alopécie et érythème chez une vache Charolaise atteinte de besnoitiose bovine chronique .....	- 24 -
Figure 7 : Écoulements cutanés hémorragiques chez une vache Charolaise atteinte de besnoitiose bovine chronique .....	- 24 -
Figure 8 : Alopécie, croûte et érythème autour du museau et des yeux chez une vache Charolaise atteinte de besnoitiose bovine chronique .....	- 25 -
Figure 9 : Kystes dans la conjonctive sclérale et plis cutanés chez une vache Tarentaise atteinte de besnoitiose bovine chronique .....	- 25 -
Figure 10 : Coupe histologique de peau montrant la présence de nombreux kystes dans le derme .....	- 30 -
Figure 11 : Gros plan sur des kystes de <i>B. besnoiti</i> au sein de l'épiderme.....	- 30 -
Figure 12 : Résultat positif en IFI.....	- 35 -
Figure 13 : Résultats de WB selon la méthode décrite par Cortes <i>et al.</i> (2006) .....	- 37 -
Figure 14 : Résultats de WB selon la méthode décrite par Schares <i>et al.</i> (2010) .....	- 38 -
Figure 15 : Localisation géographique des GDS répondants au questionnaire.....	- 52 -
Figure 16 : Connaissance par les GDS répondants de la présence de cas de besnoitiose bovine dans leur zone avant et après 2007.....	- 53 -
Figure 17 : Répartition géographique des GDS ayant ou non recensé des cas de besnoitiose bovine dans leur zone avant 2007 .....	- 53 -
Figure 18 : Répartition géographique des GDS ayant ou non recensé des cas de besnoitiose bovine dans leur zone depuis 2007 .....	- 54 -
Figure 19 : Nombre de GDS ayant déclaré au moins un cas de besnoitiose bovine par année, entre 2007 et 2017 .....	- 56 -
Figure 20 : Nombre de nouveaux cas de besnoitiose bovine déclarés par année entre 2007 et 2017 par les 58 GDS répondants .....	- 56 -
Figure 21 : Raisons données par les GDS répondants pour la non mise en place de mesures de surveillance de la besnoitiose bovine et nombre de citation de chacune .....	- 57 -
Figure 22 : Méthodes de surveillance de la besnoitiose bovine et leurs combinaisons utilisées par les GDS répondants .....	- 58 -
Figure 23 : Répartition des critères cliniques utilisés par certains GDS pour la suspicion clinique de besnoitiose bovine dans le cadre de sa surveillance événementielle .....	- 59 -
Figure 26 : Proportion d'animaux dépistés à l'introduction en 2017 par les GDS ayant déclaré surveiller la besnoitiose bovine par dépistage à l'introduction .....	- 61 -
Figure 25 : Durée écoulée entre la connaissance du premier cas de besnoitiose bovine dans la zone et la mise en place des mesures de surveillance étudiées par les GDS répondants.....	- 62 -
Figure 24 : Proportion d'animaux dépistés lors de la campagne 2017 par les GDS ayant déclaré surveiller la besnoitiose bovine par des campagnes programmées de surveillance .....	- 63 -
Figure 27 : Critères uniques utilisés par les GDS répondants pour confirmer un cas de besnoitiose bovine et fréquence de citation .....	- 64 -
Figure 28 : Combinaisons de critères utilisées par les GDS répondants pour confirmer un cas de besnoitiose bovine .....	- 65 -
Figure 29 : Devenirs possibles des animaux infestés par la besnoitiose bovine .....	- 67 -
Figure 30 : Mesures de lutte anti-vectorielle conseillées par les GDS répondants.....	- 68 -
Figure 31 : Cible des aides financières déclarées par les GDS répondants .....	- 70 -
Figure 32 : Thématique d'intérêt pour lesquelles les GDS répondants aimeraient disposer d'informations supplémentaires.....	- 72 -
Figure 33 : Mesures de surveillance et/ou de lutte supplémentaires souhaitées par certains GDS répondants à l'issue de leur participation à l'étude .....	- 73 -
Figure 34 : Intérêt des éleveurs vis-à-vis de la besnoitiose bovine et de la lutte contre celle-ci perçu par les GDS répondants .....	- 73 -

---

## Liste des tableaux

---

Tableau 1 : Les différentes espèces du genre Besnoitia ainsi que leurs hôtes intermédiaires (HI) et définitifs (HD) lorsque ces derniers sont connus .....	- 10 -
Tableau 2 : Synthèse des outils diagnostiques utilisables pour le dépistage et le diagnostic de B. besnoiti .....	- 40 -
Tableau 3 : GDS ayant déclaré ou non avoir eu connaissance d'au moins un cas de besnoitiose bovine selon la typologie majoritaire d'élevage dans la zone .....	- 54 -
Tableau 4 : GDS ayant déclaré ou non avoir eu connaissance d'au moins un cas de besnoitiose bovine selon la pratique ou non du partage de pâtures dans la zone .....	- 55 -
Tableau 5 : GDS ayant déclaré ou non avoir eu connaissance d'au moins un cas de besnoitiose bovine selon leur localisation géographique .....	- 55 -
Tableau 6 : GDS ayant déclaré ou non avoir connu au moins un cas de besnoitiose bovine parmi ceux ayant déclaré avoir mis en place ou non un plan de surveillance .....	- 57 -
Tableau 7 : GDS ayant déclaré avoir mis en place ou non un plan de surveillance en fonction de leur localisation géographique .....	- 57 -
Tableau 8 : Catégories d'élevages et d'animaux concernés par le dépistage lors des campagnes de surveillance programmées mises en œuvre par les GDS répondants .....	- 62 -
Tableau 9 : GDS ayant déclaré avoir eu connaissance ou non d'au moins un cas de besnoitiose bovine parmi les GDS ayant déclaré préconiser ou non des mesures de lutte anti-vectorielle .....	- 68 -
Tableau 10 : GDS ayant déclaré avoir connu ou non au moins un cas de besnoitiose bovine parmi les GDS ayant déclaré mettre en place ou non des aides financières .....	- 69 -
Tableau 11 : GDS dont les éleveurs sont perçus globalement intéressés ou non par la besnoitiose bovine en fonction des typologies d'élevage majoritaires dans la zone .....	- 74 -
Tableau 12 : GDS dont les éleveurs sont perçus globalement intéressés ou non par la besnoitiose bovine selon la zone géographique .....	- 74 -

---

## Liste des abréviations

---

ADN	Acide désoxyribonucléique
APE	Antiparasitaire externe
ARNr	Acide ribonucléique ribosomal
ASAT	Aspartate aminotransférase
BHB	$\beta$ -hydroxybutyrate
CK	Créatine kinase
DEET	N,N-diéthyl-3-méthylbenzamide
DO	Densité optique
EFSA	<i>European Food Safety Authority</i> (autorité européenne de sécurité des aliments)
ELISA	<i>Enzyme linked immunosorbent assay</i> (dosage d'immunoabsorption par enzyme liée)
FCO	Fièvre catarrhale ovine
FMGDS	Fond de mutualisation des groupements de défense sanitaire
FRGDS	Fédération régionale des groupements de défense sanitaire
FRGTV	Fédération régionale des groupements techniques vétérinaires
GDS	Groupement de défense sanitaire
HD	Hôte définitif
HI	Hôte intermédiaire
IC95	Intervalle de confiance à 95 %
IFI	Immunofluorescence indirecte
ITS1	<i>Internal transcribed spacer 1</i> (espaceur interne transcrit 1)
ITS2	<i>Internal transcribed spacer 2</i> (espaceur interne transcrit 2)
kDa	Kilodalton
LDH	Lactate déshydrogénase
NC	Non chiffré
PCR	<i>Polymerase chain reaction</i> (réaction en chaîne par polymérase)
PNN	Polynucléaire neutrophile
QCMM	Question à choix multiples et réponses multiples
QCMU	Question à choix multiples et réponse unique
QRO	Question à réponse ouverte
TAM	Test d'agglutination modifiée
WB	Western Blot

---

# INTRODUCTION

---

Des travaux du XIX<sup>e</sup> siècle faisaient état d'une maladie du bétail, appelée tantôt "anasarque des bovins", tantôt "éléphantiasis des bovins", qui sévissait alors en France dans le piémont pyrénéen. Au sein de l'École nationale vétérinaire de Toulouse, en 1912, Besnoit, assisté de Robin, a établi l'étiologie parasitaire de cette maladie et isolé le protozoaire responsable des signes cliniques. En son honneur, un consensus de scientifiques a décidé, quelques années plus tard, de nommer ce parasite, cousin des *Toxoplasma* et des *Neospora*, *Besnoitia besnoiti*. La maladie prend alors le nom de besnoitiose bovine. Tout au long du XX<sup>e</sup> siècle, des travaux ont permis de mieux connaître ce parasite, sa pathogénie et son épidémiologie. Toutefois, certaines questions cruciales ne sont toujours pas élucidées à ce jour, comme par exemple la connaissance complète de son cycle évolutif et des différents hôtes qui y interviennent.

Jusque dans les années 1990, la besnoitiose bovine est restée cantonnée au sud-ouest de la France et au sud du Portugal en ce qui concerne l'Europe, et à certains pays africains et asiatiques à l'échelle mondiale. Depuis le milieu des années 1990, la maladie s'est propagée à de nombreux pays européens et progresse vers le nord et l'est du continent. Cela a conduit l'EFSA (*European Food Safety Authority*) à la classer comme maladie émergente en Europe en 2010 et à recommander "d'attirer l'attention sur cette maladie, en particulier auprès des éleveurs et vétérinaires, à propos des signes cliniques à surveiller et des voies de transmission connues" (*European Food Safety Authority*, 2010). La situation en France est encore méconnue à l'heure actuelle. Des foyers sont apparus dans les années 2000 ailleurs que dans le piémont pyrénéen, par exemple dans les Alpes et les Pays-de-la-Loire, et certains cas ont récemment été déclarés dans des départements du nord-est du pays, sans toutefois que le statut exact des différents départements français vis-à-vis de la besnoitiose bovine ne soit précisément connu.

La besnoitiose bovine n'est pas une maladie réglementée en France, ainsi aucune obligation ne pèse sur les éleveurs concernant le dépistage et plus généralement la lutte contre cette maladie. La gestion collective de cette maladie relève des groupements de défense sanitaire (GDS), associations d'éleveurs à l'échelle départementale, et des fédérations régionales des groupements de défense sanitaire (FRGDS), chargées de :

- la mise en œuvre de la surveillance, la prévention et la maîtrise des dangers sanitaires de première ou deuxième catégorie sous l'autorité des Services de l'État,
- concourir, en collaboration avec leurs partenaires départementaux, régionaux et nationaux, ainsi qu'avec les services de l'État, à l'élaboration de programmes de surveillance, de prévention et de maîtrise de dangers sanitaires de deuxième ou troisième catégorie et de contribuer à leur mise en œuvre.

La lutte contre la besnoitiose bovine peut être déclinée en deux volets. Le premier est constitué des mesures de surveillance, c'est-à-dire les mesures prises afin d'éviter l'entrée de la maladie dans une zone géographique déterminée, ainsi que celles permettant de connaître la situation épidémiologique de la maladie et de détecter la présence de cas. Le second volet correspond aux mesures de contrôle (ou de lutte au sens strict), c'est-à-dire les mesures prises afin d'éviter la propagation de la maladie une fois qu'elle est entrée et qu'elle a été détectée dans une zone donnée.

Compte-tenu de l'évolution géographique récente de la besnoitiose bovine en Europe, et des éléments dont nous disposons à propos d'une extension probable en France, nous nous sommes demandé quelle était la situation en 2017 quant à l'extension géographique de la besnoitiose bovine en France. Par ailleurs, nous nous sommes également interrogés sur les plans actuellement mis en place ou conseillés par les GDS pour surveiller et contrôler cette maladie. Pour répondre à ces interrogations, un questionnaire a été envoyé à l'ensemble des GDS du territoire métropolitain.

Ce manuscrit est divisé en deux parties. La première constitue une synthèse des connaissances actuelles à propos de la besnoitiose bovine. La seconde présente l'étude réalisée auprès des GDS de France métropolitaine sur la situation épidémiologique locale vis-à-vis de la besnoitiose bovine, et les mesures de surveillance et de lutte qu'ils mettent en œuvre sur le terrain.

---

# Première partie :

## La besnoitiose bovine, étude bibliographique

---

### 1 Étiologie

---

#### 1.1 Systématique

---

Le parasite responsable de la besnoitiose est le protozoaire *Besnoitia besnoiti*. Lors de son identification par Besnoit et Robin (1912), les deux auteurs ont constaté sa nature parasitaire et émis l'hypothèse qu'il s'agissait d'une espèce du genre *Sarcocystis* à tropisme cutané. La même année, Marotel a défendu l'hypothèse que ce parasite correspondait à une espèce à part et a proposé le nom de *Sarcocystis besnoiti* (Marotel, 1912). L'année suivante, en se fondant sur les travaux de Marotel, Henry a quant à lui défendu l'hypothèse selon laquelle le parasite découvert par Besnoit et Robin ne pouvait pas être du genre *Sarcocystis* et a proposé le nom de *Besnoitia besnoiti* (Henry, 1913), proposition appuyée par des chercheurs portugais deux ans plus tard (Franco et Borges, 1915). Jusque dans les années 1970, et en parallèle des appellations *B. besnoiti* pour le parasite et besnoitiose pour la maladie, le parasite était également appelé *Globidium besnoiti* et la maladie globidiose par certains auteurs (Herin, 1952 ; Pols, 1954 ; Provost, 1975).

Les premiers essais de classification du genre *Besnoitia* et des espèces qui le composent se sont fondés sur des critères morphologiques en microscopie optique et sur des critères pathologiques (Bigalke *et al.*, 1967). L'apport de la génétique a permis de situer l'espèce *B. besnoiti* comme suit (Ellis *et al.*, 2000) :

- Phylum Apicomplexa,
- Classe Conoidasida,
- Ordre Eucoccidiodida
- Famille des Sarcocystidés,
- Sous-famille des Toxoplasmatinés,
- Genre *Besnoitia*.

Le genre *Besnoitia* décrit ainsi un parasite coccidien, formateur de kystes, phylogénétiquement proche d'un groupe comprenant les genres *Neospora*, *Toxoplasma* et *Hammondia* (Jenkins *et al.*, 1999), ce que confirme notamment l'étude de la protéine disulfure isomérase (Marcelino *et al.*, 2011). La Figure 1 permet de visualiser la position phylogénétique du genre *Besnoitia* au sein de la classification des coccidies.

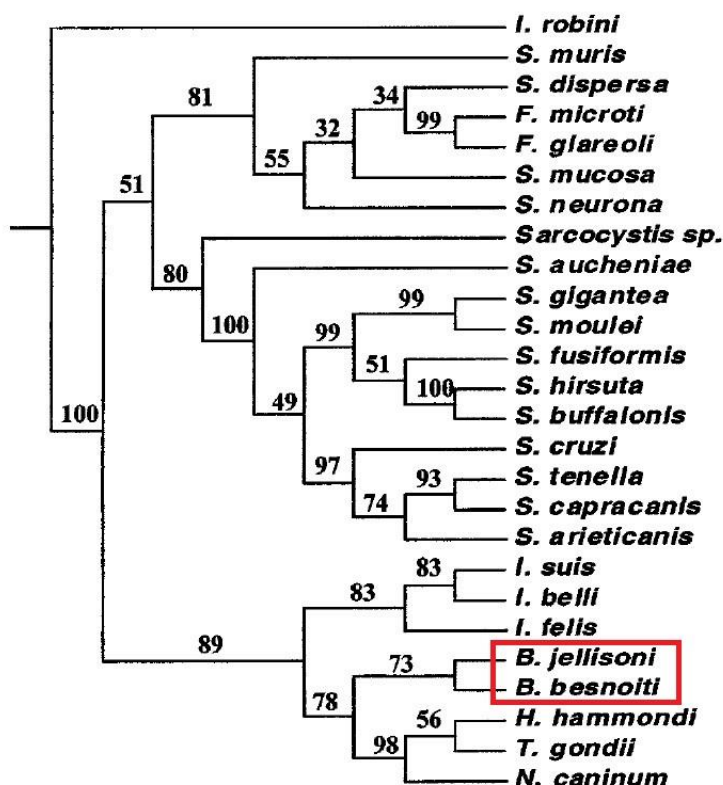
Ce genre comprend dix espèces connues à l'heure actuelle : *B. besnoiti*, *B. bennetti*, *B. tarandi*, *B. caprae*, *B. jellisoni*, *B. wallacei*, *B. darlingi*, *B. akodoni*, *B. neotomofelis* et *B. oryctofelisi*. Les quatre premières ont pour hôtes intermédiaires des ongulés et ont un tropisme plutôt cutané, tandis que les autres espèces ont pour hôtes intermédiaires des petits mammifères et des marsupiaux et ont



un tropisme plutôt viscéral (Álvarez-García *et al.*, 2014a ; Cortes *et al.*, 2014). Le Tableau 1 résume l'état actuel des connaissances quant aux hôtes intermédiaires (HI) et définitifs (HD) des différentes espèces de *Besnoitia*. En ce qui concerne *B. besnoiti*, objet de cette étude, l'hôte définitif supposé est le chat, mais cette hypothèse n'a pas encore été confirmée à ce jour (Cortes *et al.*, 2014).

**Figure 1 : Position du genre *Besnoitia* au sein de la classification des coccidies (Ellis *et al.*, 2000)**

L'encadré rouge identifie le genre *Besnoitia*, représenté par *B. besnoiti* pour les *Besnoitia* parasites des ongulés, et *B. jellisoni* pour les *Besnoitia* parasites des petits mammifères



**Tableau 1 : Les différentes espèces du genre *Besnoitia* ainsi que leurs hôtes intermédiaires (HI) et définitifs (HD) lorsque ces derniers sont connus (d'après Smith et Frenkel, 1977 ; Ellis *et al.*, 2000 ; Dubey *et al.*, 2003 ; Mehlhorn *et al.*, 2009 ; Dubey et Yabsley, 2010 ; Olias *et al.*, 2011 ; Verma *et al.*, 2017)**

	<i>B. besnoiti</i>		<i>B. bennetti</i>	<i>B. caprae</i>	<i>B. tarandi</i>	
	<b>Ongulés</b>	HI	Bovins, gnous, antilopes, impalas	Ânes	Chèvres	Cerfs, rennes, caribous
	HD	Chats ?	NC	NC	NC	
	<i>B. jellisoni</i>	<i>B. wallacei</i>	<i>B. darlingi</i>	<i>B. akadoni</i>	<i>B. neotomofelis</i>	<i>B. oryctofelisi</i>
	<b>Petits mammifères</b>	HI	Rongeurs	Rongeurs	Opossums, rongeurs, chauves-souris, lézards	Rongeurs
	HD	NC	Chats	Chats, lynx roux	NC	Chats
					Chats	Chats

NC : non connu

La distinction d'espèces entre *B. besnoiti* et certaines autres *Besnoitia* est encore aujourd'hui un sujet soumis à débat. Ainsi, de nombreuses similitudes antigéniques, et notamment de fortes réactions croisées en immunofluorescence indirecte et en Western Blot entre *B. besnoiti* et *B. tarandi*, font persister un doute sur une réelle différence entre ces deux espèces (Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2012). Toutefois, des différences protéomiques observées entre des *Besnoitia* collectées sur des bovins et des cervidés laissent penser que *B. besnoiti* et *B. tarandi* sont bien deux espèces distinctes (García-Lunar *et al.*, 2014). L'autre espèce pour laquelle l'existence d'une différence avec *B. besnoiti* fait encore débat est *B. caprae*. Des différences d'hôtes, géographiques et morphologiques, ont conduit certains auteurs à les considérer comme deux espèces distinctes dans les années 1990 (Njenga *et al.*, 1993 ; Njenga *et al.*, 1995 ; Njenga *et al.*, 1999). Mais plus récemment, des études de génétique moléculaire portant sur les séquences *internal transcribed spacer 1* et 2 (ITS1 et ITS2) du gène de l'acide ribonucléique ribosomal (ARNr), utilisés notamment pour l'identification par réaction en chaîne par polymérase (PCR) des parasites du genre *Besnoitia*, ont permis de montrer que *B. caprae* possède exactement la même séquence ITS1 que toutes les souches de *B. besnoiti* actuellement séquencées, la même séquence ITS2 qu'une souche israélienne de *B. besnoiti*, et une différence d'une paire de base dans la séquence ITS2 avec les souches européennes de *B. besnoiti*. Ainsi, *B. caprae* et *B. besnoiti* ne diffèrent pas plus entre elles que deux souches de *B. besnoiti*, ce qui laisse supposer qu'il pourrait s'agir de deux souches de la même espèce, avec une préférence d'hôte propre à chacune (Ellis *et al.*, 2000 ; Namazi *et al.*, 2011).

*Besnoitia besnoiti*, agent causal de la besnoitiose, est un parasite coccidien formateur de kystes, proche de *Toxoplasma* et *Neospora*. Le bovin est son hôte intermédiaire le plus étudié, mais il infecte également d'autres espèces de ruminants. À l'heure actuelle, neuf autres espèces ont été identifiées au sein du genre *Besnoitia*, qui ont pour hôtes intermédiaires des ongulés ou des petits mammifères. Pour quatre d'entre elles, l'hôte définitif présumé est le chat, pour les autres espèces l'hôte définitif est encore inconnu. La distinction entre les différentes espèces de *Besnoitia* n'est pas toujours clairement établie, et cette question fait actuellement encore l'objet de recherches, notamment pour *B. besnoiti*, *B. tarandi* et *B. caprae*.

## 1.2 Cycle évolutif

---

Comme pour les autres sarcocystidés, le cycle de *B. besnoiti* est hétéroxène, c'est-à-dire qu'il fait intervenir deux espèces d'hôtes, l'un dit définitif (HD), où se déroule la multiplication sexuée du parasite, et l'autre dit intermédiaire (HI) où se déroule sa multiplication asexuée. Et comme pour les autres toxoplasmatinés, ses ookystes sont excrétés non sporulés dans les fèces de l'hôte définitif (Frenkel, 1977). À l'heure actuelle, l'hôte définitif de *B. besnoiti* n'est pas encore connu. La voie de transmission du parasite de l'hôte définitif à l'hôte intermédiaire est donc également inconnue. Au sein de l'hôte intermédiaire, le parasite passe par un premier stade de multiplication rapide à l'état de tachyzoïte. C'est durant ce stade uniquement qu'une parasitémie peut être observée. Le parasite pénètre ensuite dans les fibroblastes et les histiocytes, au sein des tissus conjonctifs de l'hôte intermédiaire. Il se divise alors par endodyogénie sous forme de bradyzoïtes contenus dans des kystes, qui sont issus de la transformation parasitaire dans la cellule hôte (Pols, 1960 ; Bigalke, 1968 ; Göbel *et al.*, 1985). Une fois enkysté, le parasite persiste à vie dans les tissus de l'hôte intermédiaire. Les tissus parasités sont ensuite supposément consommés par l'hôte définitif.

Un second cycle, homoxène, c'est-à-dire ne faisant intervenir qu'un seul type d'hôte, existe dans le cas de *B. besnoiti*. Il nécessite l'intervention d'un vecteur mécanique, qui peut être soit des insectes piqueurs dont des stomoxes (*Stomoxys calcitrans*), des glossines (*Glossina brevipalpis*), des tabanidés ou des moustiques du genre *Culex* par exemple, soit une aiguille souillée et réutilisée (Bigalke, 1960 ; Bigalke, 1967 ; Bigalke, 1968 ; Liénard *et al.*, 2012 ; Gollnick *et al.*, 2015 ; Sharif *et al.*, 2017). Ces vecteurs mécaniques assurent la transmission du parasite d'un hôte intermédiaire

à un autre hôte intermédiaire. Ce type de cycle est à l'heure actuelle le seul dont l'implication est avérée pour la transmission de *B. besnoiti* aux bovins (Álvarez-García *et al.*, 2013).

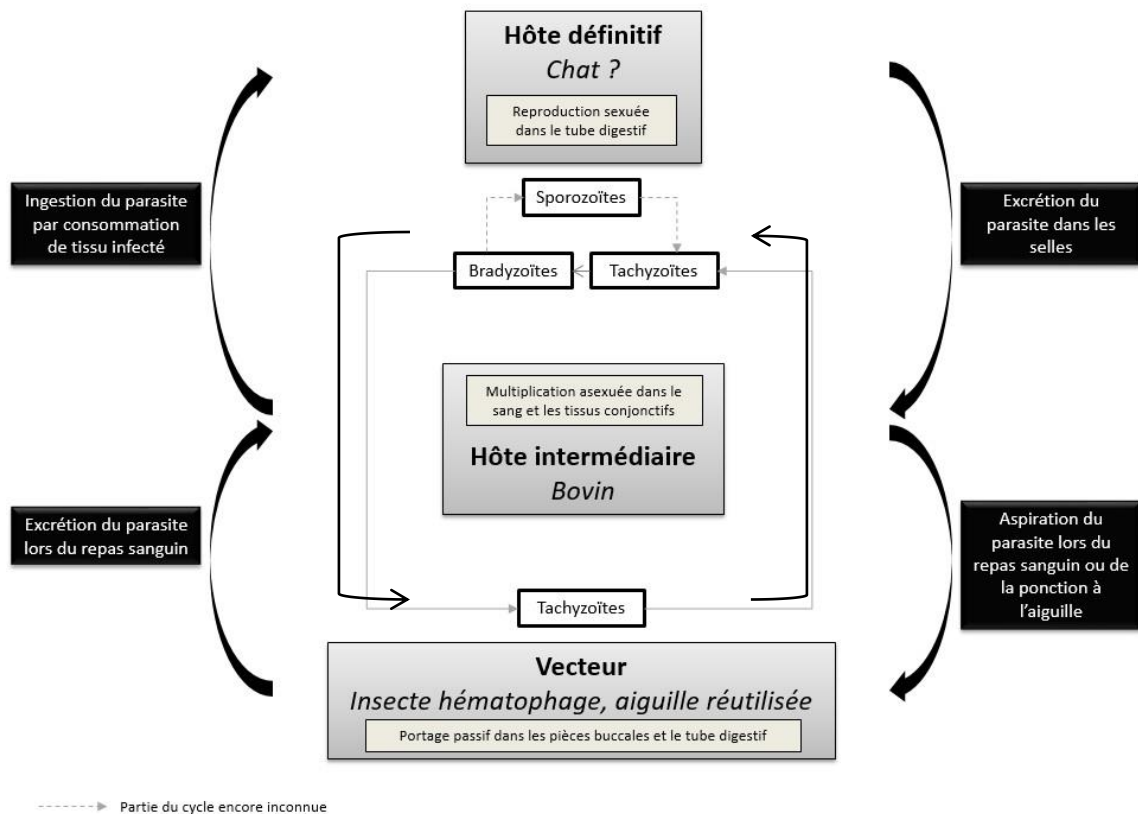
L'hôte intermédiaire le plus fréquent dans le cycle de *B. besnoiti* est le bovin (*Bos taurus*), mais d'autres espèces peuvent jouer ce rôle, notamment le zébu (*Bos taurus indicus*) (Bwangamoi, 1968), le gnou bleu (*Connochaetes taurinus*), l'impala (*Aepyceros melampus*) (Bigalke *et al.*, 1967), le buffle d'eau (*Bubalus bubalis*) (Ashmawy et Abu-Akkada, 2014), le cerf élaphe (*Cervus elaphus*) et le chevreuil (*Capreolus capreolus*) (Arnal *et al.*, 2016 ; Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2016). Toutes les espèces sauvages susmentionnées vivent dans des régions où sévit la besnoitiose bovine (Afrique, Europe de l'Ouest). Leur rôle en tant que réservoir de la maladie reste toutefois à élucider. Une étude réalisée par Gutiérrez-Expósito *et al.* en 2016 chez des cerfs élaphe et des chevreuils sauvages, dans une zone espagnole enzootique pour la besnoitiose bovine, a révélé des séroprévalences très faibles dans les deux populations (un cerf élaphe positif sur 309 testés et un chevreuil positif sur 417 testés). Leur rôle dans la transmission de la maladie aux bovins reste à démontrer, et les faibles prévalences observées laissent penser que le risque qu'ils puissent transmettre *B. besnoiti* aux troupeaux de bovins est faible (Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2016).

En conditions expérimentales, certaines espèces de rongeurs et de lagomorphes se sont révélées réceptives à *B. besnoiti* et sensibles à la besnoitiose bovine, à savoir le lapin domestique (*Oryctolagus cuniculus*), la gerbille de Mongolie (*Meriones unguiculatus*), le mérion (*Meriones tristrami*), le rat des sables (*Psammomys obesus*), le hamster (espèce non précisée), le cochon d'Inde (*Cavia porcellus*), la souris (*Mus musculus*) et le campagnol des champs (*Microtus arvalis*) (Pols, 1954 ; Neuman et Nobel, 1981 ; Shkap *et al.*, 1987 ; Basso *et al.*, 2011). En corrélant cette information à la découverte que, parmi les *Besnoitia* des petits mammifères, *B. jellisoni* des rongeurs présente une très forte proximité génétique avec les *Besnoitia* des ongulés, Kiehl *et al.* (2010) ont émis l'hypothèse que les ongulés seraient des hôtes intermédiaires accidentels au sein d'un cycle entre un prédateur, vraisemblablement félin, hôte définitif, et une proie de petit format, rongeur ou lagomorphe, hôte intermédiaire. Cette hypothèse demanderait à être confirmée, entre autres par la découverte d'une infection naturelle de rongeurs et de lagomorphes par *B. besnoiti* ou par la mise en évidence d'une transmission du parasite entre un tissu infesté de rongeur et un félin qui le consommerait, ce qui n'est à ce jour pas encore le cas (Olias *et al.*, 2011).

L'hôte définitif de *B. besnoiti* est encore inconnu. Peteshev *et al.* (1974) ont montré que des chats nourris avec des tissus bovins présentant des kystes de *B. besnoiti* excrétaient des ookystes. Toutefois, rien ne permet de confirmer qu'il s'agit bien d'ookystes de *B. besnoiti* et non d'une autre espèce de coccidie dont l'infection aurait été concomitante au cours de l'expérience. Par la suite, ce résultat n'a pas pu être confirmé : des chats, des chiens, dix autres espèces de mammifères carnivores, six espèces de serpents et une espèce de vautour n'ont pas été excréteurs d'ookystes de *B. besnoiti* après ingestion de tissus présentant des kystes (Diesing *et al.*, 1988 ; Basso *et al.*, 2011). De l'acide désoxyribonucléique (ADN) identifié comme étant *B. besnoiti* a récemment été découvert dans des fèces de chauves-souris murins des marais (*Myotis dasycneme*). L'auteur a formulé trois hypothèses suite à cette découverte : soit il s'agissait d'un portage par ingestion d'insectes vecteurs porteurs du parasite dans leur tube digestif, soit le murin des marais est un hôte intermédiaire, ce qui n'explique toutefois pas la présence de l'ADN du parasite au sein de son tube digestif, soit le murin des marais est un hôte définitif de *B. besnoiti*, ce qui reste à confirmer (Hornok *et al.*, 2015a).

La Figure 2 synthétise le cycle évolutif de *B. besnoiti* dans l'état actuel des connaissances.

Figure 2 : Cycle évolutif de *B. besnoiti* (schéma personnel)



Le cycle évolutif de *B. besnoiti* n'est pas encore complètement connu avec précision. On sait que des ruminants, et en particulier les bovins, sont des hôtes intermédiaires du parasite. Le cycle homoxène entre ces hôtes intermédiaires nécessite l'intervention d'un vecteur, en particulier certains insectes hématophages. Le cycle hétéroxène du parasite, davantage méconnu, reste encore à préciser, notamment par l'identification d'un hôte définitif, supposé être un félin.

## 2 Épidémiologie

### 2.1 Répartition géographique

La besnoitiose a été décrite pour la première fois à l'École nationale vétérinaire de Toulouse en 1912 (Besnoit et Robin, 1912) sur une vache élevée dans le sud-ouest de la France. Sur le territoire métropolitain, la maladie est restée cantonnée à quatre départements du piémont pyrénéen oriental (Ariège, Haute-Garonne, Aude, Pyrénées orientales) jusque dans les années 1990 (Legrand, 2003 ; Alzieu *et al.*, 2007). Elle a ensuite connu une expansion géographique rapide à partir du milieu des années 1990. En 2007, Thomas rapporte dans son travail de thèse que la maladie s'est étendue également au Gers dans le foyer pyrénéen, et que trois nouveaux foyers géographiques ont été détectés : en Lozère et Aveyron dans le Massif Central méridional, en Dordogne et Charente, ainsi qu'un foyer alpin concernant l'Isère, la Drôme, les Hautes-Alpes, les Alpes-de-Haute-Provence et les Alpes-Maritimes (Thomas, 2007). La Figure 3 illustre l'extension géographique de la maladie sur le territoire national en 2007. Depuis, la maladie

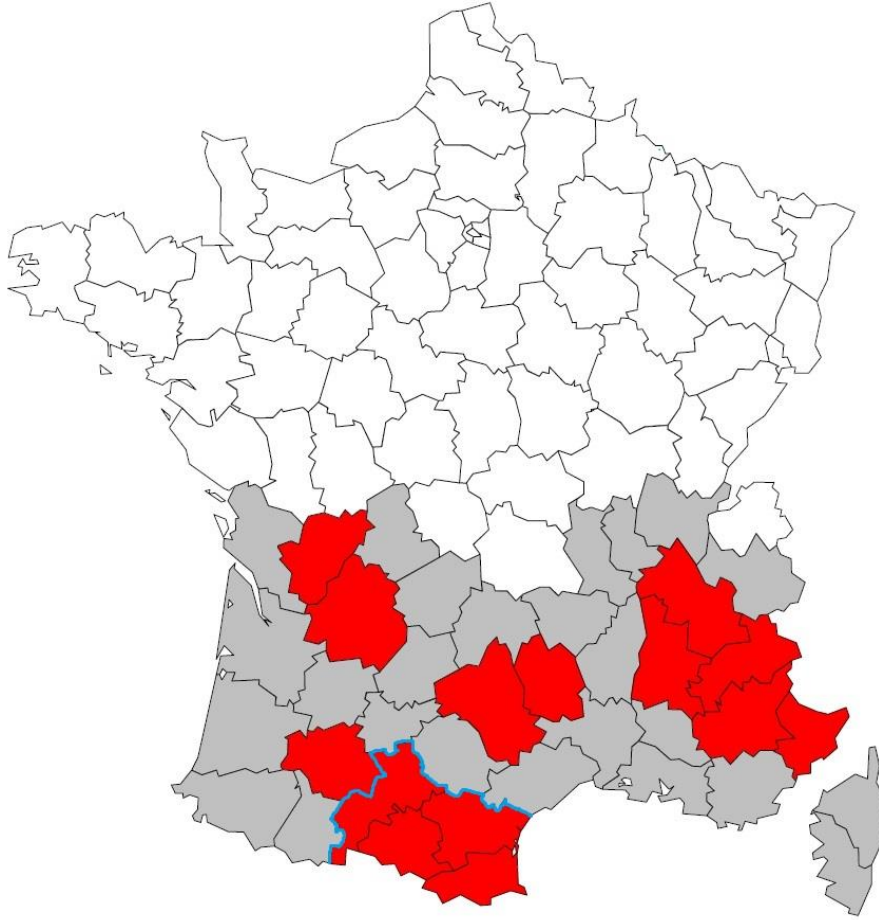
progressive vers le nord. Par exemple, un cas a récemment été détecté dans les Vosges (Richard, 2017).

Au niveau mondial, la maladie a également connu une expansion rapide depuis les années 1990. Sur le continent européen, la besnoitiose bovine n'était initialement connue qu'en France et au sud du Portugal, dans la région de l'Alentejo (Franco et Borges, 1915). Elle est aujourd'hui présente en Allemagne en Bavière (Mehlhorn *et al.*, 2009 ; Rostaher *et al.*, 2010), en Italie (Gollnick *et al.*, 2010) où elle est considérée comme enzootique (Manuali *et al.*, 2011), en Suisse (Lesser *et al.*, 2012), en Croatie (Beck *et al.*, 2013), en Hongrie (Hornok *et al.*, 2014), en Espagne (Fernandez-Garcia *et al.*, 2009), en Grèce (Papadopoulos *et al.*, 2014), en Belgique (Vanhoudt *et al.*, 2015) et en Irlande (Ryan *et al.*, 2016). En Afrique, la besnoitiose bovine a été détectée au Ruanda-Urundi (Herin, 1952), en Afrique du Sud (Pols, 1954), en Angola, au Botswana, au Congo, en Namibie (Pols, 1960), en Ouganda (Bwangamoi, 1968) au Soudan (Husseïn et Haroun, 1975), au Cameroun, au Tchad (Provost, 1975), au Kenya (Njagi *et al.*, 1998), au Nigéria depuis au moins 1982 (Igbokwe *et al.*, 2009), au Zimbabwe (Chatikobo *et al.*, 2013), en Égypte (Ashmawy et Abu-Akkada, 2014) et au Mozambique (Atanásio-Nhacumbe *et al.*, 2017). En Asie, la maladie est connue en Corée depuis au moins 1932 (Lee *et al.*, 1970), en Israël (Neuman, 1972), au Kazakhstan (Peteshev *et al.*, 1974), en Chine (Wang et Liu, 1987), et en Jordanie (Talafha *et al.*, 2015). Sur les autres continents, la besnoitiose bovine a été identifiée au Venezuela (Duvallet et Boireau, 2015). Un dépistage sérologique au Brésil a fourni des résultats douteux mais la présence de la maladie dans ce pays n'a pas été confirmée (Uzêda *et al.*, 2014). Enfin, une campagne de dépistages sérologiques en Australie n'a pas permis de mettre en évidence de bovins séropositifs (Nasir *et al.*, 2012). La Figure 4 présente la répartition mondiale de la maladie en 2017.

La besnoitiose bovine est une maladie présente sur l'ensemble des continents, exceptée l'Océanie. Sa progression récente, notamment vers le Nord et l'Est de l'Europe, ne permet plus de la considérer comme étant seulement une maladie des régions chaudes. En France, elle était présente en 2007 dans 14 départements répartis dans l'ensemble de la moitié sud du territoire.

**Figure 3 : Répartition géographique de la besnoitiose bovine en France métropolitaine en 2007  
(Thomas, 2007)**

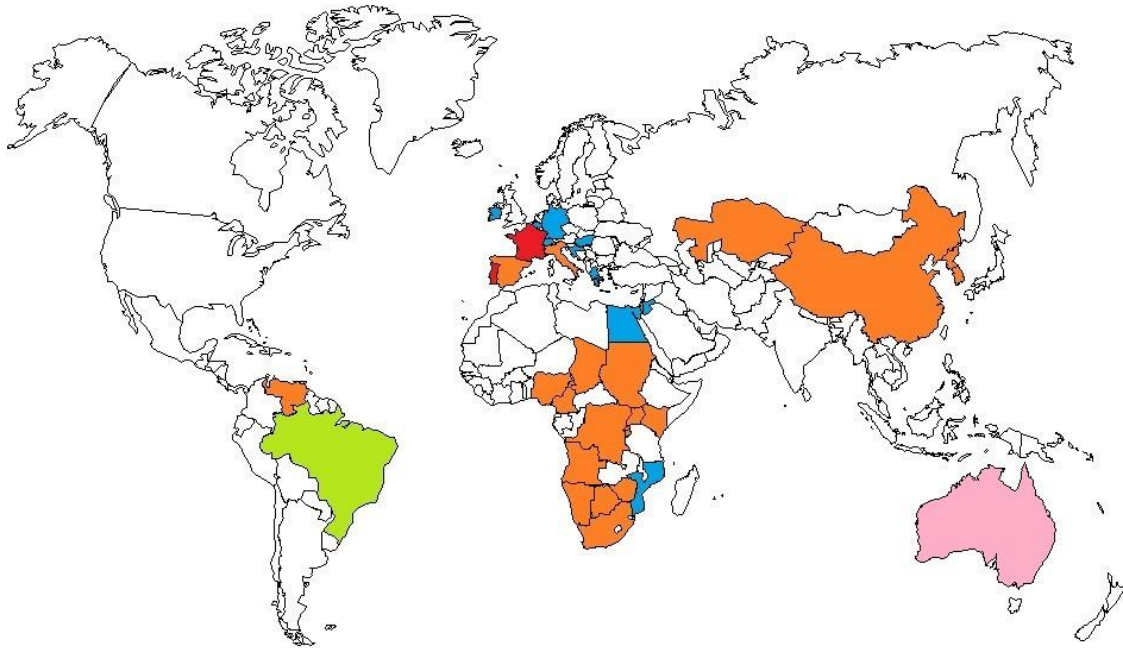
En rouge les départements ayant des cas avérés, en grisé les départements interrogés par le Dr Thomas et n'ayant pas de cas connus. La ligne bleue délimite la frontière du foyer pyrénéen historique.



**Figure 4 : Répartition de la besnoitiose bovine dans le monde en 2017**

**(d'après Besnoit et Robin, 1912 ; Franco et Borges, 1915 ; Pols, 1954 ; Pols, 1960 ; Bwangamoi, 1968 ; Lee et al., 1970 ; Neuman, 1972 ; Peteshev et al., 1974 ; Hussein et Haroun, 1975 ; Provost, 1975 ; Wang et Liu, 1987 ; Njagi et al., 1998 ; Mehlhorn et al., 2009 ; Igbokwe et al., 2009 ; Rostaher et al., 2010 ; Gollnick et al., 2010 ; Lesser et al., 2012 ; Nasir et al., 2012 ; Beck et al., 2013 ; Chatikobo et al., 2013 ; Hornok et al., 2014 ; Papadopoulos et al., 2014 ; Ashmawy et Abu-Akkada, 2014 ; Uzêda et al., 2014 ; Vanhoudt et al., 2015 ; Talafha et al., 2015 ; Duvallet et Boireau, 2015 ; Ryan et al., 2016 ; Atanásio-Nhacumbe et al., 2017)**

En rouge, les foyers historiques, en France et au Portugal. En orange les pays où la besnoitiose bovine était connue avant 2007. En bleu les pays où la besnoitiose bovine est apparue ou est connue depuis 2007. En vert, le cas particulier du Brésil, où la présence de la maladie reste à confirmer. En rose l'Australie, où la maladie n'a pas été identifiée. En blanc les pays pour lesquelles les données concernant la présence ou non de la besnoitiose bovine n'existent pas.



## 2.2 Incidence et prévalence en zone infestée

---

L'incidence et la prévalence de la besnoitiose bovine dans une région ou dans un troupeau donné(e) sont très différentes en fonction du contexte épidémiologique. Il faut donc différencier le cas où la maladie est émergente dans la région ou le troupeau, et celui où elle y est enzootique.

### 2.2.1 En zone d'émergence

---

En cas d'émergence de la besnoitiose bovine, l'incidence de la maladie est souvent très élevée (Alzieu *et al.*, 2011). Dans le nord de l'Italie, Gazzonis *et al.* (2017) ont ainsi décrit une incidence annuelle de 39,6 % au sein d'un troupeau bovin, avec une différence marquée entre les sexes puisqu'elle était de 60 % pour les mâles et de 38,8 % pour les femelles. Dans le sud de la France, Liénard *et al.* (2011) ont quant à eux mis en évidence une incidence annuelle de 60,65 % et Nieto-Rodríguez *et al.* (2016) ont révélé que la séroprévalence pouvait doubler en quatre mois au sein d'un troupeau nouvellement infesté dans le sud-ouest de l'Espagne, ce qui correspondait à une incidence de 36,1 % en quatre mois pour le troupeau qui a fait l'objet de leur étude.

La prévalence de la maladie en cas d'émergence de la besnoitiose bovine a quant à elle fait l'objet de peu d'études. Fernandez-Garcia *et al.* (2010) ont relevé une séroprévalence de 90,5 % pour l'ensemble des animaux de neuf troupeaux d'une région espagnole nouvellement touchée. La séroprévalence intra-troupeau relevée dans leur étude variait de 79,2 % à 100 %, contre 28,82 % évoluant à 89,47 % l'année suivante dans l'étude de Liénard *et al.* (2011) et 25,3 % évoluant à 61,4 % en quatre mois dans celle de Nieto-Rodríguez *et al.* (2016). La prévalence clinique, déterminée par la présence de kystes dans les conjonctives sclérales, pour l'ensemble des animaux des neuf troupeaux dans l'étude de Fernandez-Garcia *et al.* (2010) était de 43 %, avec des valeurs intra-troupeaux s'échelonnant entre 26,9 % et 75 %.

### 2.2.2 En zone d'enzootie

---

La besnoitiose bovine, et donc son incidence et sa prévalence, ont été davantage étudiées dans des régions où la maladie est enzootique. L'incidence y est moins élevée qu'en zone d'émergence. Ainsi une étude réalisée dans le nord de l'Espagne a permis de mettre en évidence entre 12,5 % et 16,7 % d'incidence clinique annuelle et 12,5 % à 62,5 % d'incidence sérologique annuelle (Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2017a). Dans une autre étude réalisée dans le sud-ouest de la France, l'incidence sérologique annuelle globale à l'échelle d'une région touchée de manière enzootique a été évaluée à 26 %. Les auteurs ont distingué plusieurs types de troupeaux : les troupeaux à faible prévalence et dans lesquels les bovins sont éliminés par abattage, pour lesquels l'incidence annuelle variait de 0 % à 4,25 %, et les troupeaux pour lesquels la prévalence est plus élevée, sans plan d'éradication, et dont l'incidence annuelle variait alors de 30 % à 81,8 % (Jacquiet *et al.*, 2012).

La séroprévalence de troupeaux atteints dans une région peut être très élevée. Ainsi Gutiérrez-Expósito *et al.* (2014) ont relevé une séroprévalence de troupeaux de 87,3 % sur 63 troupeaux dans une région espagnole où la maladie est enzootique, tandis que la séroprévalence de troupeaux a été mesurée à hauteur de 83 % sur 88 troupeaux dans une région d'enzootie italienne (Rinaldi *et al.*, 2013) et de 28,7 % en Jordanie sur 68 troupeaux (Talafha *et al.*, 2015). La séroprévalence parmi l'ensemble des bovins d'une région (séroprévalence individuelle régionale) dans les régions d'enzootie varie, selon les auteurs et les méthodes sérologiques utilisées, de 26,5 % à 76,2 % (Neuman, 1972 ; Janitschke *et al.*, 1984 ; Jacquiet *et al.*, 2012 ; Rinaldi *et al.*, 2013 ; Talafha *et al.*, 2015 ; Atanásio-Nhacumbe *et al.*, 2017). La prévalence clinique varie quant à elle entre 6 % et 38 % dans les régions d'enzootie (Lee *et al.*, 1970 ; Janitschke *et al.*, 1984 ; Njenga *et al.*, 1999). Les travaux de Zango *et al.* (2016) ont permis de mettre en évidence que 2 % (2/100) des bovins apparemment sains abattus dans un même abattoir nigérian étaient porteurs de kystes de besnoitiose bovine.



La séroprévalence parmi les bovins au sein d'un même troupeau (séroprévalence individuelle intra-troupeau) peut très fortement varier d'un troupeau à l'autre, y compris entre deux troupeaux voisins (Alzieu *et al.*, 2011). Les valeurs relevées par les différents auteurs ayant fait des études de séroprévalence individuelle intra-troupeau en région d'enzootie variaient entre 0,7 % et 95,7 % (Gollnick *et al.*, 2010 ; Jacquet *et al.*, 2012 ; Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2014 ; Waap *et al.*, 2014 ; Ryan *et al.*, 2016 ; Gazzonis *et al.*, 2017 ; Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2017a ; Gollnick *et al.*, 2018). Pour Alzieu *et al.* (2011), suite à une étude réalisée dans le sud-ouest de la France, cette séroprévalence intra-troupeau était globalement stable d'un an sur l'autre et toujours supérieure à 50 %. Au contraire, au Portugal, Waap *et al.* (2014) ont mis en évidence une séroprévalence intra-troupeau moyenne de 33 % et médiane de 10,3 %. Dans le nord de l'Italie, Gazzonis *et al.* (2017) ont relevé une séroprévalence plus élevée chez les mâles que chez les femelles, tandis que dans les Pyrénées espagnoles, Gutiérrez-Expósito *et al.* (2014) ont noté une séroprévalence supérieure chez les femelles par rapport aux mâles.

La prévalence clinique intra-troupeau est également très variable d'un cheptel à l'autre. Les valeurs relevées par les différents auteurs ayant fait des études de prévalence clinique individuelle intra-troupeau en région d'enzootie varient entre 2,1 % et 81,1 %. (Bigalke, 1968 ; Lee *et al.*, 1970 ; Neuman, 1972 ; Jacquet *et al.*, 2012 ; Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2014 ; Ryan *et al.*, 2016 ; Esteban-Gil *et al.*, 2017 ; Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2017a ; Gollnick *et al.*, 2018). Par exemple, pour Gollnick *et al.* (2010), 23,4 % des séropositifs d'un troupeau italien présentaient une besnoitiose bovine clinique.

L'incidence et la prévalence de la besnoitiose bovine varient entre les régions ou troupeaux d'émergence et d'enzootie. L'émergence de la maladie se caractérise généralement par une incidence élevée (de 40 % à 60 %) et des prévalences sérologiques et cliniques également élevées (séroprévalence variant entre 30 % et 100 % et prévalence clinique variant entre 25 % et 75 %). L'état d'enzootie se caractérise par une incidence plus faible (incidence clinique entre 10 % et 15 %, incidence sérologique entre 10 % et 60 %) et une séroprévalence très élevée (séroprévalence de troupeau de l'ordre de 85 %, séroprévalence individuelle variant entre 25 % et 75 % à l'échelle d'une région entière et entre 1 % et 95 % au sein d'un troupeau) associée à une prévalence clinique plus faible (entre 5 % et 40 % à l'échelle d'une région, et entre 2 % et 80 % au sein d'un troupeau).

### 2.3 Modalités de transmission

---

La seule voie de transmission actuellement connue pour la besnoitiose bovine fait intervenir un vecteur mécanique (Álvarez-García *et al.*, 2013 ; Cortes *et al.*, 2014). C'est Bigalke (1960) qui a démontré en premier la faculté d'un arthropode, la mouche piqueuse *Glossina brevipalpis*, à transmettre la besnoitiose d'un bovin à un lapin. Il a ensuite mis en évidence la possibilité de transmettre la besnoitiose bovine d'un bovin à l'autre par inoculation sous-cutanée d'une préparation à base d'extrait de kystes cutanés. Il a également démontré que des kystes présents depuis neuf ans sur une vache restaient infectants, ce qui prouve la contagiosité des animaux chroniquement atteints tout au long de leur vie (Bigalke, 1967).

Parmi les insectes capables de transmettre la besnoitiose bovine peuvent être cités, en plus de la mouche piqueuse *Glossina brevipalpis* précédemment citée, des tabanidés (Bigalke, 1968), *Stomoxys calcitrans* (Bigalke, 1968 ; Liénard *et al.*, 2012 ; Gollnick *et al.*, 2015 ; Sharif *et al.*, 2017) et certaines espèces du genre *Culex*, dont *Culex simpsoni* (Bigalke, 1968). Par ailleurs, Bigalke a montré que la besnoitiose bovine peut être transmise par des animaux malades à des bovins détenus dans le même enclos. Cette transmission se fait à courte distance, uniquement pour des animaux en contact direct (Bigalke, 1968). Cette observation a été corroborée par les travaux de Baldacchino *et al.* (2014a) qui ont montré que les tabanidés sont toujours capturés à proximité de leur hôte, ainsi que par ceux de Gollnick *et al.* (2015), qui ont montré que des bovins, hébergés

dans une pâture séparée de 20 mètres d'une autre abritant des animaux malades, ne sont pas contaminés. La nécessité d'un contact rapproché entre bovins pour que la transmission de la besnoitiose bovine ait lieu est également appuyée par le fait que les insectes vecteurs ne sont infectants que dans les heures qui suivent leur repas sanguin sur animal malade. Ainsi, les temps maximaux après lesquels les différents vecteurs restent infectants sont de une heure dans le cas de *S. calcitrans*, trois heures pour *G. brevipalpis*, vingt-quatre heures pour les tabanidés et cinquante heures pour les *Culex* (Bigalke, 1968 ; Liénard *et al.*, 2012).

L'utilisation d'une même aiguille pour deux animaux différents constitue également un vecteur pour la transmission de la besnoitiose bovine (Alzieu et Jacquet, 2009).

La voie transmuqueuse, intranasale, est une voie de transmission démontrée expérimentalement, mais dont l'existence sur le terrain est mise en doute par certains auteurs (Bigalke, 1968).

Une autre voie supposée de transmission de la besnoitiose bovine est la voie vénérienne, par contamination du sperme ou par rupture de kystes et passage transmuqueux lors de l'accouplement (Álvarez-García *et al.*, 2013). Toutefois, la présence du parasite n'a pas pu être mise en évidence par PCR dans la semence de taureaux chroniquement infestés (Esteban-Gil *et al.*, 2014). Par ailleurs, Hornok *et al.* (2015b) n'ont pas mis en évidence d'association statistique entre monte naturelle et contamination par la besnoitiose bovine.

Suite à l'observation de kystes dans les mamelles, proches de la peau des trayons ou des muqueuses des conduits galactophores, l'hypothèse d'une transmission orale de la mère au veau a été avancée, mais cette dernière n'a pas été prouvée jusqu'à présent (Basso *et al.*, 2013). De même, aucune transmission transplacentaire ou péri-partum n'a été prouvée scientifiquement. En revanche une transmission de la mère au veau est possible, simplement par le fait du contact prolongé avant le sevrage (Hornok *et al.*, 2015b).

Enfin, les tiques ne sont pas vectrices de la besnoitiose bovine en l'état actuel des connaissances (Hornok *et al.*, 2015b).

La contamination d'un troupeau ne semble pas se faire par voisinage. Elle peut en revanche se faire par l'achat d'un animal chroniquement infesté, par le partage d'un taureau infesté ou encore par le recours à des pâtures partagées, notamment en alpage et estive (Álvarez-García *et al.*, 2013).

Les voies de contamination d'un troupeau par la besnoitiose bovine regroupent l'achat d'un animal infesté, le partage d'un taureau infesté ou le partage de pâtures. Elle se transmet de bovin à bovin principalement par le biais d'un vecteur mécanique, pouvant être un arthropode piqueur (glossines, tabanidés, stomoxes, *Culex*) ou une aiguille souillée. La transmission par les arthropodes se fait uniquement à courte distance. Aucune transmission verticale ou par voie vénérienne n'a été démontrée à l'heure actuelle.

## 2.4 Facteurs de risque

---

À l'échelle d'un troupeau, différentes pratiques ont été identifiées comme facteurs de risque d'introduction de la besnoitiose bovine. La pratique de l'élevage extensif, le partage de pâtures, la pratique de la monte naturelle (Álvarez-García *et al.*, 2014b ; Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2017a) ainsi que la pratique de la transhumance estivale et les achats sans contrôle (Alzieu *et al.*, 2014 ; Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2017a) sont des facteurs de risque avérés. Au contraire, les élevages de petite taille et une étable nettoyée au moins une fois par jour sont considérés comme des facteurs de protection contre la maladie (Talafha *et al.*, 2015). Suite à deux études israéliennes, la pratique de l'élevage de races allaitantes a pu sembler être un facteur de risque, comparé à l'élevage de races laitières (Neuman, 1972 ; Goldman et Pipano, 1983). Aujourd'hui, ces études ne sont pas considérées comme étant exploitables car comportant de nombreux biais, notamment par le fait

que, dans ces études et d'une manière générale, les vaches allaitantes sont élevées selon un modèle plutôt extensif et les vaches laitières selon un modèle plutôt intensif, et par la pratique plus fréquente de la monte naturelle en élevage allaitant contre l'insémination en élevage laitier (Álvarez-García *et al.*, 2013 ; Cortes *et al.*, 2014). Par ailleurs d'autres études ont démontré que la race n'était pas un facteur de risque (Legrand, 2003 ; Álvarez-García *et al.*, 2014b). Enfin, l'élevage en basse altitude est une condition environnementale plus à risque vis-à-vis de la besnoitiose bovine qu'à haute altitude (Álvarez-García *et al.*, 2014b ; Lee *et al.*, 2017), ce qui est vraisemblablement lié au fait que les insectes vecteurs vivent plutôt à basse altitude qu'à haute altitude (Baldacchino *et al.*, 2014b).

À l'échelle individuelle, l'âge est le facteur de risque principal d'être séropositif pour la besnoitiose bovine, pour un animal vivant en région enzootique. Plus l'animal est âgé et plus il est à risque d'être séropositif ; l'âge à partir duquel le risque d'être séropositif est le plus élevé est généralement fixé à deux ans (Goldman et Pipano, 1983 ; Janitschke *et al.*, 1984 ; Legrand, 2003 ; Fernandez-Garcia *et al.*, 2010 ; Ashmawy et Abu-Akkada, 2014 ; Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2014 ; Talafha *et al.*, 2015 ; Ryan *et al.*, 2016 ; Gazzonis *et al.*, 2017 ; Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2017a ; Lee *et al.*, 2017). *A contrario*, Esteban-Gil *et al.* (2017) ont montré que l'âge ne constitue pas un facteur de risque d'être séropositif. Par ailleurs, il a été prouvé qu'un bovin peut développer la maladie à tout âge, et un cas de besnoitiose bovine chronique a été décrit chez un veau de quatre mois ayant présenté des signes cliniques compatibles avec la phase fébrile de la maladie deux mois auparavant (Diezma-Díaz *et al.*, 2017).

Le sexe est un potentiel facteur de risque très controversé. Si certains auteurs y voient un facteur de risque avéré (Neuman, 1972 ; Goldman et Pipano, 1983 ; Ashmawy et Abu-Akkada, 2014 ; Gazzonis *et al.*, 2017 ; Lee *et al.*, 2017), tous ne sont pas d'accord sur le sens de l'association. Ainsi, Ashmawy et Abu-Akkada (2014) considèrent que les femelles sont plus à risque que les mâles, tandis que d'autres études ont établi que les mâles étaient plus à risque que les femelles (Neuman, 1972 ; Goldman et Pipano, 1983 ; Gazzonis *et al.*, 2017). Dans les résultats d'une étude sud-coréenne, les mâles castrés constituaient le groupe le plus à risque, suivi par les femelles, elles-mêmes plus à risque que les mâles entiers (Lee *et al.*, 2017). À l'opposé, d'autres auteurs ne sont pas parvenus à mettre en évidence de différence significative entre les sexes et concluaient donc que le sexe ne constitue pas un facteur de risque de survenue de besnoitiose bovine (Legrand, 2003 ; Álvarez-García *et al.*, 2014b).

Pour une vache, l'accouplement avec un taureau infesté semble être un facteur de risque d'infestation, alors qu'inversement l'accouplement avec une vache infestée ne constitue pas un facteur de risque pour un taureau sain (Gazzonis *et al.*, 2017). Naître d'une mère infestée ne constitue pas non plus un facteur de risque d'être atteint de besnoitiose bovine pour les veaux d'après Gazzonis *et al.* (2017).

La durée d'hébergement d'un animal sain avec des animaux atteints de besnoitiose bovine constitue un facteur de risque de contamination pour l'individu sain : plus cette durée est longue, plus le risque d'être contaminé augmente (Esteban-Gil *et al.*, 2017).

Certaines pratiques à risque d'introduction de la besnoitiose bovine dans un troupeau sont clairement identifiées : élevage extensif ou à base altitude, partage de pâtures, monte naturelle, transhumance, absence de contrôle à l'achat. À l'échelle individuelle, le facteur de risque principal d'infestation est l'âge, les animaux âgés de plus de deux ans étant les plus à risque. Les mâles semblent être plus souvent atteints que les femelles, sans que le sexe ne puisse clairement être identifié comme un facteur de risque. Enfin, l'accouplement d'une vache saine avec un taureau contaminé est considéré comme un facteur de risque pour la vache de contracter la maladie.

## 3 Pathogénie

---

L'étude de la pathogénie de *Besnoitia besnoiti* est fondamentale pour appréhender ensuite les conséquences sanitaires et économiques de la besnoitiose bovine. Ces dernières sont pour le moment mal connues et restent à déterminer avec précision (Álvarez-García, 2016).

Dans cette partie, nous nous sommes intéressés dans un premier temps à la symptomatologie de la besnoitiose bovine durant les différentes phases de son évolution, puis aux lésions qu'elle provoque, et enfin nous avons abordé les différentes modifications de paramètres paracliniques qui peuvent être associées à la maladie.

### 3.1 Signes cliniques

---

La besnoitiose bovine est décrite en plusieurs phases qui se succèdent dans le temps. La première, dite aiguë, se subdivise elle-même en une phase fébrile et une phase d'anasarque. La seconde phase est dite chronique.

#### 3.1.1 Phase aiguë

---

##### 3.1.1.1 Phase fébrile

La phase initiale de la maladie est caractérisée par des signes cliniques non spécifiques tels qu'une très forte fièvre (entre 40 et 42°C), une dyspnée, de l'abattement et de l'anorexie (Pols, 1960 ; Neuman et Nobel, 1981 ; Cortes *et al.*, 2005). Cette première phase débute deux à quatorze jours après l'infection et dure trois à six jours (Pols, 1960 ; Bigalke, 1968 ; Basson *et al.*, 1970 ; Neuman et Nobel, 1981 ; Diesing *et al.*, 1988 ; Gollnick *et al.*, 2015).

Une toxicité directe du parasite durant cette phase a d'abord été suspectée par une équipe sud-africaine, suite à la constatation de la mort de lapins infestés en conditions expérimentales (Bigalke, 1967 ; Bigalke *et al.*, 1967). Celle-ci n'a toutefois jamais été confirmée en conditions naturelles chez les bovins, et jusqu'à présent seuls des bovins artificiellement immunodéprimés et infestés par la suite ont péri durant cette phase fébrile (Diesing *et al.*, 1988). Les signes cliniques sus-cités conduisent à une dégradation de l'état général, et notamment à une chute brutale de la production laitière et une perte de poids. L'élévation de la température peut également induire un avortement chez les femelles gestantes (Cortes *et al.*, 2014).

La pathogénie de *B. besnoiti* en phase aiguë de la maladie n'est pas connue avec précision. Toutefois, Frey *et al.* (2016) ont mis en évidence l'existence *in vitro* d'une phase lytique lors de l'invasion des cellules par les tachyzoïtes, avec destruction des cellules hôtes. Ils ont ainsi émis l'hypothèse que le pouvoir pathogène des tachyzoïtes en phase fébrile serait lié à cette lyse des cellules endothéliales.

Le diagnostic différentiel de la besnoitiose bovine en phase fébrile comprend les broncho-pneumonies infectieuses, le coryza gangréneux et la fièvre catharrale ovine (FCO). Ainsi, la suspicion clinique de la besnoitiose bovine dès le stade de la phase fébrile est très difficile car le praticien s'oriente généralement plus aisément vers une infection respiratoire, ces maladies étant plus fréquentes et ainsi mieux connues (Alzieu *et al.*, 2007 ; Jacquiet et Alzieu, 2009).

### 3.1.1.2 Phase d'anasarque ou phase des œdèmes

À la phase fébrile succède la phase d'anasarque ou phase des œdèmes. Bien que toujours considérée comme une étape du stade aigu de la maladie, cette dernière est bien différenciée de la première, tant dans le temps que dans sa symptomatologie. La phase d'anasarque débute au pic de fièvre ou à la fin de la phase fébrile (Pols, 1960) et dure une à quatre semaines (Álvarez-García *et al.*, 2013 ; Duvallet et Boireau, 2015). Elle se caractérise par des œdèmes pouvant être localisés aux membres (Figure 5) et aux zones déclives du corps de l'animal (face ventrale de l'abdomen, du cou, fanons, région xyphoïdienne, scrotum chez les mâles) ainsi qu'aux flancs, au mufle, aux lèvres et aux oreilles (Pols, 1960 ; Schulz, 1960 ; Diesing *et al.*, 1988 ; Cortes *et al.*, 2005 ; Dubey *et al.*, 2013). Ces œdèmes peuvent être chauds et douloureux (Pols, 1960) et être associés à un poil terne (Schulz, 1960). Si les œdèmes sont localisés en regard d'articulations, ils peuvent provoquer une raideur sévère des membres, empêchant l'animal de se déplacer, voire de se lever, et pouvant parfois conduire à son euthanasie (Diesing *et al.*, 1988). Enfin, un œdème pulmonaire peut survenir, induisant une dyspnée et un jetage nasal séreux abondant (Schulz, 1960 ; Dubey *et al.*, 2013), ainsi qu'une conjonctivite et une rhinite catarrhales ou muco-catarrhales (Schulz, 1960). Une adénomégalie de degré variable peut aussi être observée en phase d'anasarque, ainsi qu'une photophobie (Pols, 1960).

Le diagnostic différentiel de la besnoitiose bovine en phase d'anasarque comprend l'anaplasmose à *Anaplasma phagocytophilum*, la FCO, le coryza gangréneux, une réaction allergique, une photosensibilisation ou encore la morsure de certains serpents, en particulier en Afrique du Sud (Alzieu *et al.*, 2007 ; Jacquiet et Alzieu, 2009 ; Dubey *et al.*, 2013 ; Cortes *et al.*, 2014).

En zone d'enzootie, la présence d'œdèmes chez un bovin doit conduire le vétérinaire à suspecter la besnoitiose bovine. La suspicion clinique de la maladie est donc plus aisée dès lors que l'animal sort de la phase fébrile et entre en phase d'anasarque (Duvallet et Boireau, 2015).

**Figure 5 : Oedème des membres antérieurs chez un bovin atteint de besnoitiose en phase d'anasarque (Jacquiet et al., 2012)**



La phase aiguë de la besnoitiose bovine est composée d'une phase fébrile et d'une phase d'anasarque. La phase fébrile est très peu spécifique et est caractérisée par une forte fièvre, des troubles respiratoires et des troubles généraux tels que de l'abattement, de l'anorexie et une baisse de production. La phase d'anasarque est caractérisée par des œdèmes des parties déclives pouvant conduire à une impossibilité de se déplacer et de se lever, ainsi que des troubles respiratoires et de la sphère oculo-nasale. La suspicion clinique est ainsi plus aisée dans cette seconde phase, notamment en région d'enzootie où les vétérinaires sont plus sensibilisés à cette maladie. Les conséquences économiques de la besnoitiose bovine lorsqu'elle s'exprime en phase aiguë de son évolution sont principalement liées à la diminution de la production laitière, à la perte de poids liée à l'anorexie et aux avortements qui peuvent survenir en phase fébrile (Álvarez-García *et al.*, 2013 ; Cortes *et al.*, 2014).

### 3.1.2 Phase chronique

La phase chronique de la besnoitiose bovine est également appelée "phase de la peau d'éléphant" en référence à l'aspect typique que prend parfois la maladie à cette étape de son évolution (Álvarez-García *et al.*, 2013). Ce stade débute en moyenne huit semaines après l'infestation, soit six semaines environ après le début de la phase fébrile (Bigalke, 1968).

La majorité des animaux atteints de besnoitiose bovine chronique ne développe aucun signe clinique. Ceux-ci restent porteurs sains, c'est-à-dire porteurs du parasite et contagieux, mais ne sont pas identifiables cliniquement : on parle alors de besnoitiose bovine subclinique (Álvarez-García *et al.*, 2013 ; Frey *et al.*, 2013).

Lorsqu'un bovin développe une besnoitiose bovine clinique en phase chronique, la maladie se caractérise par une sclérodémie, une alopecie et une hyperpigmentation associées à l'apparition de plis et de rides sur la peau (Figure 6), ainsi qu'une perte d'état général et une diminution de la production. En général, les lésions cutanées apparaissent là où l'animal a présenté des œdèmes lors de la phase d'anasarque, donc sur la face et les zones déclives de son corps (Pols, 1960 ; Schulz, 1960 ; Diesing *et al.*, 1988 ; Fernandez-Garcia *et al.*, 2010 ; Gentile *et al.*, 2012). Les zones de plis sont particulièrement atteintes (Schulz, 1960), et lorsque la peau se craquèle, il est possible d'observer l'écoulement d'un liquide séro-hémorragique (Pols, 1960) (Figure 7). La peau du muffle, ainsi qu'autour de la bouche, des yeux et des oreilles peut être particulièrement atteinte en phase chronique et présenter par ailleurs de l'érythème et des croûtes (Basson *et al.*, 1970 ; Gentile *et al.*, 2012), comme illustré par la Figure 8. Une boiterie peut être observée chez certains animaux, associée ou non à des lésions podales croûteuses (Fernandez-Garcia *et al.*, 2010) ou à des ulcères de la sole (Gollnick *et al.*, 2015). Chez les femelles, des lésions de lichénification et des croûtes peuvent apparaître sur la mamelle et les trayons (Fernandez-Garcia *et al.*, 2010 ; Gentile *et al.*, 2012 ; Gollnick *et al.*, 2015). Chez les mâles, une orchite peut être observée (Fernandez-Garcia *et al.*, 2010 ; Nieto-Rodríguez *et al.*, 2016 ; Esteban-Gil *et al.*, 2016). L'atteinte de l'appareil génital mâle est associée à une altération de la qualité du sperme pouvant évoluer en azoospermie, ainsi qu'à une baisse de la libido (Sekoni *et al.*, 1992 ; Esteban-Gil *et al.*, 2016). En revanche, en l'absence d'atteinte de l'appareil génital, la besnoitiose bovine ne semble pas causer de diminution de la fertilité (Esteban-Gil *et al.*, 2016).

Le signe clinique pathognomonique de la phase chronique de la maladie est la présence de kystes millimétriques dans les conjonctives sclérales (Bigalke et Naude, 1962), tels qu'on peut les observer sur la Figure 9. La présence de kystes dans les muqueuses vulvaires est également considérée depuis peu comme également pathognomonique de la besnoitiose bovine (Fernandez-Garcia *et al.*, 2010 ; Gentile *et al.*, 2012 ; Gollnick *et al.*, 2015). Parmi les structures oculaires et de manière plus anecdotique, la cornée (Pols, 1960) et l'iris (Gentile *et al.*, 2012) peuvent également présenter des kystes. Chez des animaux ne présentant aucun autre signe clinique, la présence de ces kystes oculaires et/ou vulvaires reste parfois le seul élément clinique détectable. Ainsi, la recherche de kystes constitue depuis longtemps une étape incontournable du dépistage clinique

de la maladie (Bigalke et Naude, 1962). Par ailleurs, il semblerait que davantage de vaches présentent des kystes dans les muqueuses vulvaires que dans la conjonctive sclérale, ce qui ferait du dépistage visuel par recherche de kystes dans les muqueuses vulvaires un moyen plus sensible de détecter la maladie que le dépistage dans les conjonctives sclérales ; l'idéal étant bien sûr d'associer les deux examens (Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2017a). Une fois présents, les kystes peuvent perdurer pendant au moins dix ans, et il est supposé qu'ils peuvent rester présents toute la vie de l'animal (Pols, 1960). Toutefois, il a été montré que les kystes oculaires pouvaient disparaître avec le temps, ce qui implique qu'un animal initialement détectable cliniquement peut devenir indétectable et ensuite rester infesté mais porteur sain (Frey *et al.*, 2013). Par ailleurs, certains animaux ne développent jamais de kystes et restent donc porteurs sains tout au long de leur vie.

L'infestation par *B. besnoiti* est rarement mortelle, moins de 1 % des animaux atteints décèdent de besnoitiose bovine (Álvarez-García *et al.*, 2013). Mais elle est débilitante, cachectisante, et aboutit souvent à l'euthanasie de l'animal devenu une non-valeur économique suite à son évolution clinique en phase chronique (European Food Safety Authority, 2010). Les conséquences économiques de la besnoitiose bovine lorsqu'elle s'exprime en phase chronique sont donc liées à la baisse de production, à l'infertilité chez les mâles, à la perte de la valeur bouchère liée à la perte de poids, ainsi qu'à la perte de la valeur de la peau en tannerie (Álvarez-García *et al.*, 2013 ; Cortes *et al.*, 2014).

Au stade chronique de l'évolution de la maladie, le diagnostic différentiel est très restreint. Les kystes de la conjonctive sclérale et des muqueuses vulvaires sont pathognomoniques, et les lésions cutanées peuvent éventuellement être attribuées à une gale, une dermatophytose, une photosensibilisation ou une parakératose héréditaire ou secondaire à une carence en zinc (Alzieu *et al.*, 2007 ; Jacquet et Alzieu, 2009 ; Álvarez-García *et al.*, 2013 ; Cortes *et al.*, 2014).

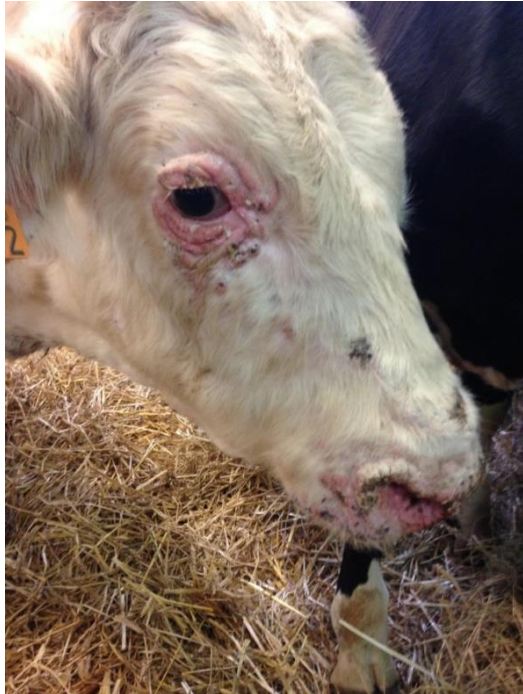
**Figure 6 : Alopécie et érythème chez une vache Charolaise atteinte de besnoitiose bovine chronique (photographie T. Cardot, 2016)**



**Figure 7 : Écoulements cutanés hémorragiques chez une vache Charolaise atteinte de besnoitiose bovine chronique (photographie T. Cardot, 2016)**



**Figure 8 : Alopécie, croûte et érythème autour du museau et des yeux chez une vache Charolaise atteinte de besnoitiose bovine chronique**  
(photographie T. Cardot, 2016)



**Figure 9 : Kystes dans la conjonctive sclérale et plis cutanés chez une vache Tarentaise atteinte de besnoitiose bovine chronique**  
(photographie Clinique vétérinaire des trois vallées, 2017)



La phase chronique clinique de la besnoitiose bovine est caractérisée par une dégradation de l'état général et l'apparition de signes cutanés tels que de la sclérodémie, de l'alopecie et des croûtes. La besnoitiose bovine en phase chronique peut également ne s'exprimer que par la présence de kystes millimétriques localisés dans les conjonctives sclérales ou les muqueuses vulvaires, voire être entièrement subclinique et donc indétectable à l'examen clinique. La maladie est rarement mortelle en elle-même mais peut conduire à la décision d'euthanasie de l'animal atteint en raison d'une dégradation trop importante de l'état général de l'animal.

## 3.2 Lésions

### 3.2.1 Lésions macroscopiques

#### 3.2.1.1 Phase aiguë

Les lésions macroscopiques observées sur des bovins en phase aiguë de besnoitiose bovine concernent de manière quasi exclusive l'appareil circulatoire périphérique. Les lésions sont surtout localisées aux extrémités, tête incluse. Outre un anasarque généralisé et une congestion sous-cutanée, des foyers hémorragiques disséminés, une thrombose sous-cutanée, une congestion, des pétéchies, des ecchymoses et des effusions cutanées correspondant à des lésions de dermatite périvasculaire peuvent également être observées (Basson *et al.*, 1970 ; Dubey *et al.*, 2013 ; Nieto-Rodríguez *et al.*, 2016). Les parois de nombreuses veines du tissu sous-cutané contiennent des foyers hémorragiques, leur intima est inégale et couverte d'un matériel rosé à gris. Dans certains cas, la lumière de ces vaisseaux est entièrement obstruée par des thrombi. Les



veines jugulaires sont également atteintes mais dans une moindre mesure, tandis que les autres veines et artères ne présentent pas d'anomalie (Basson *et al.*, 1970).

D'autres lésions peuvent être observées, mais n'ont été citées que dans une seule publication (Basson *et al.*, 1970), dont une rhinite pseudo-membraneuse accompagnée de pétéchies disséminées, une congestion, un œdème et une hémorragie des nœuds hématiques et des nœuds lymphatiques périphériques, ainsi que des zones de dégénérescence musculaire localisée et de nécrose de différents muscles de l'organisme. Les boulets peuvent présenter une arthrite sérofibrineuse associée à des pétéchies. De nombreuses pétéchies et ecchymoses peuvent également toucher les nerfs des membres antérieurs. Au niveau des organes internes, la besnoitiose bovine peut être associée à une splénomégalie modérée, un foie tacheté, dégénératif, présentant une choléstase et de petites pétéchies dans la vésicule biliaire. Poumons et trachée peuvent être congestifs, présenter un œdème modéré à important, et être constellés de petites pétéchies. Des hémorragies similaires peuvent être observées dans le larynx et le pharynx, ainsi que des foyers de laryngite nécrotique. Une péritonite fibrineuse modérée ainsi qu'une pleurésie fibrineuse modérée peuvent survenir. Quelques pétéchies hémorragiques subendocardiques peuvent être découvertes dans le ventricule gauche du cœur. Des pétéchies peuvent également être trouvées sur les reins, l'hypophyse, l'abomasum et la muqueuse utérine. Des érosions de l'abomasum peuvent également être observées (Basson *et al.*, 1970). Par ailleurs, des kystes immatures de *B. besnoiti* (kystes inférieurs à 300 µm de diamètre) peuvent être retrouvés dans le tissu conjonctif de certains animaux (Diesing *et al.*, 1988).

Ces lésions sont liées à l'invasion des endothéliums des vaisseaux sanguins par les tachyzoïtes durant la phase aiguë de la maladie (Álvarez-García *et al.*, 2013), et semblent inconstantes. À titre d'exemple, à l'examen de biopsies d'un animal souffrant de besnoitiose bovine en phase aiguë, Langenmayer *et al.* (2015a) n'ont observé aucune lésion attendue dans un cas de besnoitiose bovine.

### 3.2.1.2 Phase chronique

En phase chronique de la besnoitiose, l'observation la plus caractéristique est celle de kystes mesurant environ 0,5 mm de diamètre, blanchâtres. Ces kystes ont des localisations très variées et peuvent être retrouvés dans les muqueuses vulvaires, ainsi que dans les muqueuses des voies respiratoires supérieures, de la trachée et des bronches, dans les sclères oculaires, le tissu sous-cutané, les aponévroses musculaires, les veines, la capsule splénique, mais aussi dans le plexus pampiniforme, l'albuginée ou l'épididyme, ainsi que dans les corps caverneux et spongieux du pénis (Pols, 1960 ; Kumi-Diaka *et al.*, 1981 ; Gentile *et al.*, 2012 ; Langenmayer *et al.*, 2015b ; Nieto-Rodríguez *et al.*, 2016). Les muscles peuvent apparaître décolorés, mouchetés (McCully *et al.*, 1966). Chez un animal chroniquement atteint par la besnoitiose bovine, des kystes isolés ont également été retrouvés dans l'endocarde de l'atrium droit et dans la capsule rénale mais cela semble assez rare (Langenmayer *et al.*, 2015a).

Dans la peau, il est possible d'observer une hyperkératose, une dermatite nodulaire parfois nécrotique, une folliculite et de l'alopecie (McCully *et al.*, 1966 ; Frey *et al.*, 2013). Une lymphadénite hyperplasique chronique peut également être présente.

Une splénomégalie peut également survenir (McCully *et al.*, 1966), ainsi qu'une pneumonie modérée, suppurative ou non (Frey *et al.*, 2013). Une fourbure a été observée chez certains individus boiteux, associée à une nécrose du podophylle et, de manière inconstante, une ostéomyélite nécrosante (Langenmayer *et al.*, 2015b). Chez le mâle, une orchite avec fibrose du scrotum et rétraction des testicules vers la région inguinale, ainsi qu'une inflammation des corps caverneux et spongieux du pénis peuvent être présentes (Cortes *et al.*, 2005 ; Nieto-Rodríguez *et al.*, 2016). Les testicules peuvent également apparaître gangréneux, nécrotiques, dévitalisés,

marrons, de consistance molle ou fibrosés et de taille réduite (Kumi-Diaka *et al.*, 1981 ; Cortes *et al.*, 2005).

À l'examen d'un bovin souffrant de besnoitiose bovine, les lésions macroscopiques diffèrent en fonction du stade de la maladie. En phase aiguë il est possible de mettre en évidence des lésions vasculaires principalement localisées aux extrémités, notamment des pétéchies, une congestion et des effusions. Des kystes immatures de *B. besnoiti* peuvent être retrouvés chez les animaux en fin d'évolution de la phase aiguë. En phase chronique, l'examen à l'échelle macroscopique permet de mettre en évidence la présence de kystes de 0,5 mm de diamètre, à la localisation ubiquiste, fréquemment retrouvés dans les muqueuses de l'arbre respiratoire jusqu'aux bronches, dans le tissu sous-cutané et dans les aponévroses musculaires. Les lésions cutanées correspondent aux observations cliniques : hyperkératose, alopecie, dermatite nodulaire, folliculite. Des lésions d'orchite sont fréquemment observées chez le mâle.

---

### 3.2.2 Lésions microscopiques

---

#### 3.2.2.1 Phase aiguë

À l'échelle microscopique, comme à l'échelle macroscopique, en phase aiguë de la maladie, les lésions observées sont majoritairement de nature vasculaire. Elles concernent les veinules de la peau et du tissu sous-cutané, ainsi que des veines de plus gros calibre comme la veine faciale. Il est à noter que si les veines sont majoritairement touchées, quelques petites artères peuvent également être atteintes. Ces vaisseaux peuvent contenir des thrombi et présenter une nécrose fibrinoïde de l'intima et de la media. Des petites hémorragies sont fréquentes à proximité. Des lésions vasculaires similaires, associées à la présence de tachyzoïtes de *Besnoitia*, sont retrouvées dans la muqueuse nasale, la trachée, le larynx, les muscles et plus rarement les nerfs. Des tachyzoïtes de *B. besnoiti* sont présents à l'intérieur des cellules endothéliales, au sein de vacuoles. Des cellules hypertrophiques contenant des tachyzoïtes sont retrouvées dans l'intima et la media des vaisseaux, ainsi que dans des nerfs ou des cellules du tissu conjonctif situés à proximité des vaisseaux (Basson *et al.*, 1970) ou dans les cellules endothéliales des vaisseaux de la couche papillaire du derme. Les tachyzoïtes sont alors situés au sein de vacuoles parasitophores dans lesquelles on dénombre deux à cinq organismes par vacuole (Langenmayer *et al.*, 2015b). Les parasites sont également observés au sein de macrophages (Schulz, 1960). Quelques tachyzoïtes libres peuvent être observés dans la lumière des vaisseaux sanguins, notamment les sinusoides hépatiques (Langenmayer *et al.*, 2015a), ainsi que dans les vaisseaux lymphatiques et entre les fibres de collagène des tissus conjonctifs (Schulz, 1960).

Au niveau de la peau, l'épithélium est hyperplasique (Schulz, 1960), les papilles dermiques et les follicules pileux peuvent présenter des lésions de dégénérescence et de nécrose. Les cellules épithéliales sont parfois agrandies et épaissies, notamment dans l'oreille, et une surinfection bactérienne est possible (Basson *et al.*, 1970). Un œdème modéré du derme est présent (Schulz, 1960 ; Langenmayer *et al.*, 2015b) sur une période de sept à dix jours, débutant un à sept jours avant la séroconversion (Langenmayer *et al.*, 2015b). Des infiltrats intradermiques périvasculaires multifocaux à coalescents contenant un nombre variable (de faible à nombreux) de lymphocytes, éosinophiles et macrophages peuvent être observés (Schulz, 1960 ; Langenmayer *et al.*, 2015b). Des hémorragies du derme peuvent survenir, liées aux lésions vasculaires (Langenmayer *et al.*, 2015b). En réponse à la présence des tachyzoïtes et dès les 24 premières heures post-infestation, une réaction immunitaire locale constituée de polynucléaires neutrophiles (PNN) et de macrophages est détectable. Cette réaction immunitaire est favorisée par un accroissement de l'expression des protéines d'adhésion par les cellules infectées (Maksimov *et al.*, 2016). PNN et macrophages participent à la formation d'un piège extracellulaire, c'est-à-dire un réseau de fibres de nature ADN (Muñoz-Caro *et al.*, 2014a), qui contribue à

endiguer l'expansion des tachyzoïtes dans l'organisme (Muñoz-Caro *et al.*, 2014a ; Muñoz-Caro *et al.*, 2014b ; Maksimov *et al.*, 2016).

Des lésions moins fréquentes et de natures plus variées, décrites uniquement dans une publication (Basson *et al.*, 1970) sont également présentes à l'examen microscopique de tissus issus d'un animal atteint de besnoitiose bovine en phase aiguë, notamment de la nécrose, la formation de pseudomembranes et des érosions. Les muscles striés deviennent cireux, présentent des lésions de nécrose de Zenker (dégénérescence hyaline et nécrotique) associées à une fragmentation, une microcavitation, une lyse et une minéralisation du tissu musculaire. Une thrombose des veines des capsules articulaires, des tendons et des épiphyses peut être observée. Des foyers hémorragiques peuvent être présents dans l'iris. Les lésions hépatiques sont dominées par des modifications vacuolaires associées à une dégénérescence hyaline et quelques foyers de nécrose. Des polynucléaires éosinophiles et des monocytes peuvent être observés dans les sinusoides hépatiques (Basson *et al.*, 1970). Pour Basson *et al.* (1970) peu de parasites sont détectables dans cet organe mais Langenmayer *et al.* (2015a) ont mis en évidence la présence de tachyzoïtes au sein des hépatocytes. Les reins sont peu lésés lors de besnoitiose bovine, ils peuvent toutefois présenter une dégénérescence vacuolaire et quelques foyers de dégénérescence interstitielle à cellules rondes très modérée. Dans les poumons, quelques parasites peuvent être observés dans les parois alvéolaires et dans les endothélia des branches de l'artère pulmonaire. La pneumonie modérée observée à l'échelle macroscopique est retrouvée à l'échelle microscopique, associée à un œdème très modéré et un emphysème pulmonaire. Dans un cas seulement, une dégénérescence du myocarde très modérée associée à quelques agrégats de cellules mononucléées a été observée. Les nœuds lymphatiques peuvent être hyperplasiques, congestionnés et hémorragiques, et contenir des foyers de nécrose fibrinoïde. Dans les tissus atteints, les macrophages sont activés et prolifèrent, certains sont hypertrophiques et multinucléés. Quelques *Besnoitia* peuvent être observées dans le cytoplasme de certains macrophages. Chez un animal, une nécrose extensive et une hémorragie d'un nœud hématique ont été observées, associées à la présence suspectée de tachyzoïtes. Chez les mâles, quand la maladie touche les testicules, une nécrose coagulative des tubes séminifères peut être présente, associée à une calcification dystrophique, une aspermatogénèse complète, et à la présence de cellules spermatiques géantes multinucléées (Basson *et al.*, 1970).

Des kystes immatures peuvent être observés dès le 11<sup>ème</sup> jour post-infestation. Les kystes se développent à partir de cellules parasitées qui s'hypertrophient. Au sein des cellules infestées, le noyau se divise et jusqu'à 14 noyaux peuvent être comptés au sein d'une même cellule. Le cytoplasme se transforme également et devient éosinophilique (Basson *et al.*, 1970). Les parasites se situent au cœur des kystes, entourés de plusieurs épaisseurs de paroi. La première est la membrane parasitophore, c'est-à-dire la paroi de la vacuole parasitophore, qui les isole du cytoplasme de la cellule hôte. Puis vient le cytoplasme et les noyaux de la cellule hôte, qu'entoure la membrane cytoplasmique (Basson *et al.*, 1970 ; Langenmayer *et al.*, 2015a). Enfin, entourant la cellule hôte hypertrophique, la paroi kystique est composée de deux couches : la paroi interne, constituée de protéoglycane, d'épaisseur inconstante et pouvant même être absente, et la paroi externe, systématiquement retrouvée, constituée de fibres de collagène organisées de manière concentrique et pouvant contenir des protrusions cytoplasmiques des cellules environnantes dans sa partie la plus externe (Langenmayer *et al.*, 2015a). Vascularite et périvascularite à cellules mononucléées peuvent se développer autour des kystes. Les kystes deviennent matures aux environs du 71<sup>ème</sup> jour post-infestation, et dépassent alors les 300 µm de diamètre, certains pouvant atteindre jusqu'à 390 µm de diamètre. Dès lors, ils arrêtent de grandir, leur membrane devient plus fine et une réaction granulomateuse éosinophilique se met en place autour du kyste mature. Ce passage de kyste immature à kyste mature marque le passage de l'état aigu à l'état chronique d'un point de vue histologique (Basson *et al.*, 1970).

Les lésions microscopiques observées chez un bovin en phase aiguë de la besnoitiose bovine sont majoritairement vasculaires et nécrotiques. Elles concernent principalement les veines et artérioles des épithélia et des tissus conjonctifs mais peuvent avoir également une distribution multi-organique. Des tachyzoïtes, libres ou intra-cellulaires, peuvent être observés à ce stade de la maladie. La réponse immunitaire, constituée de polynucléaires, de macrophages et de lymphocytes, peut être également mise en évidence. Dès le stade aigu de la maladie, il est possible d'observer l'apparition de kystes immatures qui se forment à partir de cellules parasitées.

### 3.2.2.2 Phase chronique

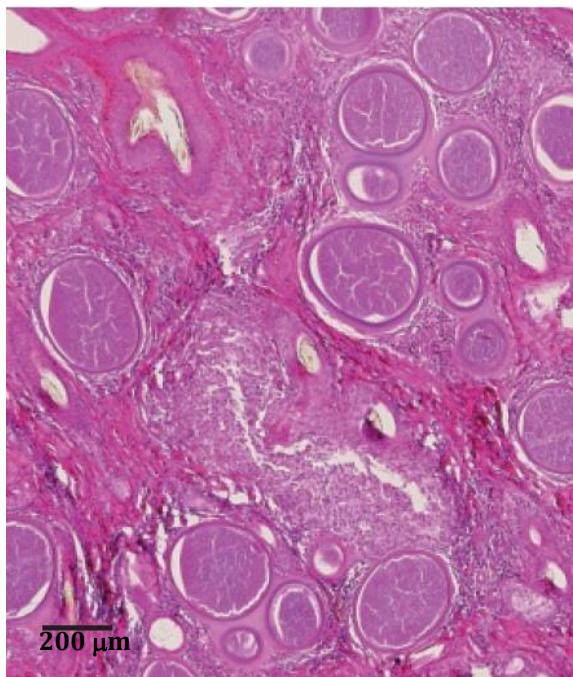
Comme à l'échelle macroscopique, l'exploration microscopique des tissus d'un animal en phase chronique de besnoitiose bovine permet la mise en évidence de kystes parasitaires. La seule différence morphologique entre les kystes matures et les kystes immatures décrits dans la partie 3.2.2.1 réside dans leur taille : les kystes immatures mesurent moins de 300 µm et les kystes matures plus de 300 µm (Dubey *et al.*, 2013 ; Langenmayer *et al.*, 2015a). Ceux-ci sont généralement présents dans le derme, sur l'ensemble du corps, et particulièrement en région péri-oculaire et mammaire (Gentile *et al.*, 2012). Dans les cas les plus modérés, des kystes ne sont observés que dans les veines des extrémités, le plus fréquemment les veines de la face et des membres. Les kystes sont alors localisés sur les valvules veineuses et aux jonctions avec les veines affluentes (Basson *et al.*, 1970). Si la maladie est plus sévère, les kystes sont plus largement distribués et peuvent être présents dans les yeux (conjonctive, stroma cornéen, limbe et iris), les muqueuses nasales (septum, cornets nasaux, éthmoïde), le tissu sous-cutané et les veines jugulaires (Gentile *et al.*, 2012). Chez les cas les plus sévèrement atteints, des kystes sont également relevés dans le pharynx, le larynx, la trachée, les gaines tendineuses, les bourses synoviales, les *fasciae* intermusculaires et certains muscles comme le semi-tendineux, le semi-membraneux, le quadriceps fémoral, ainsi que les muscles de la tête et de la queue (Basson *et al.*, 1970 ; Gentile *et al.*, 2012) et enfin dans les structures génitales des mâles et des femelles (Kumi-Diaka *et al.*, 1981 ; Nobel *et al.*, 1981 ; Dubey *et al.*, 2013). Des kystes peuvent également être identifiés dans les nœuds lymphatiques, la rate, les poumons, le myocarde et le muscle sublingual. En revanche, aucun kyste n'a jamais été observé dans les reins, la paroi intestinale, les méninges, le cerveau (Dubey *et al.*, 2013), ainsi que dans les vésicules séminales et la prostate (Kumi-Diaka *et al.*, 1981). De très rares parasites extracellulaires, et donc extrakystiques, ont pu être détectés en phase chronique, soit à proximité d'un vaisseau, soit dans la lumière d'un vaisseau (Langenmayer *et al.*, 2015b). La Figure 10 montre de nombreux kystes dans la peau d'un bovin en début de phase chronique de la maladie, et la Figure 11 correspond à un gros plan sur un kyste et les différentes couches qui le composent.

L'examen histologique de la peau peut montrer des lésions multifocales à coalescentes, d'acanthose et d'hyperkératose orthokératosique, ainsi que des pustules superficielles au sein de la couche cornée, une nécrose de l'épiderme parfois associée à une nécrose du derme, et une réaction inflammatoire variable à la jonction avec le tissu sain. Ces lésions dermatologiques peuvent ne pas être associées à la présence de kystes, ou être associées à peu ou de nombreux kystes (Dubey *et al.*, 2013). Dans des tissus lésés mais ne présentant pas de kystes, la présence de *B. besnoiti* a tout de même pu être prouvée par PCR (Frey *et al.*, 2013). Lorsqu'ils sont présents, les kystes sont souvent adjacents les uns aux autres et proches des veines, voire localisés dans la *media* de la paroi de celles-ci. Certains kystes peuvent être présents dans l'hypoderme ou dans le tissu sous-cutané profond (Dubey *et al.*, 2013 ; Langenmayer *et al.*, 2015b). Le foie est parfois le siège d'une hépatite péri-portale modérée, non suppurative. Bien qu'on ne retrouve pas de kyste dans les reins, ceux-ci peuvent tout de même présenter une néphrite interstitielle non purulente. Au sein de l'appareil reproducteur des femelles, les lésions observées sont une dégénérescence artérielle dans les oviductes et les cornes utérines, une métrite, la présence d'agrégats focaux non purulents dans le chorion du vagin et de la vulve (Frey *et al.*, 2013). Des kystes peuvent être

présents en faible quantité dans le vagin, dans le col, le corps et les cornes de l'utérus mais pas dans le placenta ou dans les ovaires (Nobel *et al.*, 1981). Dans les testicules, il est possible d'observer une absence totale de spermatozoïdes consécutive à une orchite fibrosante (Cortes *et al.*, 2005), ainsi que la présence de kystes dans l'ensemble des structures testiculaires : dans l'épididyme, dispersés entre les tubules séminifères, dans le plexus pampiniforme, dans les canaux déférents, dans le dartos, dans la vaginale et dans l'albuginée (Kumi-Diaka *et al.*, 1981 ; Dubey *et al.*, 2013). Dubey *et al.* (2013) ont relevé qu'ils sont plus nombreux dans le plexus pampiniforme et Kumi-Diaka *et al.* (1981) que les conduits déférents sont les moins atteints. Chez des taureaux atteints de besnoitiose bovine et présentant des lésions testiculaires, le spermogramme est sujet à des altérations telles qu'une diminution de la motilité, de la concentration et du pourcentage de spermatozoïdes vivants et une augmentation du pourcentage d'anomalies (Kumi-Diaka *et al.*, 1981).

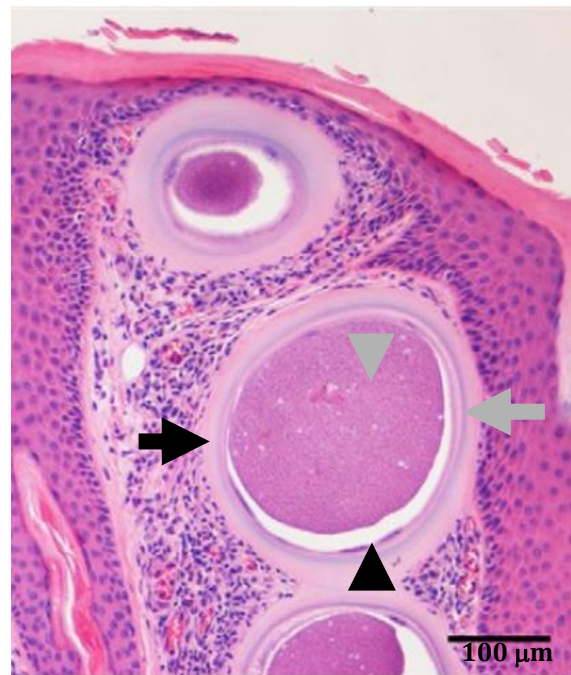
**Figure 10 : Coupe histologique de peau montrant la présence de nombreux kystes dans le derme (Cortes et al., 2005)**

On constate que les kystes sont de tailles variées, certains de plus de 300 µm de diamètre, d'autre de moins, signe que la maladie est en début de phase chronique.



**Figure 11 : Gros plan sur des kystes de B. besnoiti au sein de l'épiderme (Gentile et al., 2012)**

La flèche noire désigne la couche externe de la paroi kystique, la flèche grise désigne la couche interne de la paroi du kyste, la tête de flèche noire indique le cytoplasme de la cellule hôte, contenant les noyaux multiples, la tête de flèche grise indique les nombreux bradyzoïtes contenus dans la vacuole parasitophore.



Au sein de certains kystes, Langenmayer *et al.* (2015a) ont observé des images de dégénérescence de bradyzoïtes et de division par endodyogénie d'autres. Ils interprètent cette observation comme l'état d'équilibre du kyste arrivé au stade final de son évolution. Celui-ci ne grandit plus, et le nombre de parasites qu'il contient reste relativement constant grâce à l'équilibre qui s'établit entre la formation de nouveaux bradyzoïtes et la mort par apoptose d'autres parasites.

En réponse à la présence des kystes parasitaires, la réaction inflammatoire de l'organisme est identifiable par l'infiltration tissulaire de lymphocytes, macrophages et polynucléaires éosinophiles (Gentile *et al.*, 2012 ; Frey *et al.*, 2013 ; Langenmayer *et al.*, 2015b). Certains kystes présentent même une rupture de la membrane hyaline avec infiltration de cellules inflammatoires au sein de cette membrane et dégénérescence du kyste. Au sein d'un kyste dégénéré, les bradyzoïtes ne sont plus clairement identifiables et dans les cas les plus avancés, seule persiste la paroi externe du kyste, le reste ayant été détruit par la réaction immunitaire (Frey *et al.*, 2013 ; Langenmayer *et al.*, 2015a ; Langenmayer *et al.*, 2015b). Certaines cellules inflammatoires sont présentes à l'intérieur des kystes dégénérés. Le diagnostic immunohistochimique de ces cellules montre qu'il s'agit essentiellement de lymphocytes T et de macrophages, ainsi que de quelques lymphocytes B (Frey *et al.*, 2013 ; Langenmayer *et al.*, 2015b).

La principale observation microscopique chez un bovin en phase chronique de besnoitiose bovine est la présence de kystes matures. Ceux-ci se développent à partir d'une cellule hôte, mesurent plus de 300 µm de diamètre et enferment des bradyzoïtes au sein d'une vacuole parasitophore, entourée de plusieurs membranes incluant notamment le cytoplasme de la cellule hôte et une membrane hyaline externe. En périphérie des kystes, une réaction immunitaire locale reposant sur des lymphocytes, des macrophages et des éosinophiles est observable. Les kystes se développent majoritairement au sein des *épithélia*, notamment la peau, et des tissus conjonctifs, mais peuvent présenter une distribution ubiquiste dans de nombreux organes à l'exception des reins, des intestins et du système nerveux central.

### 3.3 Modifications hématologiques et biochimiques

---

Quelques études récentes font état de changements hématologiques et biochimiques survenant chez des animaux infestés par *B. besnoiti*. Ces études ont toutes été réalisées sur un nombre restreint d'animaux et leurs résultats ne peuvent pas être considérés comme transposables à l'ensemble des animaux atteints de besnoitiose bovine. Toutefois, elles donnent des pistes pour rechercher des modifications hématologiques et biochimiques chez les animaux atteints.

Le profil biochimique d'un animal atteint de besnoitiose bovine peut présenter une hyperglobulinémie entraînant une hyperprotéïnémie. Cette hyperglobulinémie est le reflet de la réponse immunitaire de l'animal (Dubey *et al.*, 2013 ; Langenmayer *et al.*, 2015c). L'électrophorèse des protéines sériques peut mettre en évidence un pic polyclonal en gammaglobulines lors de la phase aiguë, évoluant vers un pic monoclonal lors de la chronicisation de la maladie (Langenmayer *et al.*, 2015c). L'examen biochimique peut également révéler une hypoalbuminémie et parfois une hypo-urémie liées à l'anorexie, une hyperazotémie et parfois une hyperalbuminémie liées à la déshydratation, une hypocholestérolémie, ainsi qu'une hyperbilirubinémie liée à l'hémolyse provoquée par les lésions vasculaires (Dubey *et al.*, 2013 ; Langenmayer *et al.*, 2015c ; Nieto-Rodríguez *et al.*, 2016). Alshehabat *et al.* (2016) ont montré une association entre le statut séropositif vis-à-vis de *B. besnoiti* et une élévation des  $\beta$ -hydroxybutyrates (BHB) sériques. Ils ont émis l'hypothèse que la multiplication du parasite et la formation des kystes conduisait à une demande accrue en nutriments et donc à une balance énergétique négative conduisant à la production de corps cétoniques.

Le bilan enzymatique peut révéler une augmentation de l'activité de la lactate déshydrogénase (LDH), de la créatine kinase (CK) et de l'aspartate aminotransférase (ASAT) dues aux dégâts tissulaires (Langenmayer *et al.*, 2015c ; Nieto-Rodríguez *et al.*, 2016).

L'examen hématologique peut quant à lui révéler une leucopénie et une érythropénie en phase aiguë (Langenmayer *et al.*, 2015c), puis une leucocytose lymphocytaire en phase chronique (Dubey *et al.*, 2013 ; Nieto-Rodríguez *et al.*, 2016).

La besnoitiose bovine peut être associée à certaines modifications biochimiques et hématologiques dans l'organisme. Toutefois trop peu d'études, concernant trop peu d'animaux, ont été réalisées à ce jour pour que l'on puisse déterminer avec précision l'impact de l'infestation sur les paramètres biochimiques et hématologiques de l'animal. En particulier, il serait intéressant de savoir s'il est possible de suspecter la maladie chez des animaux subcliniques sur la base de la modification de certains paramètres fiables.

## 4 Outils diagnostiques

---

### 4.1 Diagnostic cytologique et histologique

---

Le recours à des techniques cytologiques et histologiques était initialement considéré comme la seule manière d'obtenir un diagnostic de certitude de besnoitiose bovine après une suspicion clinique chez un animal. Ce sont donc les premiers outils diagnostiques développés vis-à-vis de la cette maladie (Pols, 1960).

Deux protocoles de diagnostic cytologique rapide, réalisables du vivant de l'animal, ont été développés au Nigéria à partir de 1979 par Sannusi (1991).

Le premier nécessite un prélèvement cutané, réalisé suite à une anesthésie locale et une préparation aseptique de la zone de prélèvement. La peau est prélevée à l'aide d'un punch à biopsie. L'épiderme est détaché du derme, et des sections verticales de ce dernier sont réalisées. Ces sections doivent ensuite être déposées sur des lames de microscope, séchées à l'air, fixées dans le méthanol pur durant trois minutes, puis colorées dans le Giemsa (éosine et azur de méthylène) pendant 30 minutes. Le résultat peut alors être observé au microscope pour rechercher la présence de bradyzoïtes de *B. besnoiti*.

L'échantillon nécessaire à la mise en œuvre du second protocole rapide est obtenu en grattant la conjonctive sclérale à l'aide d'une lame de bistouri ou du bord d'une lame de microscope. Le prélèvement est déposé sur une lame de microscope, puis fixé, coloré et observé de la même manière que pour le protocole d'histologie.

Pour les deux méthodes, le résultat est disponible rapidement, dans l'heure suivant le prélèvement. Les bradyzoïtes observés peuvent avoir une forme courte ("bradyzoïtes de type I") ou allongée et courbée, dite "de banane" ("bradyzoïtes de type II") (Sannusi, 1991).

À l'examen nécropsique, des échantillons peuvent également être prélevés pour la réalisation d'un diagnostic histologique. Le manipulateur peut utiliser les colorations à l'hématoxyline-éosine ou à l'acide périodique de Schiff pour visualiser les différentes structures kystiques et les bradyzoïtes présents dans les kystes (Basson *et al.*, 1970).

Que ce soit pour le diagnostic histologique ou pour le premier protocole de diagnostic cytologique lorsqu'il s'agit de localisations cutanées, le choix du lieu de prélèvement est à l'appréciation de l'opérateur. Basso *et al.* (2013) ont relevé que les kystes étaient plus nombreux sur la peau de la région de la tête, les tendons distaux et les *fasciae* des membres postérieurs. Cependant, et comme vu dans la partie 3.2.2.2, la distribution ubiquiste des kystes de *B. besnoiti* fait qu'il est possible de les retrouver dans l'ensemble de l'organisme. Ainsi, de nombreux sites de prélèvements peuvent être envisagés pour la mise en évidence de kystes et de bradyzoïtes de *B. besnoiti* : la paroi de vaisseaux de tous calibres, de nombreuses localisations cutanées et sous-cutanées, le museau, de nombreux *fasciae* et muscles, les membranes nictitantes, les muqueuses buccales, les glandes salivaires, les muqueuses nasales, du larynx, du pharynx, de la trachée, des bronches, des poumons, la cavité médullaire des os nasaux, le vagin, l'ensemble des structures testiculaires, la capsule des nœuds hématiques abdominaux, ainsi que le podophylle (Frey *et al.*, 2013 ; Gollnick *et al.*, 2015 ; Langenmayer *et al.*, 2015b).

La sensibilité et la spécificité de ce type de méthode de diagnostic ne sont pas connues. Toutefois la spécificité peut être considérée comme excellente : la visualisation des formes parasitaires est suffisante pour conclure à l'infestation. En revanche la sensibilité est supposément plus variable et dépend de la localisation et de la technique du prélèvement.

Des protocoles de diagnostic rapide par cytologie de la besnoitiose bovine existent, nécessitant une biopsie cutanée ou un raclage conjonctival. Par ailleurs, le diagnostic de la maladie peut être réalisé par histologie sur des prélèvements réalisés lors de l'autopsie d'un animal malade.



## 4.2 Diagnostic sérologique

---

Le diagnostic sérologique permet une mise en évidence indirecte de la présence du parasite puisqu'il permet de rechercher des anticorps produits par l'organisme à l'encontre de *B. besnoiti*. Différents outils sérologiques peuvent être utilisés pour le dépistage et le diagnostic sérologique de la besnoitiose bovine. Parmi eux, on trouve l'immunofluorescence indirecte (IFI), le dosage d'immunoabsorption par enzyme liée (ELISA, pour "*enzyme linked immunosorbent assay*"), le Western Blot (WB) et le test d'agglutination modifiée (TAM) (Álvarez-García *et al.*, 2013).

---

### 4.2.1 L'immunofluorescence indirecte (IFI)

---

La technique d'IFI repose sur la mise en évidence par immunofluorescence de la présence d'anticorps primaires dirigés contre *B. besnoiti* dans le sérum d'un bovin. Le sérum doit auparavant être passé sur une culture parasitaire. La fixation des anticorps primaires aux antigènes de surface de *B. besnoiti* est révélée par l'emploi d'anticorps secondaires dirigés contre les anticorps primaires et marqués par un fluorochrome. Le résultat est positif si on observe une fluorescence sur toute la surface des parasites en microscopie à ultraviolets (Figure 12).

Lors d'infections expérimentales de veaux, Janitschke *et al.* (1984) ont montré que les anticorps dirigés contre *B. besnoiti* sont détectables 10 jours après une inoculation en intraveineuse et 22 jours après une inoculation par voie sous-cutanée.

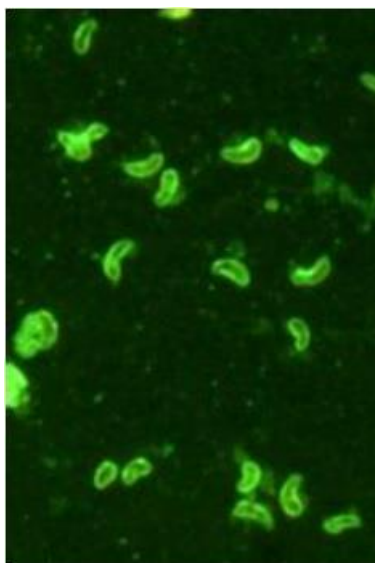
Le titre en anticorps d'un sérum de bovin correspond à la dilution maximale à laquelle l'échantillon donne un résultat positif (Lenfant, 2013). La dilution seuil retenue par les auteurs pour déterminer si un sérum est positif en IFI est généralement de 1:200 (Shkap *et al.*, 2002 ; Schares *et al.*, 2010 ; Lenfant, 2013) ou 1:256 (Cortes *et al.*, 2006), ce qui est à peu près du même ordre de grandeur. À ces dilutions, les caractéristiques du test sont bonnes à excellentes. Ainsi, les sensibilités moyennes rapportées par les auteurs sont de 91,8 % avec un intervalle de confiance à 95 % (IC<sub>95</sub>) de [85,4-96 %] (Lenfant, 2013) et 91,9 % avec un IC<sub>95</sub> de [81,5-97 %] (Scharès *et al.*, 2010). Les spécificités moyennes, elles, sont toutes deux de 100 % avec un IC<sub>95</sub> de [98,8-100 %] dans l'étude de Schares *et al.* (2010) et non précisé dans l'étude de (Lenfant, 2013). La diminution de la valeur seuil de dilution à 1:100 entraîne une augmentation de la sensibilité, qui passe de 92 % à 96,8 %, mais également une diminution de la spécificité de 100 à 97,8 % et l'apparition de réactions croisées avec *N. caninum* (Scharès *et al.*, 2010). Toutefois, une publication rapporte qu'au seuil de 1:100, l'IFI présente une corrélation parfaite avec le WB, considéré comme la technique de référence dans l'étude (Fernandez-Garcia *et al.*, 2009).

Malgré ses bonnes caractéristiques, l'IFI est un outil sérologique plus lourd à mettre en œuvre que d'autres car il nécessite un temps de manipulation plus long, l'examen du résultat au microscope à ultraviolets et est plus coûteux. Il est donc peu utilisé. Toutefois, il pourrait être intéressant pour conclure quant au résultat final lorsque deux tests donnent des résultats différents, notamment l'ELISA et le WB qui sont souvent utilisés successivement (Lenfant, 2013).

Enfin, la présence d'anticorps colostraux chez le veau né d'une mère infestée n'a été testée que par IFI. Il a été prouvé qu'il était possible de les détecter dès la naissance et jusqu'au quatrième mois de vie de l'animal. Ainsi, il est impossible de différencier par sérologie les animaux nés de mère infestée mais sains, des animaux infestés avant l'âge de quatre mois au minimum (Shkap *et al.*, 1994).

**Figure 12 : Résultat positif en IFI  
(Lenfant, 2013)**

Grossissement x1600. Noter que l'ensemble de la surface des tachyzoïtes est fluorescente.



---

#### 4.2.2 Le dosage d'immunoabsorption par enzyme liée (ELISA)

---

L'ELISA est une méthode de détection des anticorps primaires dirigés contre *B. besnoiti*, qui repose sur l'utilisation d'une enzyme liée à l'anticorps secondaire. La réaction de l'enzyme avec son substrat provoque un changement de couleur du milieu mesurable par spectrophotométrie. Le titre en anticorps est déterminé par la densité optique (DO) de l'échantillon (Cortes *et al.*, 2006).

L'ELISA est un outil qui présente une bonne sensibilité et une bonne spécificité. Différents tests ELISA ont été développés pour la détection d'anticorps dirigés contre *B. besnoiti*, et chacun possède ses caractéristiques propres. Celui développé par Cortes *et al.* (2006) possède une bonne sensibilité (87 %) et une très bonne spécificité (96,4 à 97,6 % en fonction des témoins négatifs choisis). Une réaction faussement positive a pu notamment être mise en évidence en testant un sérum d'une vache infestée par *Toxoplasma gondii*. Une étude menée par plusieurs laboratoires européens (García-Lunar *et al.*, 2012) a permis d'évaluer les caractéristiques de plusieurs ELISA disponibles en Europe, commercialisés ou utilisés uniquement dans les laboratoires les ayant développés. Sur quatre ELISA testés, deux sont caractérisés par une sensibilité de 97,2 %, un par une sensibilité de 97,3 % et pour le dernier celle-ci atteint 100 %. La sensibilité des tests ELISA est donc très bonne, et leur spécificité est également bonne puisque les valeurs des quatre tests sont respectivement de 93 %, 94,6 %, 100 % et 98,8 %. Dans cette étude, l'ELISA présentant les meilleures caractéristiques réunit une sensibilité de 100 % et une spécificité de 98,8 % (test dénommé PrioCheck ELISA 2.0). Un autre ELISA, qui n'a pas été inclus dans cette étude car développé l'année suivante, présente également des caractéristiques remarquables en utilisant des antigènes purifiés : une sensibilité de 100 % et une spécificité de 99,8 % (Schares *et al.*, 2013). Il est à noter que le même ELISA a été mis à l'épreuve par une autre équipe de chercheurs en 2017 et que ceux-ci ont trouvé une sensibilité de 92,5 % et une spécificité de 98,9 % (García-Lunar *et al.*, 2017). Dans la même publication, García-Lunar *et al.* (2017) ont présenté les résultats d'un ELISA utilisant des tachyzoïtes lyophilisés ayant des valeurs estimées de sensibilité de 91,7 % et de spécificité de 97,5 %. Enfin, un test ELISA sur lait est désormais commercialisé. D'après son fabricant, cet outil présente une excellente corrélation avec le test ELISA sur sérum qu'il développe également, en particulier sa spécificité mesurée par le fabricant est de 100 % et il ne présente aucune réaction croisée avec des antigènes de *N. caninum* (ID.vet, 2017).

À l'heure de la rédaction de ce travail, GDS France mène un projet de recherche visant à établir les caractéristiques de référence des kits ELISA sur sérum et sur lait. Par ailleurs un autre travail est prévu pour développer des kits d'analyse en mélange, afin de diminuer les coûts de l'analyse individuelle et d'encourager le dépistage de la besnoitiose bovine, notamment à l'introduction (GDS France, 2018).

L'ELISA est donc un outil sérologique dont les caractéristiques sont bonnes, voire très bonnes, rapides à mettre en œuvre et peu onéreux. Il est donc intéressant pour réaliser le dépistage d'un grand nombre d'animaux simultanément. Toutefois, ses résultats nécessitent d'être confirmés par une méthode plus spécifique (WB ou IFI) afin d'éviter les faux positifs qui peuvent avoir des conséquences économiques importantes en élevage (Cortes *et al.*, 2006 ; Schares *et al.*, 2011a ; García-Lunar *et al.*, 2012 ; Basso *et al.*, 2013). Il a été montré que les faux positifs sont fortement associés à une infestation des bovins par *N. caninum* ou *Sarcocystis spp.* (García-Lunar *et al.*, 2015). Récemment, et suite à l'élaboration d'ELISA très spécifiques mais moins sensibles, une équipe de chercheurs a recommandé de confirmer chaque résultat d'ELISA par un WB pour s'affranchir des faux négatifs également, qui peuvent également entraîner des conséquences économiques lourdes en élevage en induisant la conservation d'animaux infestés et contagieux (García-Lunar *et al.*, 2017).

---

#### 4.2.3 Le Western Blot (WB)

---

Le WB est une méthode de détection des anticorps primaires dirigés contre *B. besnoiti*, qui repose sur leur fixation à des antigènes du parasite préalablement séparés par électrophorèse. La fixation des anticorps primaires aux antigènes est révélée par l'emploi d'anticorps secondaires couplés à une peroxydase. Cette enzyme provoque une coloration du milieu en réagissant avec son substrat, ce qui permet d'observer à l'œil nu des bandes colorées là où les anticorps primaires se sont fixés à des antigènes de poids moléculaire précis. Le poids moléculaire de l'antigène reconnu est obtenu en mesurant la distance qui le sépare de son puits de dépôt, et qui correspond à sa distance de migration lors de l'électrophorèse. La lecture de positivité ou non de l'échantillon est fonction de l'apparition de bandes colorées dans des zones de poids moléculaires définies, correspondant à la fixation des anticorps sériques à des antigènes déterminés (Cortes *et al.*, 2006 ; Schares *et al.*, 2010).

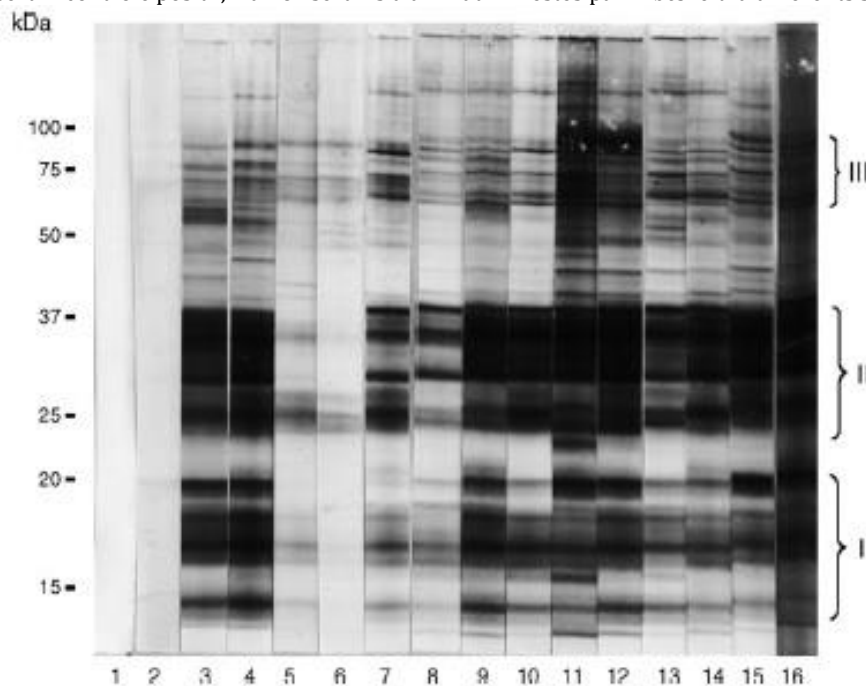
Différentes grilles de lectures ont été utilisées par différentes équipes pour déterminer si un sérum était positif en WB ou non. Cortes *et al.* (2006) ont déterminé trois zones de lectures (Figure 13) : une de faible poids moléculaire (12-20 kilodaltons (kDa)), une de poids moléculaire moyen (23-38 kDa) et une de haut poids moléculaire (60-90 kDa). Dans chacune de ces zones doivent apparaître quatre bandes colorées pour déterminer qu'un résultat est positif. Ce faisant, ils ont obtenu une bonne sensibilité de 91,3 % et une excellente spécificité de 96,4 à 100 % en fonction des témoins négatifs choisis. Par ailleurs, ils n'ont détecté aucune réaction croisée, ni avec *N. caninum*, ni avec *T. gondii*. D'autres auteurs distinguent le WB pour les anticorps anti-tachyzoïtes et le WB pour les anticorps anti-bradyzoïtes. Ainsi, Fernandez-Garcia *et al.* (2009) ont déterminé l'existence d'antigènes immunodominants, c'est-à-dire reconnus par plus de 75 % des sérums d'animaux infestés. Pour les tachyzoïtes, un antigène de 37,1 kDa est reconnu par l'ensemble des sérums d'animaux infestés, et aucune réaction croisée avec *N. caninum*, *T. gondii* ou *Sarcocystis spp.* n'a été mise en évidence. Les auteurs ont donc suggéré de considérer positif un échantillon dès lors que cette bande apparaît. Pour les bradyzoïtes, deux antigènes immunodominants sont reconnus par tous les sérums d'animaux infestés testés (15,1 et 16,8 kDa) et cinq autres antigènes immunodominants sont reconnus par 75 % des animaux infestés. L'existence de réactions croisées des antigènes de bradyzoïtes avec des sérums d'animaux infestés par *N. caninum* ou *Sarcocystis spp.* a conduit les auteurs à considérer positif en WB bradyzoïte les sérums de bovins qui reconnaissent trois antigènes immunodominants ou plus. Dans leur

protocole, Schares *et al.* (2010) ont déterminé l'existence de dix antigènes immunodominants pour les tachyzoïtes et de dix autres antigènes pour les bradyzoïtes (Figure 14) et ont évalué les caractéristiques de leur WB en fixant à quatre le nombre d'antigènes qui doivent être reconnus par le sérum testé pour être considéré comme étant positif. Ils ont ainsi obtenu une sensibilité de 90,3 % pour les antigènes de tachyzoïtes et de bradyzoïtes ; une spécificité de 100 % pour les tachyzoïtes et de 99,5 % pour les bradyzoïtes. Dans la même étude inter-laboratoires que citée précédemment (García-Lunar *et al.*, 2012), les différents WB présentés ont été comparés. Le protocole de Cortes *et al.* (2006) a été légèrement modifié et les sérums étaient considérés positifs à condition qu'au moins trois bandes dans au moins deux zones de lectures apparaissent, au lieu de quatre bandes dans les trois zones. C'est ce protocole et celui de Schares *et al.* (2010) qui ont présenté les meilleures caractéristiques, avec respectivement des sensibilités vis-à-vis des tachyzoïtes de 98,1 et 100 %, une spécificité pour les tachyzoïtes de 97,7%, des sensibilités vis-à-vis des bradyzoïtes de 99,0 et 99,1 %, et enfin des spécificités pour les bradyzoïtes de 97,7 et 98,5 % (García-Lunar *et al.*, 2012).

Le WB est une méthode plus lourde à mettre en œuvre et plus chère que l'ELISA et l'IFI. Toutefois c'est celle qui présente les meilleures sensibilité et spécificité. Ce test sérologique n'est ainsi pas recommandé pour un usage en première intention, en revanche il s'avère indispensable en confirmation du résultat d'autres tests, et notamment de l'ELISA, utilisée en dépistage rapide (Cortes *et al.*, 2006 ; Schares *et al.*, 2011a ; García-Lunar *et al.*, 2012 ; Basso *et al.*, 2013).

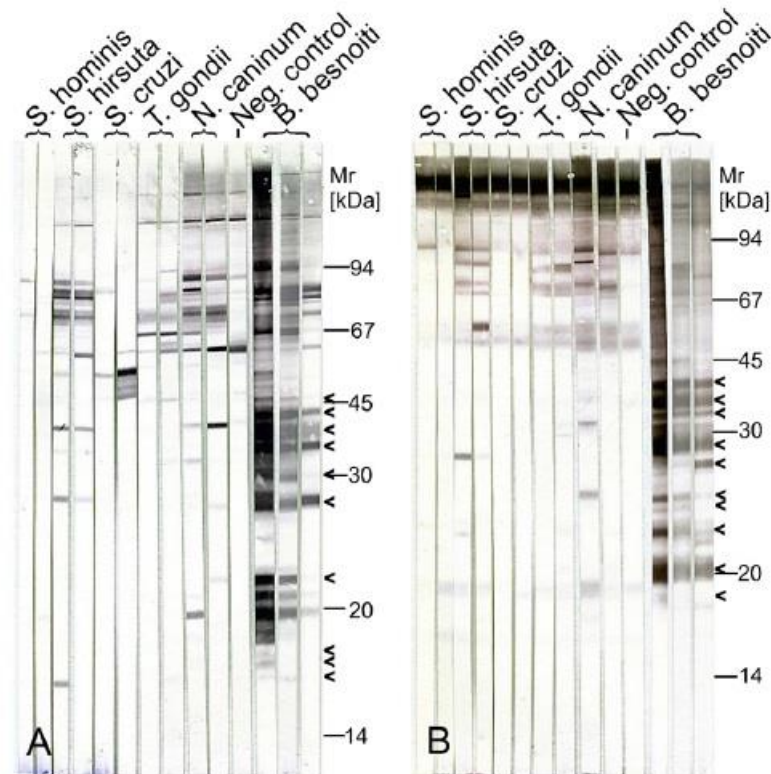
**Figure 13 : Résultats de WB selon la méthode décrite par Cortes et al. (2006)**

Les trois zones de lecture sont représentées en chiffres romains. 1 : milieu sans sérum, 2 : sérum contrôle négatif, 3 : sérum contrôle positif, 4 à 16 : sérums d'animaux infestés par *B. besnoiti* à différents stades.



**Figure 14 : Résultats de WB selon la méthode décrite par Schares et al. (2010)**

A : anticorps anti-tachyzoïtes. B : anticorps anti-bradyzoïtes. Les antigènes immunodominants sont repérés par les têtes de flèche.



#### 4.2.4 Le test d'agglutination modifiée (TAM)

Le TAM repose sur la mise en évidence d'une réaction d'agglutination causée par les anticorps du sérum testé, réagissant à la présence de tachyzoïtes. Un résultat est positif lorsque le milieu réactionnel est trouble après incubation, signe de l'agglutination des tachyzoïtes par les anticorps, et négatif lorsque les tachyzoïtes sédimentent au fond du milieu réactionnel et forment un culot (Waap *et al.*, 2011).

En utilisant l'IFI comme technique de référence, cet outil présente une sensibilité de 97,2 % et une spécificité de 99,3 % (Waap *et al.*, 2011). En dépistant les animaux par le TAM et en confirmant les résultats positifs par IFI, la sensibilité globale de la procédure a été estimée à 87,8 % et la spécificité à 99,9 % (Waap *et al.*, 2014).

Le TAM est un outil sérologique fiable, peu onéreux et rapide à mettre en place. Il peut être utilisé comme l'ELISA en test de dépistage de première intention, avec confirmation par un test présentant une meilleure spécificité (Waap *et al.*, 2014).

Différents outils sérologiques sont disponibles pour la détection d'anticorps dirigés contre *B. besnoiti* dans le sérum des bovins. Parmi eux, l'ELISA et le TAM sont des tests peu onéreux et de mise en œuvre aisée, qui peuvent être utilisés dans le dépistage de première intention. La confirmation des résultats positifs obtenus à ces tests par un outil plus spécifique, comme le WB ou l'IFI, permet d'améliorer la sensibilité du dépistage sérologique et de s'assurer qu'un bovin déclaré infesté sur la base d'un résultat sérologique l'est effectivement.

### 4.3 Diagnostic par réaction en chaîne par polymérase (PCR)

---

La réaction en chaîne par polymérase (PCR pour "*polymerase chain reaction*") repose sur la détection directe de l'ADN du parasite dans l'échantillon testé. Le recours à la polymérase permet une amplification d'un fragment d'ADN choisi, spécifique à l'espèce que l'on cherche à mettre en évidence. Ainsi, la PCR permet de détecter la présence d'un seul parasite au sein d'un échantillon (Cortes *et al.*, 2007a). Dans le cas de *B. besnoiti*, la portion d'ADN amplifiée par PCR est la séquence *internal transcribed spacer 1* (ITS1) du gène de l'acide ribonucléique ribosomal (ARNr).

Cette méthode diagnostique peut être mise en œuvre du vivant de l'animal sur des biopsies cutanées, des frottis vaginaux ou sur la couche leucocytaire d'échantillons sanguins (Cortes *et al.*, 2007a ; Schares *et al.*, 2011b), ou après son décès sur des prélèvements réalisés à l'autopsie (Frey *et al.*, 2013). Des essais de PCR sur sang total ont été réalisés mais se sont montrés peu concluants (Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2017a). Par ailleurs, même si des parasites ont pu être identifiés dans la couche leucocytaire d'échantillons de sang, la charge parasitaire reste très faible dans ce type de prélèvement (Scharès *et al.*, 2011b). Le sang n'est donc pas un bon support pour réaliser la recherche de *B. besnoiti* par PCR.

Selon les auteurs, les meilleurs sites de prélèvement pour la recherche de *B. besnoiti* par PCR sont le museau, le larynx et le pharynx (Frey *et al.*, 2013), les frottis vaginaux (Scharès *et al.*, 2011b) ainsi que les biopsies cutanées, notamment dans la région latéro-distale des membres postérieurs, sur la croupe et la région médiale des membres antérieurs. Toutefois, de nombreuses autres localisations cutanées peuvent donner des résultats positifs en PCR chez un bovin infesté, comme la région ventrale de la tête et du cou ainsi que la ligne de dos, mais leur charge parasitaire est généralement moins importante (Scharès *et al.*, 2016). Scharès *et al.* (2016) préconisent donc de choisir le lieu de biopsie sur la croupe de l'animal en raison de sa facilité d'accès et de la forte charge parasitaire de cette zone.

La recherche de *B. besnoiti* par PCR est possible dans des échantillons de peau, notamment du museau et de la croupe, ainsi que sur des frottis vaginaux. Toutefois, c'est une méthode plus compliquée à mettre en œuvre et plus onéreuse que la sérologie, qui reste la méthode la plus utilisée en routine à l'heure actuelle.

### 4.4 Synthèse des méthodes diagnostiques

---

À l'heure actuelle, aucune réglementation nationale ou internationale ne permet ou n'impose de choisir un test plutôt qu'un autre. Le Tableau 2 synthétise les caractéristiques propres à chacun des outils de dépistage ou de diagnostic vus précédemment. L'emploi indiqué de ces outils est issu de la synthèse de la revue de littérature scientifique actuelle.

**Tableau 2 : Synthèse des outils diagnostiques utilisables pour le dépistage et le diagnostic de B. besnoiti**

NC : non chiffré ; Bonne : caractéristique comprise entre 90 et 97 % ; Très bonne : caractéristique comprise entre 97 et 99 % ; Excellente : caractéristique comprise entre 99 et 100 %

Nature et nom du test	Sensibilité	Spécificité	Réalisé du vivant de l'animal	Réalisé à l'examen post-mortem	Utilisé pour le dépistage	Utilisé pour le diagnostic	
<b>Mise en évidence directe</b>	Cytologie sur raclage conjonctival	NC	NC, supposée excellente	Oui	Supposé possible mais non décrit	Oui, mais rare depuis l'arrivée des outils sérologiques	
	Cytologie sur biopsie cutanée						
	Histologie sur prélèvement d'organe	NC, dépend <i>a priori</i> du site de prélèvement	NC, supposée excellente	Non	Oui	Non	Oui
	PCR sur prélèvement cutané			Oui			
<b>Mise en évidence indirecte</b>	ELISA	Bonne	Très bonne	Oui	Non	Oui	Non
	TAM	Très bonne	Excellente				
	WB	Très bonne	Excellente			Non	Oui
	IFI	Bonne	Excellente				

## 5 Moyens de lutte

---

La lutte contre la besnoitiose bovine répond à deux objectifs : d'une part protéger les cheptels indemnes, et d'autre part réduire le nombre d'animaux infestés tout en évitant la dissémination de l'infestation en cheptel atteint (Álvarez-García *et al.*, 2013). La mise en place d'une surveillance épidémiologique de la maladie est primordiale pour son contrôle (Basso *et al.*, 2013). En l'absence de réglementation nationale ou internationale encadrant la lutte contre la besnoitiose bovine, l'emploi de l'ensemble des mesures présentées dans cette partie ne relève que de recommandations de spécialistes.

### 5.1 Mesures prophylactiques dans les cheptels indemnes

---

La mise en place de mesures prophylactiques au sein des cheptels indemnes est essentielle, particulièrement en région d'enzootie, pour éviter leur contamination. L'absence de schéma prophylactique conduit à une augmentation constante de l'incidence et de la prévalence de la maladie (Álvarez-García, 2016), et rend donc sa maîtrise plus difficile. Les mesures prophylactiques qui peuvent être mises en place contre la besnoitiose bovine relèvent de quatre catégories : la lutte anti-vectorielle, le contrôle des bovins à l'introduction dans un cheptel, la vaccination des bovins et l'éviction de pratiques à risque.

#### 5.1.1 Lutte anti-vectorielle

---

La lutte anti-vectorielle a pour objectif de diminuer le risque de transmission de *B. besnoiti* entre bovins par les insectes vecteurs, ainsi que par les aiguilles utilisées par l'éleveur ou le vétérinaire. À l'échelle de deux individus, il s'agit de la seule mesure préventive vis-à-vis de la transmission du parasite d'un bovin à l'autre (Duvallat et Boireau, 2015). Par ailleurs, Liénard *et al.* (2011) ont montré que le taux de séroconversion dans un troupeau était associé à une forte concentration d'insectes piqueurs en intérieur, ce qui justifie encore l'importance de la lutte contre ces insectes. Comme vu en 2.3, les deux principales familles d'insectes piqueurs et vecteurs de *B. besnoiti* qui sévissent en Europe sont les stomoxes et les tabanidés.

Contre les stomoxes, différentes mesures de luttés sont possibles. Une mesure environnementale possible et très efficace est l'étouffement ou l'élimination des sites de pontes des stomoxes, c'est-à-dire les fumiers et les lisiers (Bouyer *et al.*, 2011 ; Baldacchino *et al.*, 2013). Ainsi le bâchage des tas de fumier, la couverture des fosses à lisier ou l'élimination précoce de ces effluents permet d'éviter que les stomoxes ne puissent trouver des sites de ponte facilement accessibles à proximité des étables. La lutte physique repose sur l'utilisation d'ectoparasitocides tels que les pyréthrinoïdes de synthèse et les lactones macrocycliques (Bouyer *et al.*, 2011). Il est également possible d'employer des pièges tels que les pièges en tissu coloré en bleu phtalogène ou les fils à colle ainsi que des répulsifs tels que les huiles essentielles, mais l'existence d'un réel effet de ces mesures sur les populations d'insectes n'est pas prouvée selon Bouyer *et al.* (2011), même si d'autres auteurs recommandent les pièges en tissu coloré en bleu phtalogène spécifiquement dans le but de lutter contre les stomoxes (Gilles *et al.*, 2007). Enfin, il est possible d'utiliser des parasitoïdes hyménoptères de la famille des Pteromalidés tels que *Spalangia* spp. qui se développent aux dépens des stomoxes pour limiter leur prolifération (Baldacchino *et al.*, 2013).

Contre les tabanidés, un simple abri peut suffire car ce sont des insectes qui ne vivent pas à l'intérieur des bâtiments. Ainsi l'utilisation de filets, et particulièrement de filets imprégnés d'insecticide peut se révéler efficace. La lutte physique passe par l'emploi des pyréthrinoïdes de synthèse. Des répulsifs tels que le DEET (N,N-diéthyl-3-méthylbenzamide) ou l'oxamate présentent également une action répulsive sur les tabanidés, mais de courte durée (trois à quatre



heures pour le DEET et 12 heures pour l'oxamate). Certains mélanges d'huiles essentielles peuvent également se révéler efficaces pour repousser les tabanidés sur des durées allant jusqu'à 50 heures. Par ailleurs, l'habitat le plus propice aux tabanidés est la lisière des forêts et les terrains de basse altitude. Ainsi, l'élevage en altitude et éloigné des forêts permet de réduire le risque de présence de tabanidés dans l'environnement des troupeaux. Enfin, une lutte biologique est également possible contre les tabanidés et repose sur l'utilisation d'insectes parasitoïdes, les bembicini, une tribu d'hyménoptères. Toutefois leur habitat spécifique est le sable, ils sont rarement présents dans les pâtures, ce qui obligerait à créer des zones sableuses en pâture pour favoriser leur présence sur le site d'élevage. Par ailleurs, leur pic d'activité est bien plus court que celui des tabanidés, ce qui implique qu'en dehors du pic d'activité des bembicini, le développement des tabanidés n'est pas affecté par leur présence (Baldacchino *et al.*, 2014b).

Dans tous les cas, l'emploi de mesures isolées n'est pas efficace, et la lutte contre les insectes doit passer par une combinaison de plusieurs types de mesures (Baldacchino *et al.*, 2013).

Enfin, il est fortement recommandé d'utiliser des aiguilles à usage unique, changées entre chaque animal pour toute réalisation d'injection ou de prélèvement sur les bovins, de manière à éviter la transmission du parasite par une aiguille contaminée (Alzieu et Jacquet, 2009).

---

### 5.1.2 Contrôle sérologique à l'introduction

---

La réalisation d'un contrôle à l'introduction des bovins au sein d'un élevage n'était initialement jugée nécessaire qu'après la réalisation d'une analyse de risque fondée sur la provenance des animaux achetés et le mode d'élevage, dont ressortait un doute sur la possibilité que le bovin puisse être porteur de *B. besnoiti* (Alzieu *et al.*, 2007). Depuis, de nombreux auteurs s'accordent à dire que, compte tenu de la progression rapide de la maladie dans de nombreux pays d'Europe notamment, ce contrôle à l'introduction devrait être systématisé lors de tout achat de bovin de plus de six mois, et ce que des cas de besnoitiose bovine soient connus ou non dans les élevages d'origine et de destination de l'animal (Jacquet et Alzieu, 2009 ; Alzieu et Jacquet, 2012 ; Álvarez-García *et al.*, 2013 ; Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2014). Par ailleurs, le troupeau de renouvellement de plus de six mois d'âge devrait également faire l'objet d'un dépistage annuel afin de s'assurer de ne pas introduire de génisse infestée parmi les vaches (Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2017b). Ce contrôle pourrait être mis en place sous la forme d'un test sérologique rapide, souvent un ELISA, et les résultats positifs devraient être confirmés par un test plus spécifique, souvent le WB. Les bovins qui fournissent un résultat positif aux deux tests seraient considérés infestés par *B. besnoiti* (Alzieu et Jacquet, 2012) et devraient faire l'objet d'un abattage systématique afin de ne pas introduire l'agent pathogène dans l'élevage de destination (Alzieu *et al.*, 2007 ; Jacquet et Alzieu, 2009 ; Alzieu et Jacquet, 2012 ; Álvarez-García *et al.*, 2013 ; Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2014). Avec l'augmentation constante du risque de propagation de la maladie, Gutiérrez-Expósito *et al.*, (2017b) ont récemment suggéré de faire évoluer cette pratique. Désormais, ils proposent de pratiquer deux WB espacés de deux à quatre semaines d'intervalle afin de s'affranchir du risque d'introduction d'un bovin nouvellement infesté et n'ayant pas encore séroconverti. Si le bovin fourni un résultat positif à l'un des deux WB, il doit être immédiatement éliminé. Par ailleurs, en plus du contrôle sérologique des bovins à l'introduction, ils préconisent au moins un contrôle clinique annuel, dans les troupeaux sains, si ceux-ci sont localisés au sein d'une région où la maladie est enzootique.

La nécessité d'une systématisation du contrôle des bovins à l'introduction fait consensus dans la communauté scientifique, et plusieurs auteurs appellent également à une harmonisation des méthodes de contrôle à l'échelle internationale. Cette harmonisation doit être appliquée tant dans les protocoles de contrôle à l'introduction, c'est-à-dire dans le choix des animaux contrôlés, la date du contrôle par rapport à l'introduction et la nature des tests utilisés, que dans les

protocoles techniques des outils sérologiques employés (García-Lunar *et al.*, 2012 ; Álvarez-García, 2016 ; Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2017b).

---

### 5.1.3 Vaccination

---

Aucun vaccin n'est disponible actuellement en Europe. Seuls deux pays pratiquent la vaccination, l'Afrique du Sud et Israël. Ils emploient pour cela un vaccin vivant atténué à base de tachyzoïtes. L'immunité provoquée par le vaccin dure quatre ans et prévient efficacement contre le développement des formes cliniques de la besnoitiose bovine. Toutefois, elle ne prévient pas contre l'infestation. Un animal vacciné peut donc plus facilement devenir un porteur asymptomatique (Álvarez-García *et al.*, 2013 ; Cortes *et al.*, 2014 ; Duvallet et Boireau, 2015).

Des recherches sont encore en cours à l'heure actuelle pour essayer de produire un vaccin qui protégerait contre l'infestation par *B. besnoiti*, et qui aurait alors un réel intérêt dans l'optique d'endiguer la progression du parasite. À titre d'exemples, une équipe kenyane a pu isoler des anticorps dirigés contre des antigènes de surface de bradyzoïtes et prouver l'existence d'une diminution du pouvoir d'infestation des bradyzoïtes *in vitro* lorsqu'ils étaient confrontés à ces anticorps (Njagi *et al.*, 2004), et une équipe portugaise a démontré le pouvoir immunogène de la protéine disulfure isomérase de *B. besnoiti*, ce qui ouvre la porte à une possibilité de vaccin dirigé contre cette protéine (Marcelino *et al.*, 2011). Toutefois, à l'heure actuelle, aucun nouveau vaccin n'a encore été développé sur la base de ces deux études.

---

### 5.1.4 Éviction des pratiques à risques

---

Comme nous l'avons vu dans la partie 2.4, certaines pratiques d'élevage sont associées à un plus grand risque d'introduction du parasite dans l'élevage que d'autres. L'éviction de ces pratiques à risque, telles que la monte naturelle ou le partage de taureaux ou de pâtures, peut donc participer à réduire le risque d'introduction de la maladie au sein d'un élevage indemne, en particulier au sein d'une région où la maladie est enzootique. Toutefois, il n'est pas toujours possible de s'affranchir de ces pratiques, auquel cas il est recommandé de réaliser un dépistage de tous les animaux à la fin de la saison de pâture s'ils ont pâturé avec d'autres troupeaux, de dépister systématiquement les taureaux avant de les utiliser pour la monte naturelle et de suivre la qualité du sperme des taureaux tout au long de leur carrière afin de rechercher la besnoitiose bovine lors de toute baisse de la qualité spermatique constatée (Álvarez-García *et al.*, 2013 ; Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2017b).

Les mesures prophylactiques en cheptel indemne ont pour objectif d'établir des règles de biosécurité visant à éviter l'introduction de l'agent pathogène dans l'élevage. Pour cela, il est recommandé de pratiquer un dépistage sérologique systématique des entrants, en deux prélèvements espacés de deux à quatre semaines d'intervalle, un dépistage sérologique annuel dans le troupeau de renouvellement au-delà de six mois d'âge, un contrôle annuel des taureaux avant la saison de monte et au moins une inspection clinique complète annuelle de l'ensemble du troupeau si celui-ci est sain mais situé en zone enzootique. La lutte anti-vectorielle nécessite le recours à des ectoparasitocides à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments, ainsi qu'à des aiguilles à usage unique. Il est recommandé d'éviter autant que possible les pratiques à risque telles que le partage de pâtures ou de taureaux, et de suivre la qualité du sperme des taureaux pour détecter le plus rapidement possible une éventuelle anomalie.

## 5.2 Mesures de contrôle et d'élimination dans les cheptels atteints

---

Toutes les mesures prophylactiques précédemment citées dans le cas des cheptels indemnes restent valables dans les cheptels atteints. Des mesures de contrôle et d'élimination sont également nécessaires lorsqu'un élevage est reconnu infesté par la besnoitiose bovine (Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2017b).

---

### 5.2.1 Chimiothérapie

---

#### 5.2.1.1 Situation actuelle

Il n'existe actuellement aucun traitement qui permet de guérir un animal atteint de besnoitiose bovine. Les sulfamides peuvent être utilisés à forte dose (sulfadimérazine 150 à 200 mg/kg, sulfadiméthoxine 60 à 80 mg/kg), par voie intraveineuse lente et durant au moins cinq jours. Ce traitement permet de diminuer l'expression clinique de la maladie, mais l'animal reste porteur du parasite (Alzieu *et al.*, 2007). Par ailleurs, l'efficacité du traitement à base de sulfamides semble être variable ; Liénard *et al.* (2011) ont ainsi par exemple décrit le développement d'une besnoitiose bovine chronique chez un bovin traité aux sulfamides durant la phase aiguë de la maladie. Des essais sur des lapins et des rongeurs avaient été réalisés avec l'oxytétracycline à forte dose (200 mg/kg) et montraient également une diminution de l'expression clinique de la maladie. Toutefois, cette posologie est irréalisable chez les bovins car elle représente 20 à 40 fois la posologie usuelle de l'oxytétracycline (Shkap *et al.*, 1985 ; Shkap *et al.*, 1987). D'autres molécules, et notamment le lactate d'halofunginone, utilisé chez les bovins pour le traitement de la cryptosporidiose, n'ont pas donné de résultats *in vivo* chez des rongeurs bien qu'il ait permis une réduction importante du pouvoir invasif de *B. besnoiti in vitro* (Shkap *et al.*, 1987).

Si un traitement étiologique est illusoire à l'heure actuelle, le praticien confronté à un cas de besnoitiose bovine peut prescrire un traitement symptomatique, notamment en phase aiguë de la maladie. Il est ainsi possible d'utiliser des anti-inflammatoires non-stéroïdiens en phase fébrile pour diminuer l'hyperthermie, et des anti-inflammatoires stéroïdiens associés ou non à des diurétiques thiazidiques pour lutter contre les œdèmes en phase d'anasarque (Alzieu *et al.*, 2007).

#### 5.2.1.2 Recherches en cours et pistes pour l'avenir

Des recherches actuelles visent à identifier de nouvelles familles de molécules et de nouvelles cibles moléculaires pour obtenir des outils thérapeutiques à même de guérir un bovin atteint de besnoitiose bovine, tant en limitant les signes cliniques qu'en éliminant le parasite de son organisme. Pour le moment, plusieurs familles moléculaires font l'objet d'études *in vitro*. Ainsi, le nitazoxanide, un thiazolide dérivé de l'acide salicylique, et certains de ses dérivés bromés ont prouvé un effet parasiticide *in vitro* et diminuent le potentiel invasif de *B. besnoiti* sur des cultures cellulaires (Cortes *et al.*, 2007b). Il a également été prouvé que des molécules de la famille des arylimidamides pouvaient avoir une action parasiticide en culture cellulaire (Cortes *et al.*, 2011). Les thiazolides comme les arylimidamides n'ont montré aucun effet délétère sur les cellules utilisées pour la mise en culture (Cortes *et al.*, 2007b ; Cortes *et al.*, 2011). En étudiant la protéine disulfure isomérase de *B. besnoiti*, Marcelino *et al.* (2011) ont montré que la bacitracine permettait d'inhiber cette enzyme, ce qui pourrait en faire un outil thérapeutique contre *B. besnoiti*. Plus récemment, une étude sur les biphénylimidazoazines, et en particulier l'imidazol[1,2b]pyridazine, a permis de montrer leur faculté à inhiber le développement de *B. besnoiti in vitro* (Moine *et al.*, 2015). Par ailleurs, l'utilisation *in vitro* d'inhibiteurs de la glycolyse ou de la glutaminolyse a donné des résultats encourageants en matière d'inhibition de la croissance de *B. besnoiti* et apporte une nouvelle piste de traitement (Taubert *et al.*, 2016). Enfin, la naphtho-quinone buparvaquone semble être efficace sur la diminution de la prolifération des tachyzoïtes *in vitro*, bien qu'une

certaine capacité d'adaptation des parasites à la molécule ait été mise en évidence dans l'étude (Müller *et al.*, 2018).

---

### 5.2.2 Abattage sélectif

---

L'abattage sélectif des animaux infestés est une mesure de lutte qui est étudiée depuis les années 1960. Dans un troupeau dont la prévalence clinique de la maladie était de 4,6 %, Bigalke (1968) a mis en place un dépistage et une élimination systématique des animaux porteurs de kystes oculaires. Cette mesure a permis d'obtenir une prévalence clinique de besnoitiose bovine de 0 % après six années de lutte. De nos jours, le dépistage des animaux atteints est amélioré par l'emploi de critères sérologiques et non plus cliniques, ce qui permet d'inclure également les animaux porteurs sains dans les procédures d'abattage sélectif, et donc d'en augmenter l'efficacité à moyen et long termes.

Les résultats sont probants dans les élevages où la séroprévalence est faible. Ainsi, dans quatre élevages français à moins de 5 % de séroprévalence, l'élimination de l'ensemble des animaux séropositifs a permis d'obtenir une incidence de 0 % l'année suivante pour trois d'entre eux, et de 4,6 % dans le quatrième (Jacquet *et al.*, 2012). Il est donc fortement recommandé d'éliminer l'ensemble des animaux cliniques et l'ensemble des séropositifs dans un troupeau dès lors que la séroprévalence est inférieure à 10 % (Alzieu et Jacquet, 2009 ; Alzieu *et al.*, 2011 ; Alzieu et Jacquet, 2012 ; Álvarez-García *et al.*, 2013 ; Alzieu *et al.*, 2014). Pour éviter à l'éleveur d'éliminer trop d'animaux d'un seul coup, il est possible d'étaler les réformes, en prenant la précaution d'isoler les animaux infestés du reste du troupeau. Les animaux malades sont à éliminer en premier, puis les porteurs de kystes oculaires ou vulvaires, et enfin les séropositifs subcliniques (Alzieu et Jacquet, 2009 ; Alzieu *et al.*, 2011 ; Álvarez-García *et al.*, 2013).

En revanche, dans les élevages où la séroprévalence dépasse les 25 à 30 %, il devient économiquement compliqué pour l'éleveur d'éliminer l'ensemble des animaux atteints. Il est alors conseillé d'éliminer sélectivement les animaux malades et ceux porteurs de kystes en réalisant des dépistages visuels réguliers. Ces mesures permettent d'atteindre un état stable d'enzootie et un contrôle des cas cliniques afin de limiter les pertes économiques liées à la besnoitiose bovine lorsqu'elle s'exprime de manière clinique (Alzieu et Jacquet, 2009 ; Álvarez-García *et al.*, 2013 ; Alzieu *et al.*, 2014). Si la lutte anti-vectorielle est importante dans tous les élevages pour limiter la transmission du parasite, elle devient primordiale dans ces élevages à forte séroprévalence afin de protéger les animaux encore sains dans le troupeau (Alzieu et Jacquet, 2009). Par ailleurs, et afin de conserver une séroprévalence la plus basse possible au sein du troupeau, quelle que soit sa séroprévalence initiale, tous les animaux qui sont introduits dans le troupeau afin de remplacer les animaux éliminés doivent avoir fait l'objet de tests de dépistage et être séronégatifs (Álvarez-García *et al.*, 2013).

À l'heure actuelle, le traitement des animaux infestés par *B. besnoiti* est illusoire car, si l'emploi de sulfamides à forte dose permet de limiter les signes cliniques, il ne permet pas d'éliminer le parasite et l'animal reste donc un porteur sain, contagieux pour le reste du troupeau. Des études *in vitro* visent aujourd'hui à explorer de nouvelles pistes thérapeutiques qui permettraient de traiter la maladie à l'avenir. En cheptel atteint, les mesures prophylactiques citées en partie 5.1 sont toujours nécessaires pour ne pas risquer d'augmenter encore la séroprévalence au sein du troupeau. La seule mesure de contrôle efficace pour diminuer le nombre d'animaux infestés est l'abattage sélectif des animaux infestés. Si la séroprévalence est inférieure à 10 % il est conseillé d'éliminer l'ensemble des animaux séropositifs. Si elle est supérieure à 25 % cela n'est pas forcément possible économiquement pour l'éleveur. Il est alors conseillé de séparer les animaux sains des infestés, et d'éliminer au moins les malades et les porteurs de kystes.

### 5.3 Surveillance épidémiologique

---

À notre connaissance, la littérature ne fait pas état de programme de surveillance épidémiologique mis en place vis-à-vis de la besnoitiose bovine. Pourtant, en partant de l'exemple Suisse, où la besnoitiose bovine a été importée par l'achat non contrôlé de bovins infestés de France et d'Allemagne, Basso *et al.* (2013) ont souligné l'importance d'une coordination internationale dans la lutte contre la besnoitiose et ont encouragé les autorités à améliorer les contrôles, y compris dans les pays que l'on suppose être indemnes et à communiquer sur leur statut épidémiologique. Ils ont été rejoints dans cette proposition par Álvarez-García (2016) et Gutiérrez-Expósito *et al.* (2017b), pour lesquels il y a une nécessité urgente d'une attention particulière des gouvernements et des filières industrielles concernant la besnoitiose bovine. Ils préconisent la mise en place d'une surveillance épidémiologique afin d'établir des plans de luttés locaux, nationaux et de les harmoniser à l'échelle internationale de manière à limiter l'export de la maladie aux régions saines et à la contrôler dans les régions où elle est enzootique. Ces mesures de surveillance et de lutte doivent être associées à la mise en place de campagnes d'information auprès des vétérinaires et des éleveurs, en particulier en zone d'émergence où l'infestation sévit sans être bien connue (Jacquet *et al.*, 2012).

Aucun programme d'épidémiosurveillance envers la besnoitiose bovine n'est encore décrit dans la littérature. Pourtant, plusieurs auteurs s'accordent sur l'importance de la mise en place de tels programmes, harmonisés à l'échelle nationale et internationale et associés à des programmes de lutte eux aussi harmonisés, ainsi qu'à une communication sur la maladie auprès des vétérinaires et des éleveurs.

### 5.4 Conséquences économiques et psychologiques

---

Durant son travail de thèse, C. Duboisset (Duboisset, 2013) s'est intéressé aux conséquences économiques de la maladie lorsqu'elle est installée dans les élevages et lorsqu'un plan de surveillance ou d'assainissement est en place dans des élevages sains ou infestés. Il ressortait de ses résultats que la maladie coûte environ neuf euros par animal et par an à un éleveur en plan de surveillance ou d'assainissement, contre près de 40€ par animal et par an (près de 55€ par animal en comptant le temps perdu par l'éleveur) pour un éleveur ayant décidé de "vivre avec la maladie" et de ne pas lutter contre. Les principales sources de pertes économiques étaient les pertes de performance, et en particulier l'infertilité des mâles et les réformes anticipées. Par ailleurs cette étude a permis d'appréhender l'impact psychologique non négligeable de la besnoitiose bovine chez les éleveurs lorsqu'elle est installée dans un troupeau, les éleveurs se disaient ainsi découragés et inquiets. Par ailleurs, comme évoqué précédemment, la présence de la besnoitiose bovine dans un troupeau impose une gestion subie des réformes au gré des infestations et retire à l'éleveur tout espoir de mener comme il l'entend l'amélioration génétique de son cheptel, ce qui est également source de détresse pour les éleveurs atteints.

Ces résultats ont conduit l'auteur à encourager la mise en place de programmes de surveillance et de lutte contre la besnoitiose bovine, tant pour l'intérêt économique qu'ils peuvent apporter que pour la réduction de l'impact psychologique que peut avoir la maladie sur un éleveur lorsqu'elle est installée dans son troupeau.

Par ailleurs, les éleveurs adhérents à un GDS peuvent obtenir des indemnités du Fond de mutualisation des GDS (FMGDS). Cet organe constitue le fond national d'indemnisation des GDS et a pour objectif d'assurer une prise en charge permettant de pallier toute ou partie des pertes économiques ou sanitaires subies par les éleveurs adhérents à leur GDS en cas d'apparition d'un foyer de maladie animale ou consécutives à la mise en oeuvre d'un programme collectif volontaire

de lutte contre une maladie animale ou de programmes sanitaires. Depuis le premier janvier 2017, l'aide financière du FMGDS concernant la besnoitiose bovine compte deux volets :

- Une indemnité forfaitaire de 6 € par analyse de sortie de bovins à destination d'un autre élevage (que le résultat soit positif ou négatif). Cette aide est plafonnée par cheptel et par an, à hauteur de 20 % des bovins de plus de 24 mois.
- Une indemnité forfaitaire par bovin éliminé de 100 €.

L'objectif de ces aides est de limiter l'expansion de la maladie en évitant la sortie de bovins malades vers des élevages sains et d'aider les cheptels touchés à s'assainir. La méthode de lutte choisie repose sur une étude des coûts des différentes méthodes de gestion à partir de données du terrain qui avait démontré que cette méthode de gestion avait le meilleur rapport résultats/investissement au niveau national (GDS France, 2018).

La prophylaxie ou la lutte contre la maladie reviennent quatre à cinq fois moins cher par animal et par an que le fait de vivre avec la besnoitiose bovine installée dans un cheptel. Par ailleurs l'impact psychologique de la présence de la maladie sur l'éleveur est non négligeable. Pour ces raisons, économiques et psychologiques, il est recommandé de mener un plan de lutte dans les élevages bovins menacés ou atteints par la besnoitiose bovine. Les éleveurs français adhérents à un GDS peuvent en outre bénéficier d'aides de la part du FMGDS, ce qui permet d'augmenter encore le bénéfice qu'ils trouveront à s'engager dans un plan de lutte contre la besnoitiose bovine.



---

## Deuxième partie :

# La besnoitiose bovine en France métropolitaine : étude auprès des GDS de son extension géographique et des plans de lutte mis en place à son encontre

---

## 1 Contexte et objectifs de l'étude

---

La besnoitiose bovine est une maladie qui semble être considérée par de nombreux vétérinaires exerçant en France comme présente uniquement dans le quart sud-ouest du pays. Pourtant, nos observations personnelles sur le terrain, en particulier dans le Nord du massif alpin, nous laissaient supposer que cette maladie pourrait être plus largement distribuée sur le territoire français. Des conversations avec des éleveurs et des vétérinaires de différentes régions de France ont également amené à supposer que cette maladie était globalement méconnue par les éleveurs de bovins, mais également par certains vétérinaires. Les informations présentées dans la revue bibliographique en première partie de ce travail ont souligné l'extension géographique de la besnoitiose bovine en Europe, vers l'Est et le Nord du continent. Cela contribue ainsi à suspecter une extension similaire au sein de nos frontières.

Actuellement, la besnoitiose bovine n'est pas une maladie classée parmi les dangers sanitaires, et n'est donc pas réglementée. La gestion collective de la besnoitiose bovine ne peut donc relever que des groupements de défense sanitaire (GDS), associations d'éleveurs à l'échelle départementale, pluri-départementale et régionale, et chargées de la surveillance et de la lutte contre certaines maladies classées dangers sanitaires de deuxième catégorie ou non classées dangers sanitaires, à l'image de la besnoitiose bovine. Il existe actuellement 82 GDS en France métropolitaine. En effet, parmi les 96 départements possibles, certains GDS sont réunis en GDS régionaux, à savoir ceux d'Alsace, de Bretagne, de Corse et d'Île-de-France, et d'autres associent deux départements, à savoir ceux de la Savoie et de la Haute-Savoie, ainsi que ceux de la Haute-Saône et des territoires de Belfort.

En 2012, GDS France avait réalisé un état des lieux concernant l'extension de la besnoitiose bovine à partir d'un questionnaire envoyé à l'ensemble des GDS. Malheureusement, cette étude n'avait obtenu que peu de réponses, ce qui avait laissé supposer aux responsables de l'étude une méconnaissance de la part des GDS de cette maladie ou une absence volontaire de réponse dans le but de ne pas communiquer sur la situation épidémiologique du territoire et afin d'éviter la mise en place de mesures de lutte drastiques (GDS France, 2018).

En faisant le lien entre une possible extension géographique méconnue de la besnoitiose bovine et une probable connaissance limitée de cette maladie par les acteurs de terrain (éleveurs, vétérinaires), nous nous sommes donc demandé **quelles étaient les limites de l'extension géographique actuelle de la maladie, et comment les GDS s'organisaient pour prévenir, dépister et lutter contre cette maladie.**

L'objectif de ce travail était donc dans un premier temps d'étudier la diffusion géographique de la besnoitiose bovine en France métropolitaine, en particulier depuis l'année 2007. Cette année



a été choisie comme référence car elle correspond à l'année de soutenance de la dernière thèse vétérinaire en France ayant trait à l'extension géographique de la besnoitiose bovine, et nous permettait d'avoir une période d'étude limitée à 10 ans, jusqu'en 2017. Dans sa thèse, C. Thomas avait étudié la présence de la besnoitiose bovine dans les départements du Sud de la France en interrogeant des vétérinaires (Thomas, 2007). Dans notre étude, nous avons interrogé les GDS, afin d'investiguer également les plans de surveillance et de lutte mis en place par les GDS contre la besnoitiose bovine, deuxième objectif de ce travail.

## 2 Matériel et méthodes

---

La présente étude a été élaborée en partenariat avec l'association GDS France, qui fédère l'ensemble des GDS et FRGDS à l'échelle nationale. Dans une première phase de travail, entre mars et juillet 2017, nous avons échangé avec la responsable besnoitiose bovine de GDS France pour discuter des objectifs d'étude et de l'élaboration du questionnaire. L'élaboration du questionnaire a constitué la deuxième phase de travail, entre juillet et octobre 2017, jusqu'à sa validation par les enseignantes en charge de l'encadrement de ce travail de thèse fin octobre 2017. Ensuite, la troisième phase de travail a consisté à transposer le questionnaire sous format informatique, à l'aide du site de sondage en ligne *webquest.fr* (Hélan, 2018). La version en ligne du questionnaire a été soumise pour validation à GDS France au cours du mois de janvier 2018. À cette occasion, j'ai participé à une réunion téléphonique le 25 janvier 2018 avec le groupe technique d'experts besnoitiose bovine, en charge, entre autres, de la validation des projets concernant cette maladie au sein de GDS France. La version finale du questionnaire a été validée mi-février 2018, et est présentée en Annexe 1 de ce manuscrit.

Le questionnaire contenait 93 questions dont 51 questions à réponse ouverte (QRO), 34 questions à choix multiples et réponses multiples (QCMM), quatre questions à choix multiples et réponse unique (QCMU), trois listes déroulantes et une échelle de notation de 1 à 10. En tout, l'affichage de 56 questions dites "conditionnées" était subordonné aux réponses fournies par le répondant à 25 questions dites "conditionnantes". Certaines questions conditionnées pouvaient également être conditionnantes pour les questions suivantes. En fonction des réponses fournies, différents enchaînements de questions pouvaient donc être soumis au répondant. Le questionnaire contenait deux questions à réponses obligatoires, les 91 autres étaient facultatives. Le temps nécessaire estimé pour répondre à l'ensemble du questionnaire était de 20 minutes.

Le questionnaire était divisé en quatre grandes parties. La première visait à connaître le contexte général d'élevage dans lequel se situait le GDS. Dans cette partie était définie la notion de "zone", c'est-à-dire la zone géographique couverte par le GDS répondant. La connaissance de la zone couverte par le GDS a permis de répartir géographiquement les répondants de la manière suivante : les GDS appartenant aux régions Bretagne, Normandie, Pays de la Loire, Centre-Val de Loire, Île-de-France, Hauts-de-France, Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté ont été considérés comme GDS du Nord, et les GDS appartenant aux régions Nouvelle-Aquitaine, Auvergne-Rhône-Alpes, Occitanie, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Corse ont été considérés comme GDS du Sud. À partir des réponses obtenues à cette partie, les GDS ont également pu être répartis selon trois typologies d'élevages : les GDS dont plus de 66 % des élevages étaient allaitants ont été considérés comme GDS "à dominance allaitante", les GDS dont plus de 66 % des élevages étaient laitiers ont été considérés comme "à dominance laitière", enfin les GDS ne répondant à aucun de ces critères ont été considérés comme "mixtes".

La seconde partie du questionnaire avait pour but de connaître le statut des GDS répondants vis-à-vis de la besnoitiose bovine. La notion de "cas de besnoitiose bovine" a été définie comme un animal confirmé atteint de besnoitiose bovine par un examen complémentaire. Il était notamment demandé aux GDS si et combien ils avaient eu de cas connus de besnoitiose bovine (sous-entendu détectés et déclarés) avant 2007 et après 2007. Pour la période plus récente 2007-

2017, il était également demandé, dans la mesure du possible, de détailler le nombre de cas par année et par type d'élevage, laitier ou allaitant.

La troisième partie du questionnaire était destinée à investiguer les moyens de surveillance et de lutte contre la besnoitiose bovine mis en place ou conseillés par les GDS répondants. Les différentes méthodes de surveillance ont d'abord été investiguées. Les questions suivantes ont permis d'explorer les outils de dépistage, de suspicion et de confirmation de la besnoitiose bovine préconisés par les GDS répondants. Le devenir des animaux confirmés atteints a ensuite été étudié, avant d'aborder les mesures préventives mises en place ou conseillées par les GDS répondants. La fin de la troisième partie visait à examiner la mise en place d'aides financières ainsi que la communication réalisée par les GDS répondants à propos de la besnoitiose bovine, auprès des différents acteurs du département.

La quatrième partie du questionnaire avait pour but de connaître les perspectives possibles au sein des GDS concernant la besnoitiose bovine, notamment quant à l'intérêt vis-à-vis de la maladie montré ou perçu par les répondants et les éleveurs des zones couvertes par les GDS répondants, mais également en considérant la volonté des GDS répondants à mettre en place ou améliorer leurs plans de surveillance et de lutte. La responsable besnoitiose bovine de GDS France a procédé à l'envoi du questionnaire *via* la liste de diffusion de GDS France le 19 février 2018. Elle a également effectué une relance collective des non-répondants trois semaines plus tard, le 12 mars 2018, ainsi que des relances individuelles auprès des non-répondants entre le 2 et le 13 avril 2018. Le questionnaire a été clos le 16 avril 2018. Les réponses ont été extraites et analysées à l'aide du logiciel Excel 2013 ("Microsoft Excel 2013", 2013). Les analyses statistiques ont été conduites à l'aide du site BiostaTGV (Institut Pierre Louis UMR S 1136 et Sorbonne Université, 2018). Compte tenu des petits échantillons retenus pour les études d'association, celles-ci ont été réalisées à l'aide du test de Fischer exact. Le risque d'erreur par excès  $\alpha$  a été fixé à 5 %.

Comme convenu avec GDS France, partenaire de cette étude, l'ensemble des résultats présentés ici ont été anonymisés, à l'exception des parties concernant l'évolution géographique de la maladie.

## 3 Résultats

### 3.1 Présentation des GDS répondants

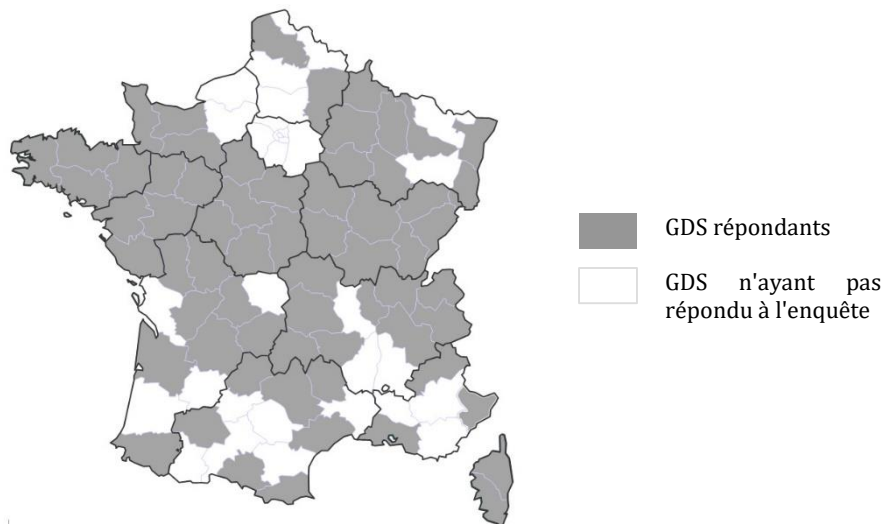
À la clôture du questionnaire, 58 réponses uniques ont été enregistrées. Le taux de réponse au questionnaire était donc de **71 %** (58/82).

Les GDS répondants étaient répartis dans l'ensemble des régions de France métropolitaine (Figure 15). La seule région totalement non représentée dans les réponses était l'Île-de-France, à très faible densité d'élevages bovins et faisant partie des régions dont les GDS départementaux ont fusionné pour ne former qu'un GDS régional unique. Au total, 39 GDS répondants étaient situés dans la moitié nord de la France, et 43 dans la moitié sud. Parmi les GDS du Nord, 80 % (31/39) ont répondu au questionnaire, et 63 % (27/43) parmi les GDS du Sud. Ces résultats n'étaient pas significativement différents ( $p = 0,144$ ), ce qui laisse supposer que le fait de répondre au questionnaire n'est pas associé à la localisation géographique.

Parmi les 58 GDS répondants, 50 % (29/58) étaient des GDS à dominante allaitante, 41 % (24/58) des GDS mixtes, 5 % (3/58) des GDS à dominante laitière, et deux répondants n'ont pas fourni d'information concernant la typologie d'élevages dans leurs zones.

**Figure 15 : Localisation géographique des GDS répondants au questionnaire**

Départements rassemblés en un seul GDS, non représentés sur la carte : Bretagne, Corse, Île-de-France, Bas-Rhin et Haut-Rhin, Savoie et Haute-Savoie, Haute-Saône et territoires de Belfort



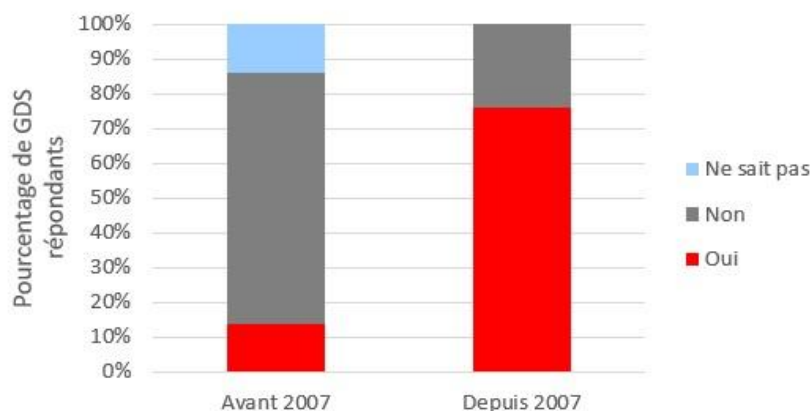
### 3.2 Extension géographique de la besnoitiose bovine

#### 3.2.1 Répartition géographique des cas de besnoitiose bovine connus et déclarés avant 2007

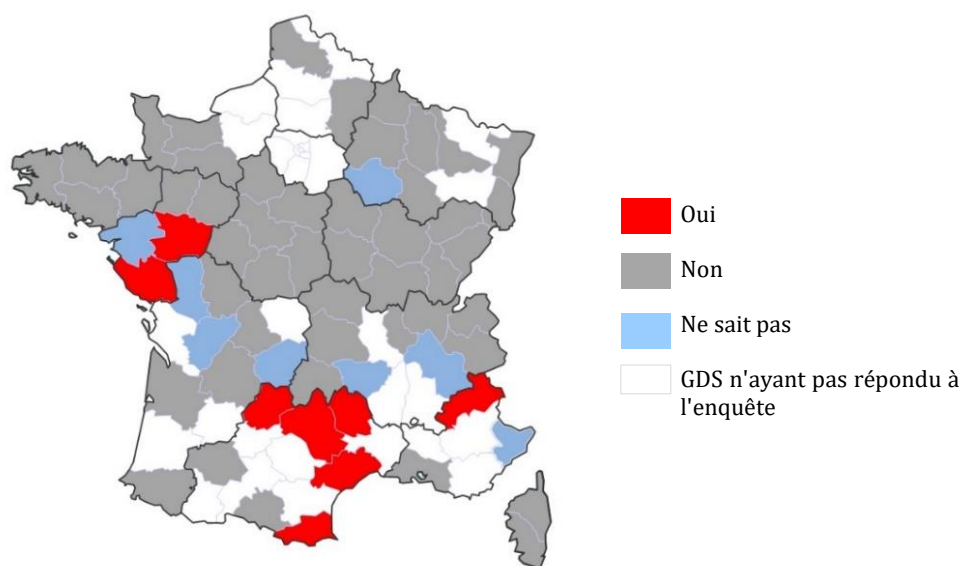
Parmi les 58 GDS ayant répondu à l'enquête, huit ont déclaré avoir eu connaissance de cas de besnoitiose bovine avant 2007, huit ne pas savoir et 42 ont déclaré ne pas avoir eu connaissance de cas de besnoitiose bovine avant 2007 (Figure 16). Des deux départements appartenant au foyer pyrénéen historique de la maladie et ayant répondu au questionnaire, un seul a déclaré avoir eu connaissance de cas de besnoitiose bovine, et ce depuis 1970. Les autres GDS ayant déclaré avoir eu connaissance de cas de besnoitiose bovine avant 2007 sont majoritairement localisés dans le nord de la région Occitanie, dans le sud de la région Pays-de-la-Loire et dans les Alpes du sud. La

Figure 17 présente les réponses fournies par les GDS à la question "avez-vous eu connaissance de cas de besnoitiose bovine avant 2007 ?" ainsi que leur répartition géographique.

**Figure 16 : Connaissance par les GDS répondants de la présence de cas de besnoitiose bovine dans leur zone avant et après 2007**



**Figure 17 : Répartition géographique des GDS ayant ou non recensé des cas de besnoitiose bovine dans leur zone avant 2007**



La coloration rouge d'un GDS n'est pas indicative d'une répartition homogène de la besnoitiose bovine sur le territoire de celui-ci.

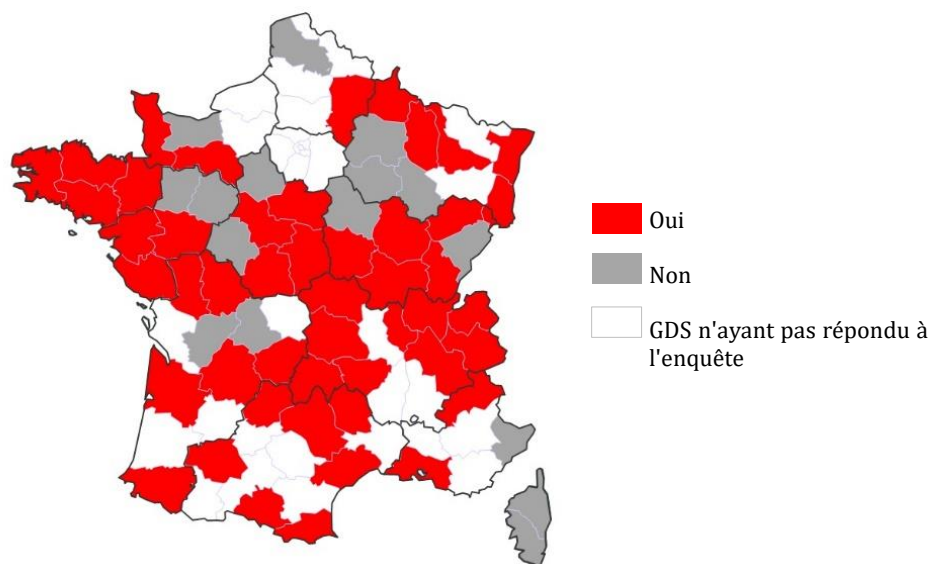
### 3.2.2 Répartition géographique des cas de besnoitiose bovine connus et déclarés entre 2007 et 2017

Les GDS ayant déclaré avoir eu connaissance de cas de besnoitiose bovine depuis 2007 étaient 44 sur 58 répondants, soit 76 %. Ceux ayant déclaré ne pas avoir eu connaissance de cas de besnoitiose bovine depuis 2007 sont 14 sur 58 répondants, soit 24 %. La répartition de ces réponses est présentée sur la Figure 16.

Les 44 GDS ayant déclaré avoir eu connaissance de cas depuis 2007 sont répartis sur l'ensemble du territoire et la seule région au sein de laquelle aucun cas n'a été rapporté dans les réponses au questionnaire est la Corse. Parmi les 14 GDS ayant déclaré ne jamais avoir eu de cas

de besnoitiose bovine, cinq ont également déclaré ne pas avoir mis en place de mesures de surveillance de la maladie. La Figure 18 présente les réponses fournies par les GDS à la question "avez-vous eu connaissance de cas de besnoitiose bovine depuis 2007 ?" ainsi que leur répartition géographique. L'ensemble des GDS ayant déclaré avoir eu connaissance de cas avant 2007 a également déclaré avoir eu connaissance de cas depuis 2007.

**Figure 18 : Répartition géographique des GDS ayant ou non recensé des cas de besnoitiose bovine dans leur zone depuis 2007**



La coloration rouge d'un GDS n'est pas indicative d'une répartition homogène de la besnoitiose bovine sur le territoire de celui-ci.

### 3.2.3 Principales caractéristiques d'élevage et des zones concernées par les GDS répondants

En comparant le type d'élevage au fait de déclarer avoir eu au moins un cas de besnoitiose bovine, il apparaît que 83 % (24/29) des GDS à dominante allaitante, 71 % (17/24) des GDS mixtes et 67 % (2/3) des GDS à dominante laitière ont déclaré avoir eu connaissance de cas de besnoitiose bovine (Tableau 3). Il n'existait pas de différence significative de taux de déclaration de présence de cas de besnoitiose bovine entre les GDS à dominante allaitante et laitière ( $p = 0,43$ ), entre les GDS à dominance allaitante et les mixtes ( $p = 0,32$ ) et entre les GDS à dominance laitière et les mixtes ( $p = 1$ ). Le type d'élevage n'était donc pas statistiquement associé au fait, pour un GDS, d'avoir recensé et déclaré au moins un cas de besnoitiose bovine.

**Tableau 3 : GDS ayant déclaré ou non avoir eu connaissance d'au moins un cas de besnoitiose bovine selon la typologie majoritaire d'élevage dans la zone**

Typologie d'élevage	Cas déclarés		Total
	Oui	Non	
Allaitante	24	5	29
Laitière	2	1	3
Mixte	17	7	24
<b>Total</b>	43	13	56

Les deux GDS n'ayant pas indiqué de typologie majoritaire d'élevage ont été exclus de ce tableau.

Les données concernant la transhumance ont fourni des résultats similaires. Ainsi, 70 % (26/37) des GDS ayant déclaré que les élevages ne pratiquaient pas du tout ou majoritairement pas la transhumance ou le partage de pâture, et 86 % (18/21) de ceux ayant déclaré que les

élevages pratiquaient ou pratiquaient majoritairement la transhumance ou le partage de pâture ont déclaré avoir eu connaissance d'au moins un cas de besnoitiose bovine (Tableau 4). Ces valeurs ne sont pas significativement différentes ( $p = 0,22$ ), la pratique de la transhumance ou du partage de pâture n'était donc pas statistiquement associée, pour un GDS, au fait d'avoir recensé et déclaré au moins un cas de besnoitiose bovine.

**Tableau 4 : GDS ayant déclaré ou non avoir eu connaissance d'au moins un cas de besnoitiose bovine selon la pratique ou non du partage de pâtures dans la zone**

Transhumance ou partage de pâture	Cas déclarés		Total
	Oui	Non	
Oui	18	3	21
Non	26	11	37
<b>Total</b>	44	14	58

Parmi les GDS répondants, 65 % (20/31) des départements situés dans le nord du pays, et 89 % (24/27) des départements situés dans le sud ont déclaré avoir eu connaissance d'au moins un cas de besnoitiose bovine (Tableau 5). Ces résultats étaient significativement différents ( $p = 0,037$ ) : ainsi, être situé dans le sud de la France était statistiquement associé au fait de déclarer avoir eu au moins un cas de besnoitiose bovine, au risque d'erreur de 5 %.

**Tableau 5 : GDS ayant déclaré ou non avoir eu connaissance d'au moins un cas de besnoitiose bovine selon leur localisation géographique**

Localisation géographique	Cas déclarés		Total
	Oui	Non	
Nord	20	11	31
Sud	24	3	27
<b>Total</b>	44	14	58

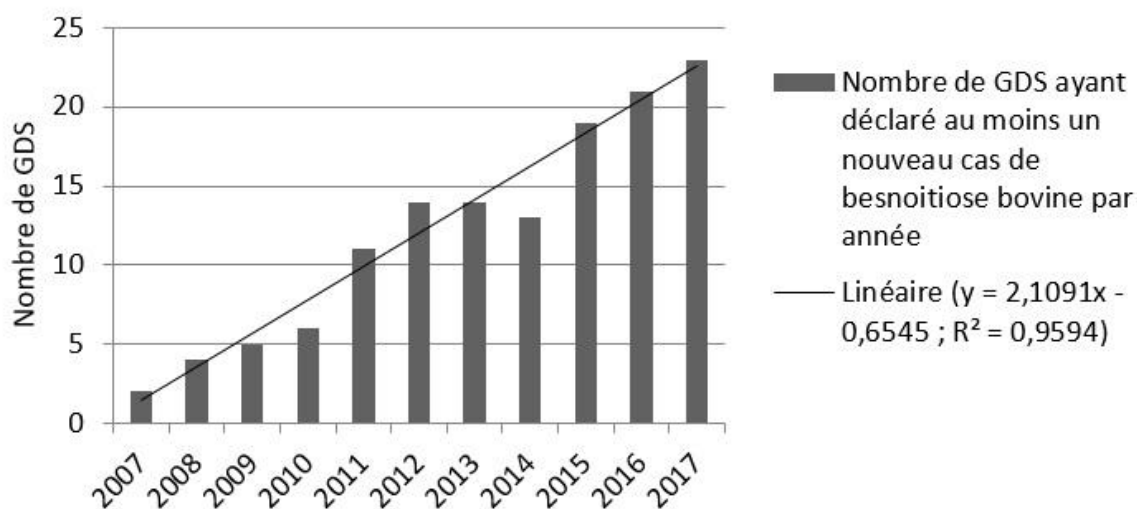
### 3.2.4 Incidence annuelle de la besnoitiose bovine

Outre l'extension géographique de la maladie, nous avons étudié le nombre de GDS déclarant des nouveaux cas chaque année (Figure 19), ainsi que le nombre de nouveaux cas déclarés chaque année (Figure 20).

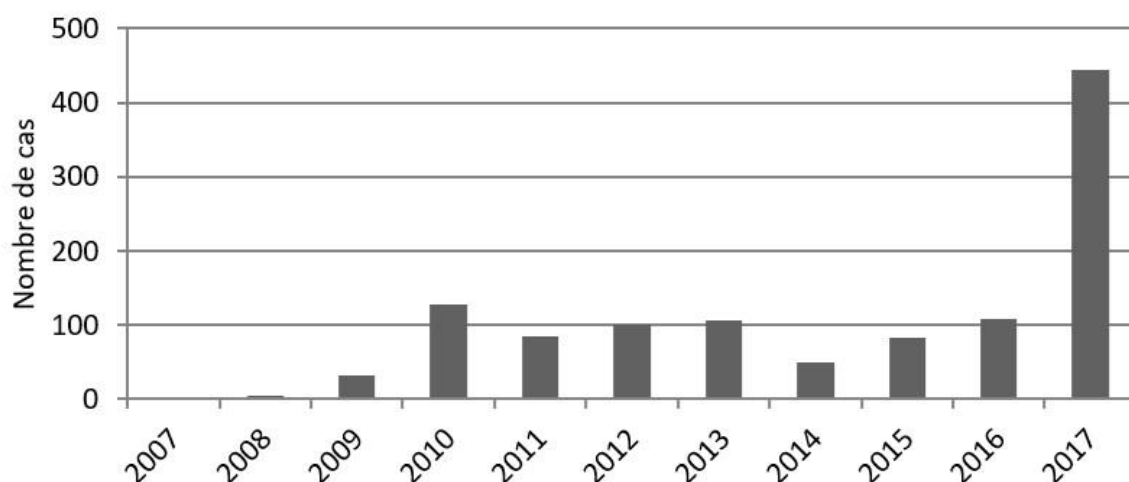
Le nombre de GDS déclarant au moins un nouveau cas de besnoitiose bovine chaque année est en augmentation quasiment constante (Figure 19). Une régression linéaire appliquée à ce graphique fournit une droite ( $R^2 = 0,9594$ ) dont la pente est d'environ 2,1 GDS par an. Cela signifie qu'en moyenne, environ deux GDS supplémentaires déclarent avoir eu connaissance d'au moins un nouveau cas de besnoitiose bovine chaque année.

Par ailleurs, le nombre de nouveaux cas déclarés chaque année par les GDS a connu une augmentation rapide de 2007 à 2010, avant de se stabiliser aux alentours de 100 nouveaux cas déclarés par an. L'année 2017 a connu une nouvelle progression en atteignant un maximum de 445 nouveaux cas de besnoitiose bovine déclarés par les GDS répondants, dont 300 déclarés par un unique GDS.

**Figure 19 : Nombre de GDS ayant déclaré au moins un cas de besnoitiose bovine par année, entre 2007 et 2017**



**Figure 20 : Nombre de nouveaux cas de besnoitiose bovine déclarés par année entre 2007 et 2017 par les 58 GDS répondants**



La besnoitiose bovine a connu une extension rapide ces dix dernières années, qui semble sans cesse accélérer. Des cas ont été recensés dans l'ensemble des régions dans lesquelles au moins un GDS a répondu au questionnaire, à l'exception de la Corse. Les GDS du sud de la France étaient significativement plus nombreux à avoir connu des cas de besnoitiose bovine que les GDS du nord. Le type d'élevage et le recours ou non à des pâtures partagées ne semblent pas être des facteurs associés au fait d'avoir eu au moins un cas de besnoitiose bovine.

### 3.3 Plans de surveillance de la besnoitiose bovine

Parmi les 58 GDS ayant répondu à l'enquête, 43, soit 74 %, ont déclaré mettre en place une ou plusieurs mesure(s) de surveillance vis-à-vis de la besnoitiose bovine et 15, soit 26 %, n'ont pas déclaré en mettre en place. Les GDS qui ont déclaré avoir eu connaissance d'au moins un cas de besnoitiose bovine représentaient 79 % (n = 34/43) des GDS ayant déclaré mettre en place une ou plusieurs mesure(s) contre la besnoitiose bovine et 67 % (10/15) de ceux ayant déclaré ne pas

mettre en place de mesure contre cette maladie. Ces valeurs, présentées dans le Tableau 6, ne sont pas significativement différentes ( $p = 0,484$ ), il n'existait donc pas d'association statistique significative entre le fait d'avoir eu au moins un cas de besnoitiose bovine et celui de mettre en place des mesures de surveillance à l'encontre de cette maladie.

**Tableau 6 : GDS ayant déclaré ou non avoir connu au moins un cas de besnoitiose bovine parmi ceux ayant déclaré avoir mis en place ou non un plan de surveillance**

Plan de surveillance	Cas déclarés		Total
	Oui	Non	
Oui	34	9	43
Non	10	5	15
<b>Total</b>	44	14	58

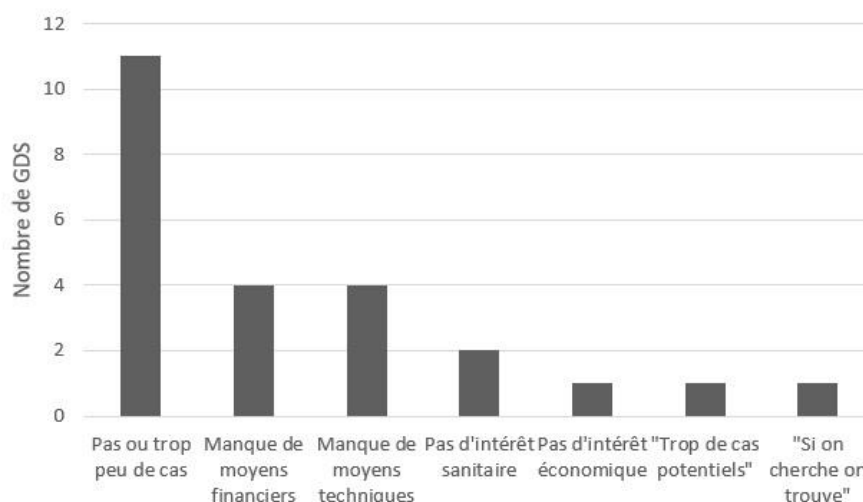
Par ailleurs, les GDS ayant déclaré avoir mis en place au moins une mesure de surveillance représentaient 65 % (20/31) des GDS situés dans le Nord et 85 % (23/27) des GDS situés dans le Sud (Tableau 7). Ces résultats ne sont pas significativement différents ( $p = 0,131$ ). Il n'existait donc pas d'association statistique entre la mise en place de mesures de surveillance et la localisation géographique des GDS répondants.

**Tableau 7 : GDS ayant déclaré avoir mis en place ou non un plan de surveillance en fonction de leur localisation géographique**

Plan de surveillance	Localisation		Total
	Nord	Sud	
Oui	20	23	43
Non	11	4	15
<b>Total</b>	31	27	58

Pourtant, parmi les 15 GDS n'ayant pas déclaré mettre en place de mesures de surveillance contre la besnoitiose bovine, 11 ont déclaré ne pas le faire car la maladie n'est pas ou trop peu présente, quatre par manque de moyens techniques, quatre par manque de moyens financiers, deux par manque d'intérêt sanitaire et un par manque d'intérêt économique. L'un de ces GDS a expliqué ne pas lutter contre la maladie car il y a "trop de cas potentiels" dans son département. Un autre a expliqué ne pas lutter contre la besnoitiose bovine car "si on cherche on trouve et on va être bloqué à l'export". La Figure 21 présente ces résultats.

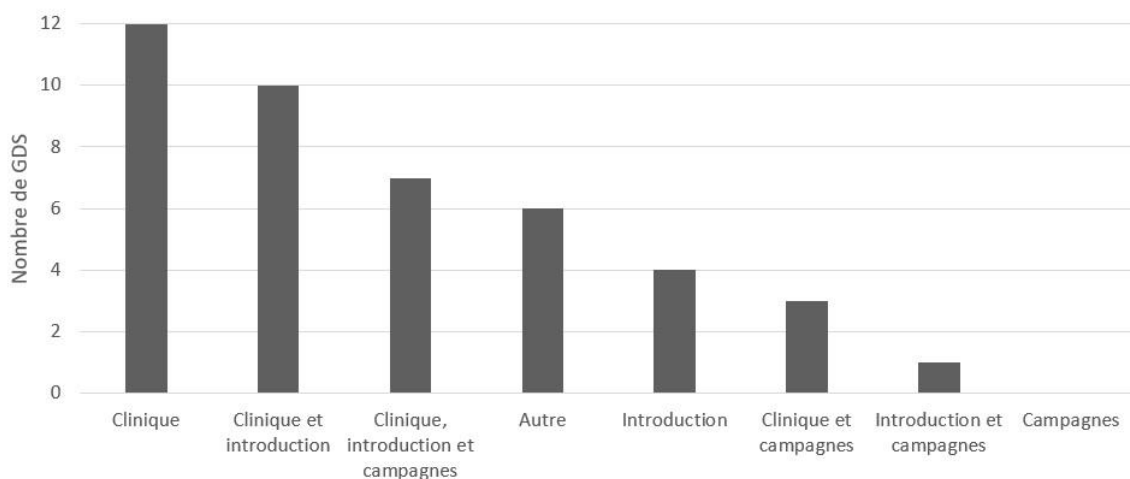
**Figure 21 : Raisons données par les GDS répondants pour la non mise en place de mesures de surveillance de la besnoitiose bovine et nombre de citation de chacune**





Parmi les 43 GDS ayant déclaré mettre en place une ou plusieurs mesure(s) de surveillance contre la besnoitiose bovine, 32 (74 %) ont déclaré réaliser une surveillance événementielle par détection des suspicions cliniques, 22 (51 %) une surveillance programmée par réalisation de dépistage à l'introduction, et 11 (26 %) une surveillance par des campagnes programmées de dépistage. Parmi l'ensemble de ces réponses, 28 % (n = 12) ont répondu réaliser une surveillance événementielle clinique seule, 23 % (n = 10) ont déclaré combiner surveillance clinique et dépistage à l'introduction, 16 % (n = 7) ont déclaré combiner la surveillance clinique, les dépistages à l'introduction et la réalisation de campagnes de dépistage, 14 % (n = 6) ont déclaré mettre en œuvre d'autres mesures de dépistage, 9 % (n = 4) des dépistages à l'introduction seuls, 7 % (n = 3) ont déclaré associer la surveillance clinique à des campagnes de dépistage et un répondant (2 %) a déclaré utiliser en combinaison la surveillance clinique et la réalisation de campagnes de dépistage. Aucun répondant n'a déclaré réaliser des campagnes de dépistage seules. Ces résultats sont présentés dans la Figure 22.

**Figure 22 : Méthodes de surveillance de la besnoitiose bovine et leurs combinaisons utilisées par les GDS répondants**



*Clinique : surveillance événementielle des suspicions cliniques*

*Introduction : surveillance programmée à l'introduction d'un animal dans un élevage*

*Campagnes : campagnes de surveillance programmée sur tout ou partie du cheptel*

La surveillance événementielle est donc une mesure assez largement répandue parmi les GDS réalisant une surveillance de la maladie, et le dépistage à l'introduction semble également être une pratique majoritaire. La réalisation de campagnes de dépistage est moins rapportée. D'autres modalités ont également été signalées par certains GDS répondants, telles que la réalisation d'un dépistage aléatoire chez les éleveurs achetant dans des zones dites "à risque" (sans plus de précision) pour un GDS, en complément des trois autres mesures présentées ci-dessus et pour un autre GDS comme seule mesure de surveillance. La réalisation d'un dépistage en anneau autour des foyers a également été décrite par un GDS. Enfin, un GDS dont les troupeaux pratiquent l'alpage a décrit la réalisation d'un dépistage dans les alpages volontaires, c'est-à-dire à l'échelle de plusieurs cheptels rassemblés et non plus d'un seul troupeau.

### 3.3.1 Surveillance événementielle des suspicions cliniques

Parmi les 32 GDS ayant déclaré surveiller la besnoitiose bovine par la détection des suspicions cliniques, 31 % (n = 10) ont déclaré avoir débuté cette modalité de surveillance avant la survenue du premier cas de besnoitiose bovine, dont six ont déclaré ne jamais avoir eu de cas de besnoitiose bovine dans leur zone. Pour 38 % (n = 12) des GDS déclarant surveiller la

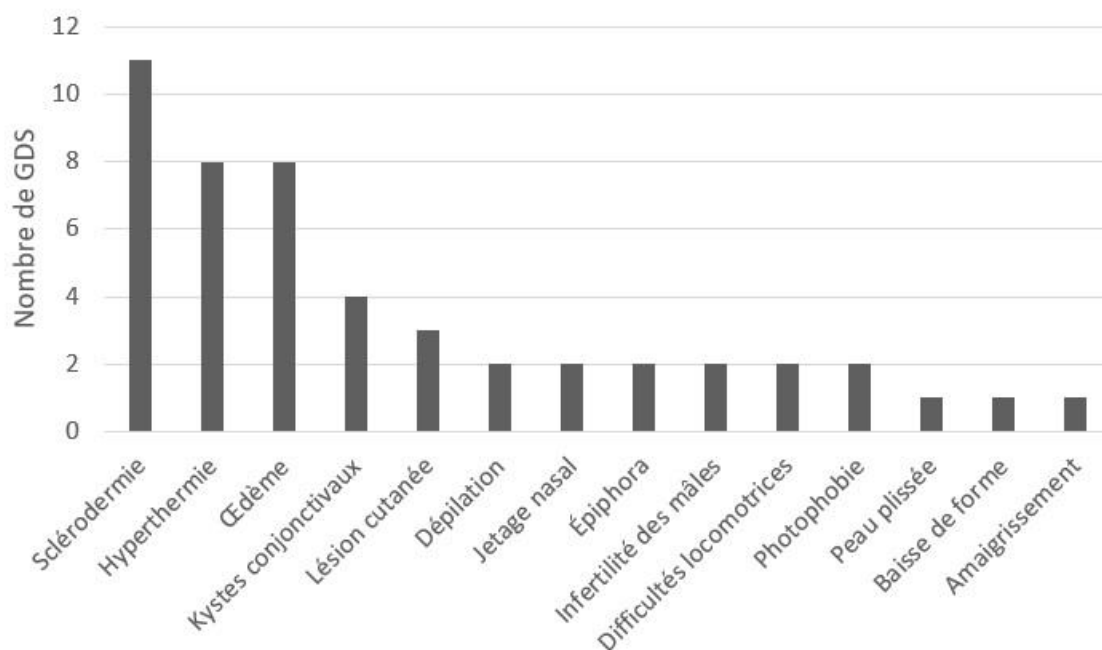
besnoitiose bovine par la détection des suspicions cliniques, la mise en place de cette mesure a eu lieu la même année que la détection du premier cas de besnoitiose bovine. Enfin, 13 % (n = 4) d'entre eux ont mis en place cette mesure entre un et cinq ans après la déclaration du premier cas, 6 % (n = 2) plus de 10 ans après la survenue du premier cas (cet intervalle de temps n'a pas pu être obtenu dans 13 % (n = 4) des réponses). Il ressort ainsi de ces résultats que le groupe des GDS déclarant avoir mis en place une surveillance événementielle par détection des suspicions cliniques la même année que la connaissance du premier cas de besnoitiose bovine est prépondérant. Ces résultats sont présentés sur la Figure 25, page -62-, aux côtés de ceux concernant les autres mesures de surveillance étudiées.

Parmi les 32 GDS ayant déclaré surveiller la besnoitiose bovine par la détection des suspicions cliniques, 28 ont fourni au moins un critère clinique sur le ou lesquels ils fondent leurs suspicions. Ces critères varient toutefois d'un GDS à l'autre. Les plus cités étaient la sclérodermie (n = 11), l'hyperthermie (n = 8), souvent qualifiée de forte, et la présence d'œdème (n = 8). Les kystes conjonctivaux ont également été cités plusieurs fois, mais dans une moindre mesure (n = 4), ainsi que la présence de lésions cutanées (n = 3), sans précision de leur nature. D'autres signes cliniques ont été cités, mais encore moins fréquemment, à savoir la dépilation, l'épiphora, le jetage nasal, la photophobie, l'infertilité chez les mâles, la difficulté à se déplacer, les plissements de la peau, la baisse de forme et l'amaigrissement. La Figure 23 présente la répartition de l'ensemble des critères cliniques utilisés par les GDS pour la suspicion de besnoitiose bovine, par fréquence de citation.

Ces signes cliniques ont rarement été cités de manière isolée, c'est davantage l'association de plusieurs signes qui alerte les GDS. Beaucoup d'associations différentes de signes cliniques ont été citées par les GDS ayant répondu à l'enquête comme élément de suspicion clinique de besnoitiose bovine. En outre, pour un GDS, les éléments cliniques en faveur d'un cas de besnoitiose bovine doivent être étudiés à la lumière d'éléments épidémiologiques, tels que la présence d'autres bovins atteints dans l'élevage ou l'alpage. Un GDS a fait remarquer que la suspicion clinique est souvent tardive car le vétérinaire pense d'abord à d'autres maladies du diagnostic différentiel de la besnoitiose bovine : le répondant cite notamment la photosensibilisation, l'ehrlichiose et la FCO.

Enfin, parmi les GDS ayant déclaré surveiller la besnoitiose bovine par la détection des suspicions cliniques, trois n'ont pas indiqué les signes cliniques sur lesquels ils fonderaient ces suspicions et ont déclaré se fier à l'avis du vétérinaire, et un n'a fourni aucune réponse.

**Figure 23 : Répartition des critères cliniques utilisés par certains GDS pour la suspicion clinique de besnoitiose bovine dans le cadre de sa surveillance événementielle**  
(plusieurs réponses possibles par répondant)



---

### 3.3.2 Surveillance programmée par dépistage à l'introduction

---

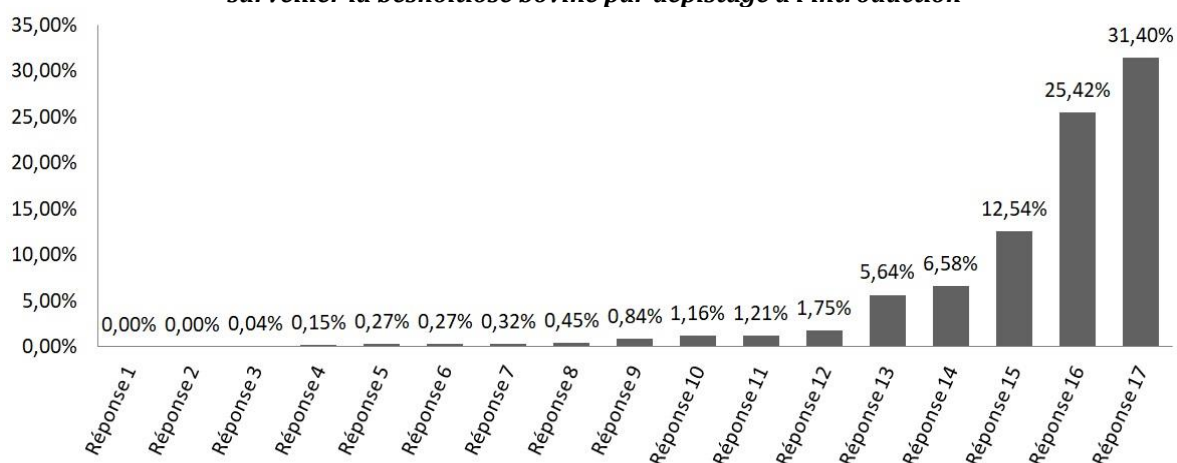
Parmi les 22 GDS ayant déclaré réaliser une surveillance programmée de la besnoitiose bovine par la réalisation d'un dépistage à l'introduction des bovins dans un élevage, 20 ont indiqué la date de mise en place de cette modalité de surveillance. Parmi ces GDS, quatre ont déclaré avoir commencé le dépistage à l'introduction avant d'avoir eu connaissance de cas de besnoitiose bovine, cinq la même année, dix entre un et cinq ans après avoir eu connaissance du premier cas de besnoitiose bovine et un GDS a déclaré avoir débuté le dépistage à l'introduction dix ans après le premier cas de besnoitiose bovine. Ces résultats sont présentés sur la Figure 25, page -62-, aux côtés de ceux concernant les autres mesures de surveillance étudiées.

Les élevages visés par le dépistage à l'introduction sont les élevages volontaires pour 15 GDS, l'ensemble des élevages adhérents pour trois GDS et les élevages infestés pour deux GDS qui ont déclaré proposer également le dépistage à l'introduction pour les élevages volontaires. Un GDS a répondu avoir réalisé un dépistage à l'introduction en 2011 et plus rien depuis, et un GDS a expliqué réaliser des sondages aléatoires sur des animaux provenant de régions atteintes dans les élevages achetant dans ces régions, sans précision des régions d'origine ciblées.

Au sein des élevages concernés par le dépistage à l'introduction, dix GDS ont répondu recommander de tester l'ensemble des animaux introduits, sept GDS seulement les animaux à risques, un GDS seulement les animaux de plus de six mois et un GDS seulement les animaux destinés à la reproduction. Parmi les GDS ayant déclaré réaliser des dépistages sur certains animaux considérés à risque, quatre GDS ont déclaré dépister les animaux provenant de départements ayant des cas connus, un GDS a déclaré dépisté les animaux provenant d'élevages infestés au sein du département ou tout autre animal venant d'un autre département, et un GDS a déclaré dépister les animaux jugés à risque à l'appréciation du vétérinaire ou de l'éleveur.

Pour l'année 2017, le pourcentage d'animaux introduits et ayant fait l'objet d'un dépistage pour la besnoitiose bovine a pu être déterminé pour 17 GDS parmi les 22 ayant déclaré réaliser des dépistages à l'introduction. Cette valeur a été calculée en divisant le nombre d'animaux que le GDS a déclaré avoir dépisté en 2017 par le nombre d'animaux qu'il a déclaré avoir été introduits en 2017. Les valeurs s'échelonnaient entre 0 et 31,4 % (Figure 24). Parmi les 17 GDS dont le pourcentage d'animaux introduits et dépistés a pu être déterminé, 12 ont dépisté moins de 2 % des animaux introduits, trois ont dépisté entre 5 et 15 % des animaux introduits, et 2 ont dépisté plus de 25 % des animaux introduits. Le GDS ayant déclaré avoir dépisté 31,4 % des animaux introduits a déclaré dépister au sein de l'ensemble des élevages les animaux introduits à partir de zones où des cas ont été déclarés. La Figure 24 présente la proportion d'animaux dépistés à l'introduction en 2017 par les GDS ayant déclaré surveiller la besnoitiose bovine par la réalisation d'un dépistage à l'introduction.

**Figure 24 : Proportion d'animaux dépistés à l'introduction en 2017 par les GDS ayant déclaré surveiller la besnoitiose bovine par dépistage à l'introduction**



### 3.3.3 Surveillance programmée par campagnes de dépistage

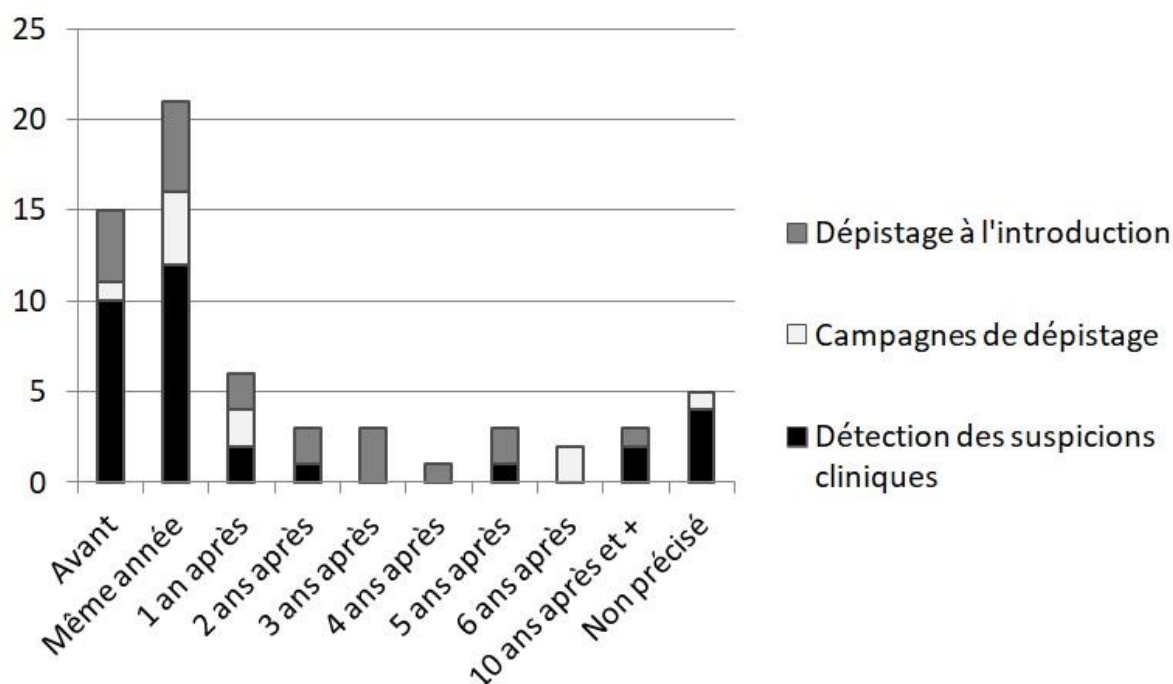
Parmi les onze GDS ayant déclaré réaliser une surveillance programmée de la besnoitiose bovine par campagnes de dépistage, dix ont fourni une date de début de ces campagnes. Parmi ces GDS, un a déclaré avoir commencé les campagnes de dépistage avant d'avoir eu connaissance de cas de besnoitiose bovine, quatre la même année, deux ont débuté les campagnes de dépistage un an après la découverte du premier cas de besnoitiose bovine et deux six ans après. Pour un GDS, la durée écoulée entre la connaissance du premier cas de besnoitiose bovine et la mise en place de campagnes de dépistage n'était pas déterminée. Dans le cas de la surveillance programmée par campagnes de dépistage, comme dans celui de la surveillance événementielle des suspicions cliniques, le groupe prépondérant est celui des GDS ayant déclaré avoir mis en place la surveillance la même année que la connaissance du premier cas. La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présente la répartition des intervalles de temps écoulés entre la connaissance du premier cas de besnoitiose bovine par les GDS et la mise en place des différentes mesures de surveillances étudiées.

Les élevages visés par les campagnes de dépistage sont les élevages infestés pour six GDS, les élevages considérés à risque pour cinq GDS, les élevages volontaires pour deux GDS et l'ensemble des élevages adhérents pour un GDS. Pour les GDS concernés, les élevages à risques regroupent des élevages voisins d'élevages infestés ou ayant un lien épidémiologique avec un élevage infesté, ainsi que les élevages achetant des bovins dans une zone considérée à risque, sans précision de la zone.

Au sein des élevages concernés par les campagnes de dépistage, cinq GDS ont déclaré dépister l'ensemble des animaux, quatre uniquement des animaux considérés à risque (à savoir qui montent en alpage, issus de départements ayant des cas connus ou sur préconisation du vétérinaire), quatre ont déclaré ne réaliser des prélèvements que sur une certaine classe d'âge (à savoir les plus de six mois, les plus de deux ans ou encore une classe d'âge non précisée dans le cas d'un GDS), et enfin, un GDS a déclaré réaliser des dépistages en ciblant les animaux sur lesquels un prélèvement est déjà prévu dans le cadre des campagnes officielles de prophylaxie. Le Tableau 8 fournit une synthèse des catégories d'élevages et d'animaux que les GDS répondants ont déclaré dépister lors des campagnes régulières.

**Figure 25 : Durée écoulée entre la connaissance du premier cas de besnoitiose bovine dans la zone et la mise en place des mesures de surveillance étudiées par les GDS répondants**

Les résultats sont exprimés en nombre de GDS ayant déclaré mettre en place chacune des différentes mesures de surveillance aux différents intervalles de temps indiqués, par rapport à la détection du premier cas de besnoitiose bovine (plusieurs mesures possibles par répondant)



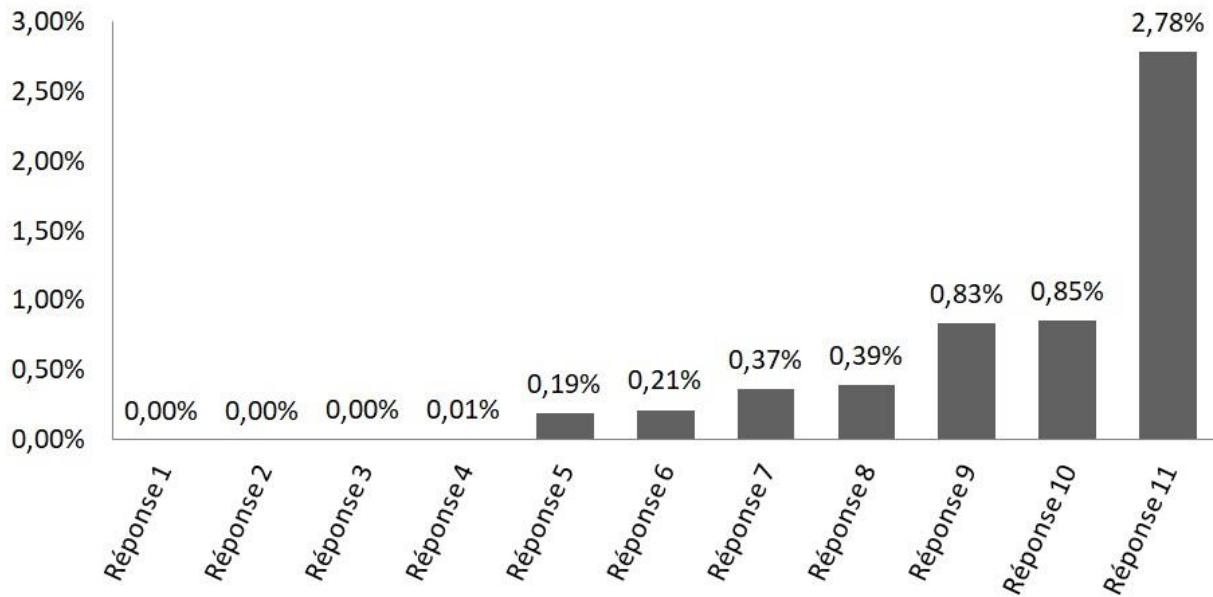
**Tableau 8 : Catégories d'élevages et d'animaux concernés par le dépistage lors des campagnes de surveillance programmées mises en œuvre par les GDS répondants**  
(Plusieurs réponses possibles par répondant)

Animaux dépistés	Élevages concernés			Volontaires	Total
	À risque	Infestés	Tous		
À risque	1	2	0	1	4
Classe d'âge	2	1	1	0	4
Prévus par la prophylaxie	0	0	0	1	1
Tous	2	3	0	0	5
<b>Total</b>	5	6	1	2	14

Lorsque la fréquence des campagnes de dépistage a été fournie, elle était annuelle pour cinq GDS, annuelle ou semestrielle sans précision des critères de choix pour un GDS. Certains GDS réalisaient les dépistages à la demande de l'éleveur, qui déterminait alors la fréquence souhaitée. C'était le cas pour un GDS qui réalisait des campagnes de dépistage dans les élevages volontaires et un GDS qui réalisait des campagnes dans les élevages infestés et qui laissait le choix aux éleveurs de réaliser des dépistages annuellement ou plus fréquemment s'ils souhaitaient suivre l'évolution du statut sérologique de leurs troupeaux.

Pour l'année 2017, le pourcentage d'animaux ayant fait l'objet d'un dépistage de la besnoitiose bovine lors des campagnes variait de 0 à 2,8 % en fonction des GDS (Figure 26). Dix GDS sur les onze ayant déclaré avoir mis en place des campagnes de dépistage ont déclaré avoir dépisté moins de 1 % des bovins. Le GDS ayant déclaré avoir dépisté 2,8 % des bovins est le GDS ayant déclaré réaliser des campagnes de dépistage dans tous les cheptels, sur certaines catégories d'âge d'animaux, sans précision de la ou des catégorie(s) dépistée(s).

**Figure 26 : Proportion d'animaux dépistés lors de la campagne 2017 par les GDS ayant déclaré surveiller la besnoitiose bovine par des campagnes programmées de surveillance**



Parmi les GDS ayant répondu surveiller la besnoitiose bovine, la réalisation d'une surveillance événementielle des suspicions cliniques et de dépistages programmés à l'introduction constituaient les pratiques majoritaires. La mise en place de campagnes de dépistage était moins fréquente et une majorité des répondants a déclaré ne pas avoir adopté cette pratique. Les modalités de mise en place de la surveillance de la besnoitiose bovine par les GDS, et en particulier de son dépistage, variaient parfois fortement d'un GDS répondant à l'autre et il est ainsi difficile de dégager de réelles tendances de surveillance parmi les répondants.

### 3.4 Outils de dépistage et de diagnostic

Parmi les 58 GDS répondants, 35 ont indiqué avoir déterminé des critères ou des combinaisons de critères permettant de confirmer un cas de besnoitiose bovine. Parmi eux, 20 (57 %) ont déclaré confirmer un cas de besnoitiose bovine sur la base d'un critère unique, 13 (37 %) ont déclaré utiliser la combinaison de plusieurs critères, et deux (6 %) ont déclaré utiliser un critère ou une combinaison de critères en fonction des situations. En comptabilisant les deux GDS ayant déclaré pouvoir utiliser un ou plusieurs critères avec ceux n'utilisant que des critères uniques, 22 GDS ont déclaré utiliser un critère unique pour confirmer un cas de besnoitiose bovine. Selon le même raisonnement, 15 GDS ont déclaré utiliser une combinaison de critères.

Parmi les 22 GDS ayant déclaré confirmer un cas de besnoitiose bovine sur la base d'un critère unique, 100 % (22/22) ont déclaré pouvoir se fonder sur un résultat sérologique seul pour confirmer un cas de besnoitiose bovine. Parmi eux, dix ont déclaré utiliser le résultat d'un ELISA seul pour confirmer un cas, sept ont déclaré utiliser le résultat d'un WB seul et dix ont déclaré utiliser la combinaison d'un ELISA et d'un WB. Quatre GDS ont déclaré utiliser soit l'ELISA, soit le WB et un GDS a déclaré utiliser soit l'ELISA soit une combinaison entre ELISA et WB. Dans les cinq cas, aucune précision n'a été fournie pour expliquer dans quel cas une technique ou l'autre était choisie et pourquoi.

D'autres GDS, représentant 27 % (6/22), ont déclaré se fonder sur un résultat d'analyse par PCR seul pour confirmer un cas de besnoitiose bovine.

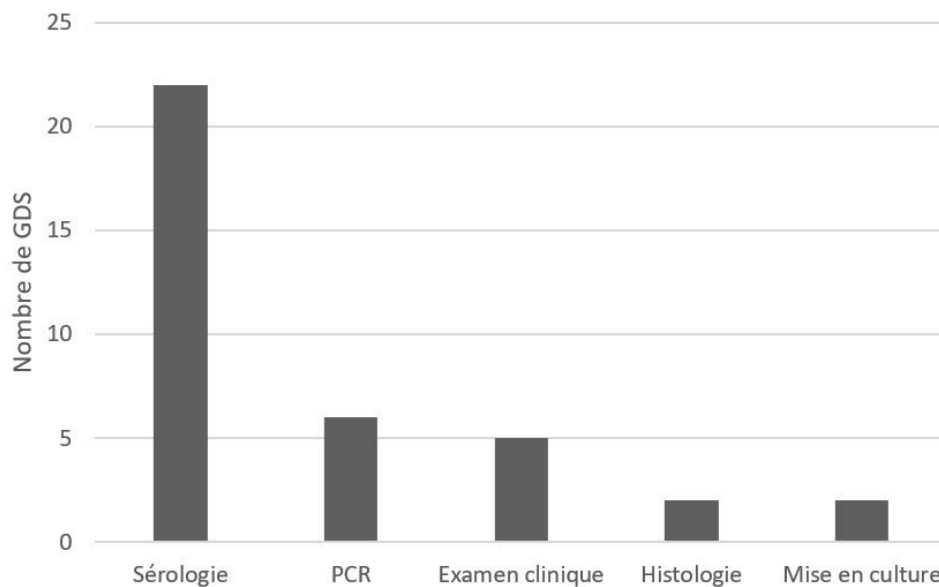
L'examen clinique seul a été cité par 23 % (5/22) des répondants comme critère de confirmation. Parmi eux, seuls deux GDS ont indiqué un critère clinique sur la base duquel ils considéraient comme confirmé un cas de besnoitiose bovine. Dans les deux cas, les GDS utilisent comme seul critère clinique de confirmation la présence de kystes dans les conjonctives sclérales.

Par ailleurs 9 % (2/22) des répondants ont déclaré se fonder sur un résultat d'analyse histologique seul pour confirmer un cas de besnoitiose bovine.

Enfin, la mise en culture du parasite seule a été citée par 9 % (2/22) des répondants comme critère de confirmation.

La Figure 27 résume les différents critères uniques utilisés par les GDS répondants et leur fréquence d'utilisation.

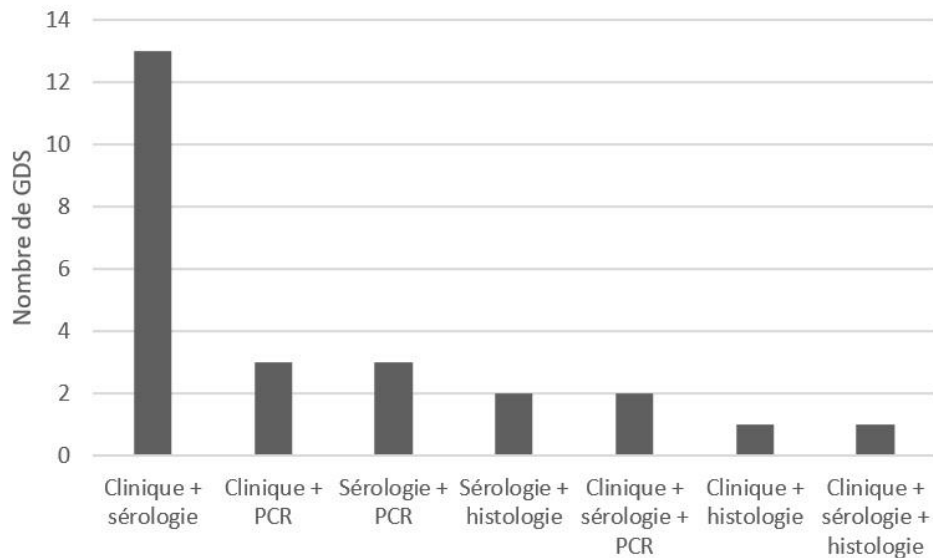
**Figure 27 : Critères uniques utilisés par les GDS répondants pour confirmer un cas de besnoitiose bovine et fréquence de citation**  
(Plusieurs réponses possibles par répondant)



Parmi les 15 GDS ayant déclaré confirmer un cas de besnoitiose bovine sur la base d'une combinaison de plusieurs critères, 87 % (13/15) ont déclaré utiliser la combinaison de la clinique et de la sérologie, 20 % (3/15) ont déclaré se fonder sur la combinaison de la clinique et de la PCR, 20 % (3/15) ont déclaré utiliser la combinaison de la sérologie et de la PCR, 13 % (2/15) ont déclaré se fonder sur la combinaison de la sérologie et de l'histologie, 13 % (2/15) ont déclaré utiliser la combinaison de la clinique, la sérologie et la PCR, 7 % (1/15) ont déclaré se fonder sur la combinaison de la clinique et de l'histologie et 7 % (1/15) ont déclaré utiliser la combinaison de la clinique, la sérologie et l'histologie (Figure 28). Dix ont déclaré n'utiliser qu'une seule combinaison de critères, majoritairement la clinique et la sérologie (9/10) et dans un cas la sérologie et la PCR. Les cinq autres GDS utilisent entre deux et cinq types de combinaisons de critères différentes selon les situations.

**Figure 28 : Combinaisons de critères utilisées par les GDS répondants pour confirmer un cas de besnoitiose bovine**

(Plusieurs réponses possibles par répondant)



Toutes combinaisons confondues, 100 % (15/15) des GDS ayant déclaré confirmer un cas de besnoitiose bovine sur la base d'une combinaison de plusieurs critères utilisaient la sérologie dans une ou plusieurs combinaisons de critères de confirmation. Parmi eux, neuf ont déclaré utiliser le résultat d'un ELISA seul, six ont déclaré utiliser le résultat d'un WB seul, sept ont déclaré utiliser la combinaison des résultats d'un ELISA et d'un WB, enfin un répondant a déclaré utiliser la combinaison des résultats d'une IFI, d'un ELISA et d'un WB. Cinq GDS ont déclaré utiliser soit l'ELISA, soit le WB et un GDS a déclaré utiliser soit l'ELISA soit une combinaison entre ELISA et WB. Dans les six cas, aucune précision n'a été fournie pour expliquer dans quel cas une technique ou l'autre était choisie.

Toutes combinaisons confondues, 93 % (14/15) des répondants ont déclaré utiliser le résultat d'un examen clinique comme outil de confirmation de la besnoitiose bovine. Parmi eux, 12 ont indiqué les critères cliniques dont ils se servaient pour confirmer un cas de besnoitiose bovine : kystes dans les conjonctives sclérales (n = 7), sclérodémie (n = 3), phase d'hyperthermie (n = 2) et kystes dans les muqueuses vulvaires (n = 1). D'autres signes cliniques ont été cités, chaque fois par un unique répondant, tels que la présence d'œdèmes, d'hématomes, un amaigrissement ou le développement de photophobie.

Que ce soit comme critère unique ou combinée à d'autres, la sérologie est un outil utilisé par l'ensemble des GDS répondants pour la confirmation d'un cas de besnoitiose bovine. Lorsqu'elle est combinée à d'autres critères, elle est très majoritairement associée à un examen clinique. La technique la plus utilisée en sérologie est l'ELISA, suivie par le WB puis par l'association des deux. Cliniquement, le signe clinique le plus utilisé pour confirmer un cas de besnoitiose est la présence de kystes dans les muqueuses oculaires. Les méthodes de confirmation mises en place par les GDS variaient de manière importante d'un répondant à l'autre.

### 3.5 Devenir des animaux atteints de besnoitiose bovine

Il est possible de distinguer quatre devenir principaux des animaux confirmés comme atteints de besnoitiose, conseillés aux éleveurs par les GDS répondants : l'envoi à l'abattoir, l'euthanasie en élevage, l'isolement du reste du troupeau et le traitement. Parmi les 58 GDS ayant



répondu, 36 ont fourni des informations quant à l'issue d'un bovin confirmé atteint de besnoitiose bovine (Figure 29).

L'isolement de l'animal atteint de besnoitiose bovine est une mesure prise par 67 % (24/36) des répondants. Dans un cas seulement l'isolement a été cité comme unique mesure prise vis-à-vis d'un animal atteint. Les 23 autres répondants ont déclaré utiliser l'isolement des animaux infestés soit comme une mesure préalable à leur élimination, soit comme une mesure conjointe au traitement.

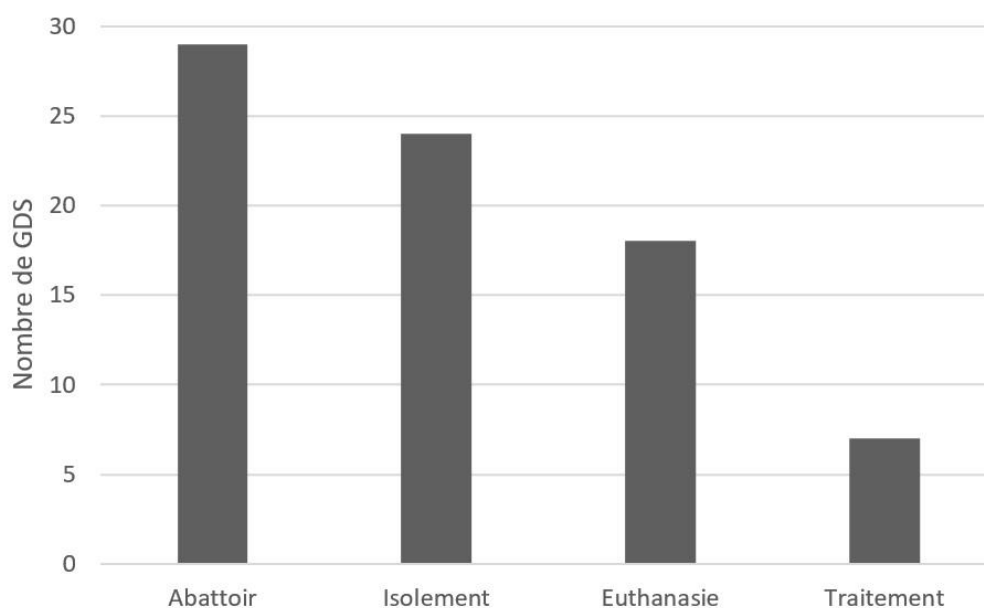
L'envoi à l'abattoir est une issue possible d'un bovin infesté pour 81 % (29/36) des répondants. Neuf d'entre eux ont indiqué conseiller d'isoler l'animal atteint avant son élimination par abattage, mais 19 répondants ont déclaré pratiquer l'isolement et l'envoi à l'abattoir des animaux infestés, sans toujours préciser si un animal abattu était isolé en attendant son départ du cheptel ou non. Le délai d'élimination, lorsqu'il était renseigné, pouvait varier de deux à douze mois. Le choix du ou des bovins à éliminer dépendait également souvent du taux de prévalence dans le troupeau. Lorsqu'il était précisé, le taux de prévalence seuil utilisé était de 10 % (n = 2). Ainsi, si la prévalence d'infestation dans le troupeau est en deçà de ce seuil, alors les GDS répondants ont déclaré conseiller d'éliminer tous les bovins atteints, tandis que si le taux est au-delà de ce seuil, alors les GDS répondants ont déclaré conseiller d'éliminer les bovins par abattage sélectif. Là encore, les modalités variaient mais les répondants ont principalement déclaré éliminer en priorité les animaux cliniquement atteints. Certains GDS ont également déclaré mettre en place des plannings précis d'élimination en concertation avec l'éleveur. Deux GDS répondants ont souligné le fait que ces mesures n'étaient appliquées que si l'élimination était économiquement viable pour les éleveurs.

Parmi les GDS répondants ayant fourni des informations quant au devenir d'un bovin confirmé atteint de besnoitiose bovine, 50 % (18/36) ont déclaré que l'euthanasie était une possibilité. D'après ces GDS, l'euthanasie n'est jamais pratiquée comme seule mesure d'élimination, elle semble intervenir lorsque l'état général de l'animal est trop fortement dégradé, comme alternative au traitement ou à l'abattage pour un animal qui ne supporterait pas l'une ou l'autre de ces deux options. Comme pour l'abattage, le choix des bovins à euthanasier dans un troupeau dépend de critères cliniques, épidémiologiques et économiques.

Ainsi, abattage et euthanasie confondus, 69 % (25/36) des GDS répondants ont déclaré l'élimination du bovin comme unique issue, après une période d'isolement ou non. Un répondant a indiqué avoir mis en place une aide à la réforme accélérée si le bovin était éliminé dans les 30 jours par l'éleveur.

Des alternatives à l'abattage des bovins infestés ont également été proposées par certains GDS. En particulier, 19 % (7/36) des répondants ont déclaré préconiser des traitements, ou avoir connaissance de traitements utilisés par les vétérinaires. Parmi eux, cinq ont indiqué que la besnoitiose bovine était traitée par sulfamidothérapie, adjointe d'ivermectine à dix fois la dose habituelle pour un répondant appartenant au foyer historique. Deux répondants ont déclaré que la besnoitiose bovine était traitée à l'aide d'une thérapie symptomatique, dont un en complément des sulfamides et un en tant que traitement unique.

**Figure 29 : Devenirs possibles des animaux infestés par la besnoitiose bovine**  
(Plusieurs réponses possibles par répondant)



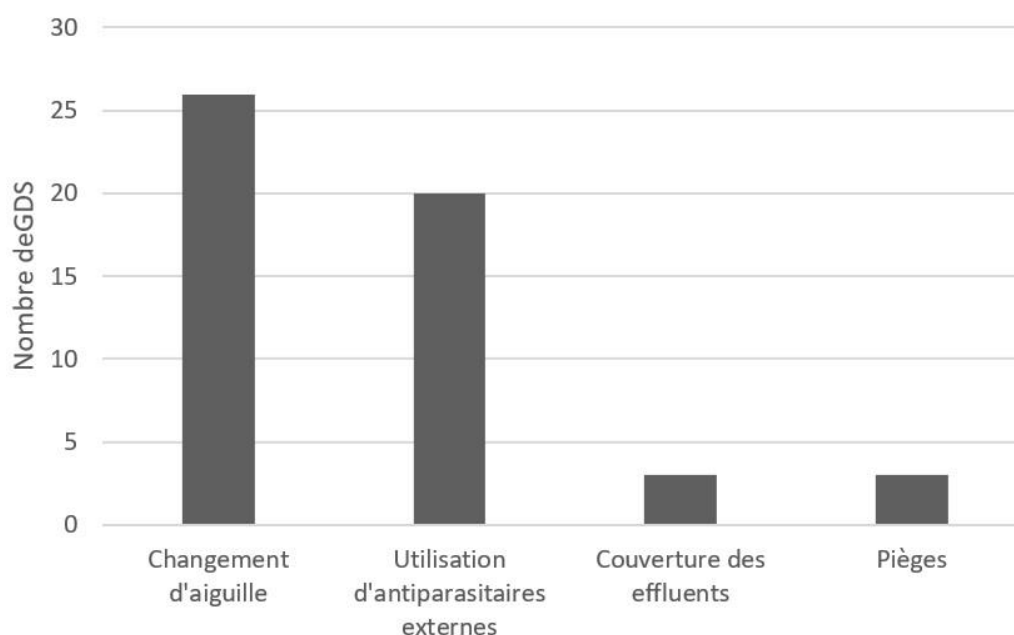
Dans la majorité des cas où le devenir des animaux infestés est connu, les GDS répondants ont déclaré conseiller aux éleveurs que les bovins atteints soient éliminés des troupeaux, soit par abattage soit par euthanasie. Le plus souvent, les bovins sont isolés avant leur élimination. Certains répondants ont également déclaré préconiser le traitement des animaux atteints. Souvent, le devenir d'un animal infesté peut varier d'un animal à l'autre dans une zone couverte par un même GDS, dépendant en particulier de la prévalence de la maladie dans le troupeau. Les critères de choix pour un devenir ou un autre étaient variables d'un répondant à l'autre.

### 3.6 Mesures de lutte anti-vectorielle conseillées par les GDS répondants

Nous avons vu en première partie de ce manuscrit que la lutte anti-vectorielle était la seule mesure possible pour prévenir la transmission du parasite d'un bovin à l'autre. Il était donc intéressant d'investiguer sur les préconisations faites par les GDS répondants à propos de cette modalité de lutte.

Parmi les 58 GDS répondants, 52 % (30/58) ont déclaré recommander des mesures de lutte contre les vecteurs de la besnoitiose bovine. Parmi eux, 87 % (n = 26) ont déclaré préconiser de changer d'aiguilles entre deux animaux, 67 % (n = 20) l'utilisation d'antiparasitaires externes (APE), 10 % (n = 3) la couverture des tas de fumier et des fosses à lisier, ainsi que 10 % (n = 3) l'utilisation de pièges à insectes (Figure 30). Un GDS répondant a déclaré fournir des recommandations concernant la lutte biologique sans précision. Les GDS ayant déclaré avoir eu connaissance d'au moins un cas de besnoitiose bovine représentaient 90 % (27/30) des GDS ayant déclaré conseiller la mise en place de mesures de lutte anti-vectorielle et 61 % (17/28) des GDS ayant déclaré ne pas conseiller d'usage de mesures de lutte anti-vectorielle (Tableau 9). Ces résultats sont significativement différents ( $p = 0,014$ ), ce qui indique une association statistique entre le fait d'avoir connu au moins un cas de besnoitiose bovine et le fait de conseiller la mise en place de mesures de lutte anti-vectorielle, au risque d'erreur de 5 %.

**Figure 30 : Mesures de lutte anti-vectorielle conseillées par les GDS répondants**  
(Plusieurs réponses possibles par répondant)



**Tableau 9 : GDS ayant déclaré avoir eu connaissance ou non d'au moins un cas de besnoitiose bovine parmi les GDS ayant déclaré préconiser ou non des mesures de lutte anti-vectorielle**

Lutte anti-vectorielle	Cas déclarés		Total
	Oui	Non	
Oui	27	3	30
Non	17	11	28
<b>Total</b>	44	14	58

Toutes mesures de lutte confondues, 25 GDS répondants ont fourni des informations concernant les élevages ciblés par les préconisations de lutte anti-vectorielle. Seul un GDS a déclaré que tous les élevages étaient concernés par la lutte anti-vectorielle. Ce GDS a par ailleurs déclaré recommander de changer d'aiguille entre deux animaux et de fournir des recommandations concernant la lutte biologique. Parmi ces 25 répondants, 36 % (9/25) ont déclaré que les élevages volontaires étaient concernés par les mesures de lutte anti-vectorielle, parmi lesquels huit répondants ont déclaré que les élevages volontaires uniquement étaient concernés par ces mesures et un a déclaré que les élevages volontaires et les élevages infestés pouvaient être concernés par de telles mesures. Pour 48 % (12/25) des GDS répondants, les mesures de lutte anti-vectorielle préconisées ne concernaient que les élevages infestés, ainsi que les élevages voisins d'un élevage infesté pour un répondant. Enfin, 2/25 ont déclaré que seuls les élevages considérés à risque, c'est-à-dire voisins d'un élevage infesté ou qui importent des bovins d'une zone où sévit la maladie, étaient concernés par la lutte anti-vectorielle.

Parmi les 28 répondants ayant déclaré ne pas conseiller de mettre en place de lutte anti-vectorielle contre la besnoitiose bovine, 50 % (14/28) ont déclaré que ce choix était lié à l'absence de la maladie dans leur zone, 32 % (9/28) à un manque d'intérêt des éleveurs pour ce type de lutte, 25 % (7/28) à un manque de moyens économiques, et 21 % (6/28) à un manque de moyens techniques. Enfin, deux répondants (7 %) ont déclaré ne pas conseiller de mesures anti-vectorielles à cause d'un manque de preuves de leur efficacité. Enfin, un GDS a déclaré que la besnoitiose bovine étant enzootique dans sa zone, "la lutte contre la maladie n'est pas recherchée, les éleveurs ont besoin d'animaux positifs résistants pour transhumer. S'ils achètent des bovins négatifs (naïfs), ils déclarent la maladie et meurent".

Parmi les 20 répondants ayant déclaré conseiller le recours aux APE, dix ont précisé les familles de molécules utilisées pour le traitement. L'ensemble de ces dix répondants a déclaré utiliser les pyréthriinoïdes de synthèse pour lutter contre les insectes vecteurs. Parmi eux, deux y associaient également les lactones macrocycliques et un associait à ces deux familles des répulsifs non-insecticides. Trois répondants ont fourni des noms déposés de spécialités conseillées par le GDS pour la lutte anti-vectorielle, deux ont déclaré préconiser deux spécialités à base de deltaméthrine et le troisième d'une spécialité à base de cyperméthrine et d'une spécialité à base d'ivermectine. Les dix répondants ayant fourni des informations sur le type de traitement employé dans la lutte anti-vectorielle ont tous déclaré conseiller aux éleveurs d'utiliser des traitements sur les animaux, parmi lesquels un a précisé que le traitement était conseillé pour les animaux infestés en attente de réforme. Un a également déclaré conseiller aux éleveurs le traitement des bâtiments. Un autre répondant n'a pas fourni d'information sur la nature des outils utilisés mais a déclaré conseiller de traiter les bâtiments et d'appliquer un traitement larvicide sur les litières et les tas de fumiers. Cinq répondants n'ont pas fourni d'information sur la nature des traitements anti-vectoriels conseillés et ont déclaré laisser ce choix à l'appréciation du vétérinaire de l'élevage.

Parmi les trois GDS répondants ayant déclaré conseiller l'utilisation de pièges dans le cadre de la lutte contre la besnoitiose bovine, deux ont précisé la nature des pièges conseillés. Les deux ont déclaré recommander l'usage de pièges à colle, et l'un a également déclaré recommander l'usage de pièges coniques en toile.

À peine plus de la moitié des GDS répondants ont déclaré préconiser des mesures de lutte anti-vectorielle dans le cadre de la lutte contre la besnoitiose bovine. Parmi eux, une grande majorité a déclaré recommander de changer d'aiguille entre deux animaux, et une majorité a déclaré conseiller de réaliser des traitements antiparasitaires externes. Parmi les APE utilisés, les pyréthriinoïdes de synthèse sont les plus largement préconisées. Le recours à la couverture des effluents et aux pièges semble anecdotique.

### 3.7 Aides financières apportées aux éleveurs par les GDS répondants

Parmi les 58 GDS répondants, deux n'ont apporté aucune information quant à la mise en place ou non d'aides financières pour accompagner les éleveurs dans la lutte contre la besnoitiose bovine. Parmi les 56 autres répondants, 73 % (41/56) ont déclaré proposer des aides financières pour le dépistage et la lutte contre la besnoitiose bovine. Les GDS ayant déclaré avoir connu au moins un cas de besnoitiose bovine dans leur histoire représentaient 27 % (4/15) des GDS ayant déclaré ne pas mettre en place d'aides financières envers cette maladie et 93 % (38/41) des GDS ayant déclaré mettre en place des aides financières vis-à-vis de la besnoitiose bovine (Tableau 10). Ces résultats sont significativement différents ( $p = 2,57.10^{-6}$ ) : il existait donc une association statistique entre le fait d'avoir connu au moins un cas de besnoitiose bovine et le fait de proposer aux éleveurs des aides financières vis-à-vis de cette maladie, au risque d'erreur de 5 %.

**Tableau 10 : GDS ayant déclaré avoir connu ou non au moins un cas de besnoitiose bovine parmi les GDS ayant déclaré mettre en place ou non des aides financières**

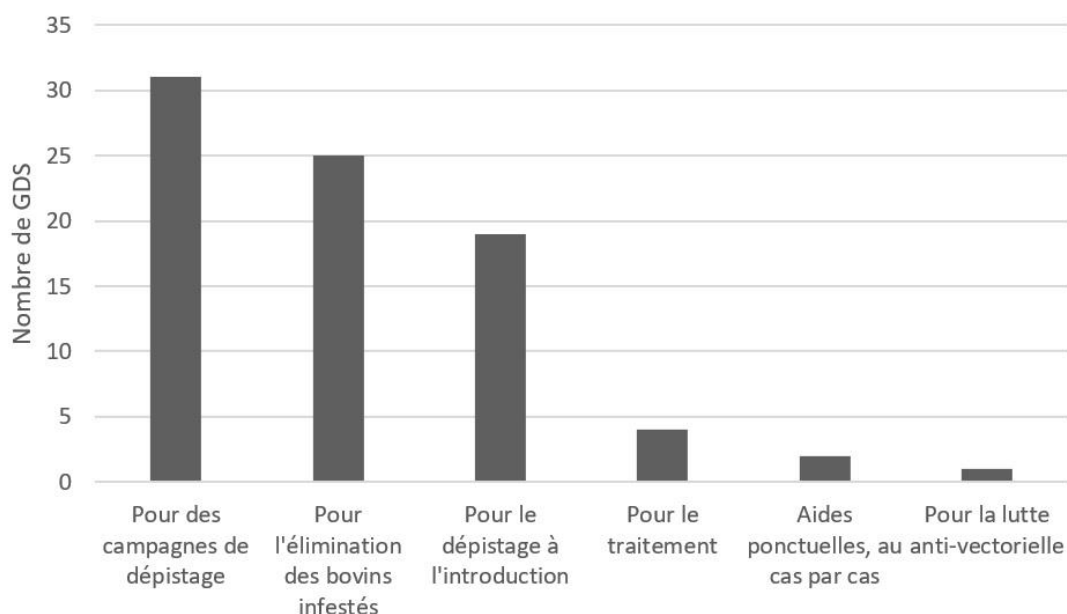
Aides financières	Cas déclarés		Total
	Oui	Non	
Oui	38	3	41
Non	4	11	15
<b>Total</b>	42	14	56

Parmi les 15 GDS ayant déclaré ne pas proposer d'aides financières dans le cadre du dépistage et de la lutte contre la besnoitiose bovine, dix ont déclaré ne pas le faire par absence de cas de

besnoitiose bovine dans leur zone, deux ont déclaré qu'il y avait trop peu de cas de besnoitiose bovine pour mettre en place des aides financières, trois ont déclaré ne pas accorder d'aides financières par absence d'existence d'un plan de lutte organisé par le GDS, dont un en association avec l'absence de cas dans sa zone, et un répondant a déclaré ne pas proposer d'aide financière par manque de moyens financiers.

Parmi les 41 répondants ayant déclaré proposer des aides financières aux éleveurs dans le cadre du dépistage et de la lutte contre la besnoitiose bovine, 76 % (n = 31) ont déclaré fournir une aide financière dans le cadre de la réalisation de campagnes de dépistage, 61 % (n = 25) pour aider les éleveurs dans l'élimination des bovins infestés, 46 % (n = 19) pour la réalisation de dépistages à l'introduction, 10 % (n = 4) pour le traitement des animaux infestés et un répondant pour la réalisation d'une lutte anti-vectorielle. Deux GDS répondants ont également indiqué fournir des aides uniquement au cas par cas, sur le modèle d'une "caisse coup dur". La Figure 31 résume les cibles des aides financières qu'ont déclaré fournir les GDS répondants.

**Figure 31 : Cible des aides financières déclarées par les GDS répondants**  
(Plusieurs réponses possibles par répondant)



Une grande majorité des GDS répondants a déclaré fournir une aide financière aux éleveurs dans le cadre du dépistage et de la lutte contre la besnoitiose bovine. À l'heure actuelle, les aides sont principalement destinées à la réalisation de campagnes de dépistage et à l'aide à l'élimination des bovins infestés.

### 3.8 Communication réalisée par les GDS

Parmi les 58 GDS répondants, 90 % (52/58) ont déclaré réaliser des activités de communication à propos de la besnoitiose bovine. Parmi les six répondants ayant déclaré ne pas communiquer au sujet de cette maladie, deux ont déclaré ne pas le faire pour cause d'absence de cas dans la zone, un car les éleveurs ne montrent que peu ou pas d'intérêt envers cette maladie, un car les éleveurs et les vétérinaires ne montrent que peu ou pas d'intérêt pour la besnoitiose bovine, un a déclaré ne pas savoir pourquoi le GDS ne communique pas sur la besnoitiose bovine et un n'a pas répondu à la demande de précision.

Parmi les 52 GDS ayant déclaré communiquer au sujet de la besnoitiose bovine, 77 % (40/52) ont déclaré communiquer auprès des éleveurs et des vétérinaires, 14 % (7/42) uniquement auprès des éleveurs, 2 % (1/52) uniquement auprès des vétérinaires et 8 % (4/52) n'ont pas précisé la cible de leur communication.

Les moyens de communication utilisés par les GDS répondants pour diffuser des informations au sujet de la besnoitiose sont des plaquettes d'information pour 77 % (n = 40) d'entre eux, des réunions d'information pour 75 % (n = 39), la publication d'articles sur le site internet du GDS pour 48 % (n = 25) et l'envoi de courriers ou de courriels pour 39 % (n = 20). D'autres moyens de communication ont été cités, dont le recours au bulletin annuel d'information des GDS (n = 2), à la presse locale ou agricole (n = 2) et la réalisation d'une journée technique régionale en association avec la Fédération régionale des groupements techniques vétérinaires (FRGTV) et la Fédération régionale des GDS (FRGDS) pour dresser un état des lieux de la maladie et des actions entreprises (n = 1).

Une très large majorité des GDS répondants a déclaré communiquer au sujet de la besnoitiose bovine, en particulier auprès des éleveurs, adhérents au GDS, mais également auprès des vétérinaires. Les voies de communication choisies sont majoritairement la réalisation de plaquettes informatives et la tenue de réunions d'information. Les GDS répondants étaient également nombreux à publier des informations sur leurs sites internet.

### **3.9 Perspectives pour les GDS répondants**

---

Parmi les 58 GDS répondants, 91% (53/58) se sont dits intéressés par l'acquisition d'informations supplémentaires sur la besnoitiose bovine. Au total, 78 % (45/58) des GDS répondants ont déclaré être intéressés par des informations supplémentaires concernant les moyens de lutte contre la besnoitiose bovine, 72 % (42/58) par des informations supplémentaires à propos de la maladie, de sa diffusion et de son extension en France, 66 % (38/58) par des informations supplémentaires sur les modalités diagnostiques, incluant notamment les tests de laboratoires, 59 % (34/58) par des informations supplémentaires sur les modalités de surveillance de la besnoitiose bovine et 45 % (26/58) par des informations supplémentaires sur les éléments cliniques et de suspicion de la maladie (Figure 32). Un GDS a même appelé à l'échange entre les GDS sur les modalités de gestion des cas, tant du point de vue technique que financier et un autre a déclaré souhaiter la réalisation de travaux de recherche sur la maladie, sans plus de précision.

**Figure 32 : Thématique d'intérêt pour lesquelles les GDS répondants aimeraient disposer d'informations supplémentaires**  
(Plusieurs réponses possibles par répondant)

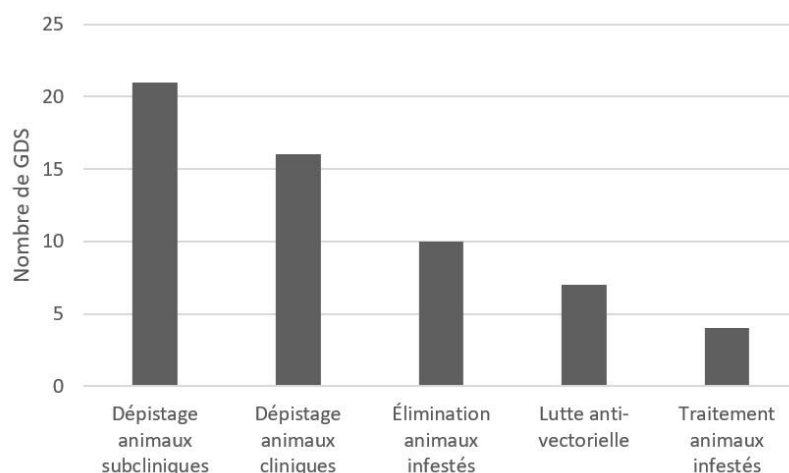


En ce qui concerne les moyens de communication qui pourraient être utilisés dans l'avenir, 86 % (50/58) des GDS répondants ont exposé leurs attentes sur l'utilisation de différents médias pour leur communiquer des informations supplémentaires concernant la besnoitiose bovine. Ainsi, 69 % (40/58) des répondants ont déclaré être intéressés par des plaquettes d'information, 53 % (31/58) par des articles de vulgarisation, 33 % (19/58) par des articles de formation continue publiés dans la presse professionnelle, 31 % (18/58) par la tenue de réunions d'information et 26 % (15/58) par des sessions de formation. Par ailleurs, deux GDS répondants ont déclaré être intéressés par l'utilisation d'internet et en particulier des courriels, et un autre répondant a déclaré souhaiter la mise en place de réunions entre gestionnaires de la maladie afin de confronter les expériences.

À la suite de leur participation à ce questionnaire, 59 % (34/58) des GDS répondants ont déclaré souhaiter mettre en place des mesures de surveillance ou de lutte supplémentaires, et huit n'ont pas répondu à la question. Parmi les 16 GDS ne souhaitant pas mettre en place de mesures de surveillance ou de lutte supplémentaire, les raisons évoquées étaient diverses : absence de cas dans la zone (n = 11), associée pour un répondant à un manque de moyens financiers et pour un autre à la présence d'un plan jugé satisfaisant, ou trop faible nombre de cas (n = 2), plan de lutte satisfaisant déjà mis en place (n = 1), manque de moyens techniques et financiers (n = 1), "*manque de visibilité*" sans plus de précision (n = 1).

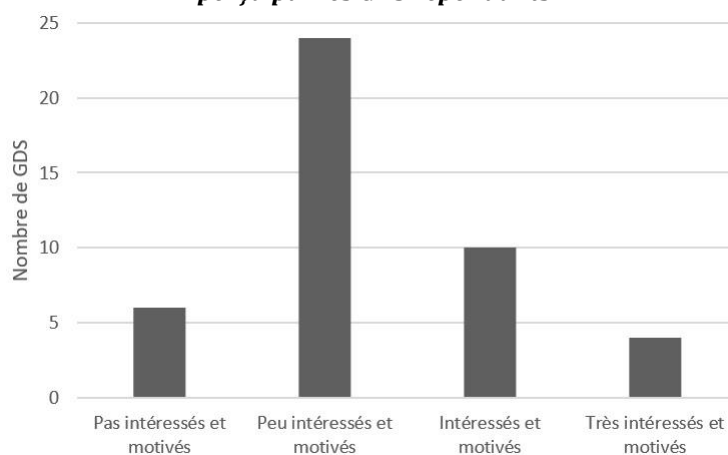
Parmi les 34 GDS ayant déclaré souhaiter mettre en place des mesures de surveillance ou de lutte supplémentaires, 62 % (21/34) ont déclaré souhaiter mieux dépister les animaux subcliniques, 47 % (16/34) mieux dépister les animaux cliniques, 29 % (10/34) améliorer l'élimination des bovins malades, 21 % (7/34) améliorer la lutte anti-vectorielle et 12 % (4/34) mieux traiter les animaux malades (Figure 33).

**Figure 33 : Mesures de surveillance et/ou de lutte supplémentaires souhaitées par certains GDS répondants à l'issue de leur participation à l'étude**  
(Plusieurs réponses possibles par participant)



Parmi les 58 GDS répondants, 10 % (6/58) ont déclaré estimer que leurs éleveurs adhérents n'étaient pas intéressés par la besnoitiose bovine et donc non motivés pour la lutte contre cette maladie, 41 % (24/58) que leurs éleveurs adhérents n'étaient que peu intéressés et motivés par la besnoitiose bovine et la lutte contre cette maladie, 17 % (10/58) que leurs éleveurs adhérents étaient intéressés par la besnoitiose bovine et motivés pour la lutte contre cette maladie et 7 % (4/58) que leurs éleveurs adhérents étaient très intéressés par la besnoitiose bovine et très motivés pour la lutte contre cette maladie (Figure 34). Enfin, 24 % (14/58) des GDS répondants ont déclaré ne pas savoir estimer le degré d'intérêt et de motivation de leurs éleveurs adhérents.

**Figure 34 : Intérêt des éleveurs vis-à-vis de la besnoitiose bovine et de la lutte contre celle-ci perçu par les GDS répondants**



Le Tableau 11 présente le fait que les éleveurs soient perçus comme globalement intéressés (intéressés ou très intéressés) ou globalement pas intéressés (peu intéressés ou pas intéressés) comparé aux différentes typologies d'élevages majoritaires dans la zone. La comparaison de ces chiffres ne fournit que des valeurs de p comprises entre 0,5 et 1. Le type d'élevage et le fait d'avoir des éleveurs globalement intéressés par la besnoitiose bovine au sein du GDS n'étaient donc pas associés statistiquement.



**Tableau 11 : GDS dont les éleveurs sont perçus globalement intéressés ou non par la besnoitiose bovine en fonction des typologies d'élevage majoritaires dans la zone**

Typologie d'élevage	Éleveurs globalement intéressés		Total
	Non	Oui	
Allaitant	13	8	21
Laitier	2	0	2
Mixte	14	5	19
Non précisé	1	1	2
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>44</b>

La comparaison du fait que les éleveurs d'une zone soient perçus comme globalement intéressés ou non à la situation géographique des GDS répondants (Tableau 12) fournit un  $p = 0,521$ . La localisation géographique et le fait de percevoir les éleveurs adhérents globalement intéressés par la besnoitiose bovine n'étaient donc pas non plus associés statistiquement.

**Tableau 12 : GDS dont les éleveurs sont perçus globalement intéressés ou non par la besnoitiose bovine selon la zone géographique**

Situation géographique	Éleveurs globalement intéressés		Total
	Non	Oui	
Nord	17	6	23
Sud	13	8	21
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>44</b>

Une très large majorité des GDS répondants a déclaré être intéressée par l'obtention d'informations complémentaires concernant la besnoitiose bovine, et ce pour tous les domaines concernant la maladie : son épidémiologie, les moyens de dépistage, de diagnostic et les méthodes de surveillance et de lutte. Pour obtenir ces informations supplémentaires, les moyens de communication plébiscités par une majorité des répondants étaient l'envoi de plaquettes informatives et la publication d'articles de vulgarisation. Suite à leur réponse au questionnaire, une majorité de répondants s'est dite volontaire pour améliorer la lutte contre la besnoitiose bovine, en particulier en ce qui concerne le dépistage des animaux subcliniques. En revanche, les GDS estimaient que les éleveurs ne sont majoritairement pas ou peu intéressés par la besnoitiose bovine.

## 4 Discussion

---

### 4.1 Méthode

---

Le taux de réponse au questionnaire, de 71 %, est correct, et même supérieur à ce que nous espérions, à savoir au moins 50 %. Ce résultat est par ailleurs très supérieur à celui de l'enquête réalisée en 2012. Pour rappel, peu de GDS avaient répondu au questionnaire besnoitiose lancé par GDS France en 2012, ce qui avait conduit GDS France à conclure à un manque d'intérêt des GDS pour la besnoitiose bovine ou à une volonté des GDS de ne pas en parler. Le taux de réponse obtenu au questionnaire actuel ainsi que l'intérêt porté par les répondants à obtenir des informations supplémentaires sur la maladie semble montrer que le sujet intéresse aujourd'hui davantage les GDS, et ce dans toutes les régions de France, ce qui pourrait être en lien avec l'extension géographique de la maladie observée au cours des dernières années. Ce bon taux de réponse peut également s'expliquer par la façon dont le questionnaire a été transmis aux GDS. Le fait que le questionnaire ait été validé par le groupe technique d'expert de GDS France et envoyé par la responsable besnoitiose bovine de GDS France lui a donné une visibilité et un crédit qu'il n'aurait peut-être pas eu s'il n'avait pas émané de GDS France. Il est donc possible de supposer que le taux de réponse aurait été moins bon si le questionnaire n'avait pas été envoyé par GDS France. Par ailleurs, la collaboration avec GDS France a été une force dans l'élaboration de ce travail, puisqu'outre la visibilité et le crédit qu'elle a apporté au questionnaire, elle a également permis sa complétion et son amélioration, notamment lors des échanges avec la responsable besnoitiose bovine ainsi qu'avec le groupe technique d'experts. Si la multiplication des intervenants et des relectures dans la phase d'élaboration du questionnaire a entraîné un dépassement des délais et notamment un envoi du questionnaire plus tardif que ce qui était initialement souhaité (l'objectif était d'envoyer le questionnaire avant le 31 décembre 2017), la collaboration avec GDS France a également permis un gain de temps dans la prise de contact avec les GDS, puisqu'elle a donné accès à la liste de diffusion complète des GDS, nous évitant de devoir prospecter auprès des nombreux GDS dont l'adresse électronique ne figure pas sur internet pour obtenir leurs coordonnées.

Lors de l'élaboration du questionnaire nous avons pris le parti de limiter au maximum le nombre de questions à réponse obligatoire. Le questionnaire n'en contenait que deux, la première afin de savoir le nom du GDS répondant, et la question portant sur la nature des mesures de surveillance mises en place afin d'avoir le résultat le plus précis possible à cette question centrale du questionnaire. Le choix de limiter le nombre de questions à réponse obligatoire, bien que pouvant entraîner une diminution de la précision des réponses, nous a semblé nécessaire pour donner plus de liberté aux répondants et ainsi améliorer le taux de réponse, considérant la longueur du questionnaire et les résultats de l'étude de 2012 qui tendaient à laisser supposer un manque d'intérêt pour la besnoitiose bovine.

Il faut toutefois garder à l'esprit que le nombre de réponses reste trop faible pour pouvoir conduire des analyses statistiques solides. Il y a notamment un fort risque de manque de puissance statistique et il convient ainsi d'aborder avec prudence les analyses statistiques menées.

Dans le cadre de cette étude, la population cible correspondait à l'ensemble des GDS de France métropolitaine. Le choix des GDS, plutôt que les éleveurs ou les vétérinaires par exemple, était fondé sur plusieurs critères. Tout d'abord, les GDS sont les seuls acteurs en mesure de prendre en charge la gestion sanitaire de la besnoitiose bovine à l'échelle collective car la maladie n'est pas réglementée. Cela leur permet donc d'avoir une vision plus large de la maladie et des mesures de surveillance et de lutte à son encontre à l'échelle de leurs zones respectives que les autres acteurs précédemment cités. Par ailleurs, le nombre de GDS est bien plus restreint que celui des éleveurs ou des vétérinaires, ce qui permettait de diminuer le nombre de personnes interrogées et donc de faciliter la mise en œuvre de l'enquête sur le terrain, considérant par ailleurs les hypothèses issues

de la précédente étude en 2012 qui tendaient à laisser supposer un manque d'intérêt vis-à-vis de cette maladie. Le questionnaire a été transmis aux GDS de manière électronique. L'envoi d'un questionnaire papier à retourner par courrier n'a jamais été sérieusement envisagé, cette méthode aurait été trop chronophage et coûteuse, et le taux de réponse aurait certainement été très faible si les GDS avaient dû renvoyer leurs réponses par voie postale. La prospection téléphonique n'a pas été retenue non plus car elle aurait nécessité beaucoup de temps pour la personne en charge des appels. Par ailleurs cette méthode est plus intrusive qu'un questionnaire électronique, qui présente l'avantage de laisser au répondant le loisir d'étudier le questionnaire en amont et d'y répondre quand il le souhaite.

La phase d'analyse des réponses du questionnaire a permis de mettre en évidence certaines lacunes ou défauts dans la formulation de certaines questions et l'élaboration du questionnaire. Tout d'abord, la question relative à l'utilisation de critères cliniques spécifiques ou non spécifiques utilisés pour suspecter un cas de besnoitiose bovine était certainement mal posée. En effet, cette question ouverte a été la source de réponses ininterprétables concernant la nature spécifique ou non des critères employés. Certains des critères cités par les GDS étaient tantôt classés spécifiques, tantôt non spécifiques en fonction du répondant. La notion de critère spécifique ou non-spécifique n'avait pas été introduite avant la question et il semblerait qu'elle ait été mal comprise ou mal interprétée par les répondants. Pour améliorer cela, il aurait été nécessaire de définir les critères spécifiques et non spécifiques de la besnoitiose bovine. Par exemple, nous aurions pu préciser les choses ainsi : les critères spécifiques regroupent les symptômes de besnoitiose bovine pathognomoniques ou au diagnostic différentiel très restreint, comme les kystes oculaires et vulvaires, la sclérodermie ou les œdèmes faisant suite à une phase d'hyperthermie ; et les critères non spécifiques regroupent tous les autres symptômes de la besnoitiose bovine au diagnostic différentiel large à très large et pouvant conduire à penser à cette maladie en fonction du contexte épidémiologique et clinique, notamment une hyperthermie seule, des œdèmes seuls, une anorexie, de l'abattement, de l'alopécie, etc. La question aurait alors pu être formulée sous forme de question à choix multiple à deux réponses "critères spécifiques" et "critères non-spécifiques", avec possibilité pour le répondant de préciser les critères de chaque catégorie effectivement utilisés dans sa zone comme nous l'avons fait ; ou alors sous forme de deux questions à choix multiple, l'une contenant les critères spécifiques proposés et la possibilité d'une réponse ouverte de type "autre", et l'autre contenant les critères non-spécifiques proposés et également la possibilité d'une réponse ouverte de type "autre".

La question portant sur l'utilisation de plusieurs critères diagnostiques pour confirmer un cas de besnoitiose bovine a quant à elle induit une perte de l'information. En effet, le format choisi de question à choix multiple permettait de connaître les différents outils diagnostiques utilisés par chaque GDS répondant, mais ne permettait de savoir ni dans quel cas chaque combinaison est utilisée lorsque plusieurs combinaisons sont citées, ni la chronologie d'utilisation des différents outils au sein d'une combinaison. Toutefois, l'objectif de l'étude n'était pas d'obtenir cette information très spécifique mais dans un premier de connaître les grandes lignes des outils diagnostiques utilisés. Il n'était en effet pas possible d'entrer dans tous les détails pour tous les aspects du questionnaire car ce dernier aurait été beaucoup plus long et le taux de réponse aurait certainement été moins bon. Par ailleurs, aucune information n'étant disponible à l'heure actuelle, de quelle que sorte que ce soit (épidémiologique, clinique, diagnostique, thérapeutique) sur les modes de gestion des GDS en France, cette étude avait pour objectif de dresser un premier état des lieux, général, avant de cibler les aspects à investiguer éventuellement plus finement par la suite.

Parmi les outils diagnostiques existants, la sérologie ELISA sur lait n'était pas proposée car nous n'avons eu connaissance de cette technique qu'après l'envoi du questionnaire, à la lecture d'un résultat en faisant mention en fin de questionnaire. Aucune des publications lues dans le cadre de la revue bibliographique ne mentionnait cet outil diagnostique. Les informations dont nous disposons sont issues du dossier produit, fourni à notre demande par le seul fabricant

commercialisant la sérologie ELISA sur lait en France. Il serait donc intéressant de bénéficier de plus de recul sur cet outil, notamment en faisant valider ses paramètres par un laboratoire indépendant. L'importance que peut avoir l'absence de cet outil diagnostique dans notre analyse reste cependant à relativiser. Il n'est préconisé que par un seul GDS répondant, ou du moins seul ce répondant l'a cité spontanément. En outre, dans les réponses, les élevages laitiers étaient minoritaires par rapport aux élevages allaitants, l'intérêt de ce test se limite donc à une catégorie minoritaire d'élevages parmi les répondants.

La comparaison de deux réponses a particulièrement retenu notre attention. À la question des différentes stratégies de dépistage mises en place par les GDS, 11 répondants ont déclaré réaliser des campagnes de dépistage. Pourtant, à la question des aides financières fournies, 31 répondants ont déclaré délivrer des aides financières pour la réalisation de campagnes de dépistage. Cette incohérence nous a conduits à supposer soit une mésinterprétation de l'une des questions par les répondants, ayant conduit à des réponses erronées, soit à des réponses volontairement fausses à l'une des deux questions. Il est également possible que des GDS proposent à leurs éleveurs de financer une part du dépistage de la besnoitiose bovine, mais que peu d'éleveurs demandent le dépistage de la besnoitiose bovine et bénéficient de ces aides, ce qui peut être lié à un manque d'intérêt des éleveurs envers la maladie ressentie par les GDS.

## 4.2 Résultats

---

Comme évoqué ci-dessus, le taux de réponse obtenu dans cette étude était satisfaisant. Toutefois, il est nécessaire de garder à l'esprit que la besnoitiose est un sujet sensible parmi les éleveurs, notamment ceux qui vivent dans les régions atteintes. En effet, de par sa qualité de maladie contagieuse et bien qu'elle ne soit pas réglementée, la besnoitiose bovine est une maladie parfois tabou pour les éleveurs, qui préfèrent ne pas faire savoir s'ils en sont atteints par peur des conséquences économiques qui pourraient en découler, notamment une limitation des ventes d'animaux vivants, et une obligation par les acheteurs potentiels à procéder à des dépistages coûteux avant toute vente. Durant l'élaboration du questionnaire, différents échanges avec des membres de GDS France et des vétérinaires praticiens nous ont permis de comprendre que la diffusion à des associations d'éleveurs, tels que les GDS, d'un questionnaire centré sur la besnoitiose bovine comprenait un risque non négligeable d'absence volontaire de réponse ou que les réponses soient faussées, notamment en minimisant le nombre de cas dans une zone ou la durée depuis laquelle la zone est atteinte par la besnoitiose bovine. Au sein même du comité technique d'expert besnoitiose de GDS France nous avons pu sentir des dissensions entre experts, certains estimant que nous perdions notre temps avec ce questionnaire car nous risquions à leur sens d'avoir un taux de réponse à nouveau très faible et des réponses inexploitablement biaisées dans le sens de la minimisation de la présence de la maladie par des GDS craignant les conséquences éventuelles si d'autres venaient à découvrir qu'ils étaient atteints par la besnoitiose bovine. La possibilité de non-réponse ressort en effet dans les résultats obtenus, si on considère la région Occitanie, qui a été historiquement le siège de la besnoitiose bovine en France. Ainsi, dans cette région, seulement six GDS sur treize, soit 46 %, ont répondu au questionnaire, ce qui est inférieur au taux de réponse sur l'ensemble du pays. Parmi ces six GDS occitans, deux ont déclaré ne jamais avoir eu de cas de besnoitiose bovine avant 2007 alors que l'enquête de Thomas (2007) a montré que ces deux départements étaient touchés par la besnoitiose bovine avant 2007. Par ailleurs, au sein du foyer pyrénéen identifié par le Dr Thomas en 2007, seuls trois GDS sur cinq ont répondu à notre questionnaire et un seul a déclaré avoir eu connaissance de cas avant 2007. Au sein du foyer alpin identifié par le Dr Thomas, trois GDS sur cinq ont répondu à notre questionnaire, mais un seul a indiqué avoir eu connaissance de cas avant 2007, et deux ont indiqué ne pas savoir s'il y avait eu ou non des cas dans leur zone avant 2007. Au sein du foyer du sud du Massif Central identifié par le Dr Thomas, les deux GDS ont répondu à notre questionnaire et ont déclaré avoir eu connaissance de cas de besnoitiose bovine avant 2007. Deux GDS voisins ont pu

être ajoutés à ce foyer à la lumière des résultats obtenus dans notre étude. Ces divergences de réponses pourraient être liées au fait que l'enquête du Dr Thomas était adressée aux vétérinaires praticiens et la nôtre aux GDS, à qui la présence de besnoitiose bovine n'avait alors peut-être pas été notifiée. Mais cela pourrait également illustrer la possibilité de réponses faussées par certains GDS dans le but de minimiser la présence de besnoitiose bovine dans leurs zones, tandis que les vétérinaires seraient moins à même de minimiser la présence de la maladie. L'ensemble de ces éléments a ainsi pu induire un biais conduisant à sous-estimer l'extension géographique et l'incidence de la besnoitiose bovine en France métropolitaine. Malgré ce risque de biais, les résultats de cette étude montrent une extension géographique conséquente de 2007 à 2017, avec en particulier 44 GDS sur 58 répondants qui ont déclaré avoir recensé des cas durant les dix dernières années, et seulement huit avant 2007. Même s'il y a pu avoir certaines sous-déclarations, il semble tout de même qu'un grand nombre de GDS aient répondu clairement au questionnaire. Cela nous amène à relativiser l'idée préconçue qui nous poussait, avant de l'envoyer, à craindre que les GDS ne répondent pas au questionnaire ou masquent des cas. Il reste toutefois possible que ce biais de sous-déclaration puisse s'appliquer au nombre de cas déclarés. Toutefois, cela n'impliquerait que peu nos analyses puisque nous ne sommes peu intéressés au nombre de cas déclarés et que nous avons toujours distingué les GDS ayant eu au moins un cas de ceux n'en ayant pas eu, ce qui nous aura permis de limiter les biais dans l'analyse de nos résultats.

Les objectifs fixés lors de l'élaboration de cette enquête sont remplis. En premier lieu, les résultats obtenus ont permis de dresser un état des lieux assez complet, quoique pas exhaustif, de la présence de la besnoitiose bovine en France en 2017. Par ailleurs, cette étude a pu mettre en évidence l'extension remarquable de la maladie lors des dix dernières années et confirmer ainsi son hypothèse initiale : la besnoitiose bovine est effectivement plus largement répandue en France que ce qu'on imaginerait en ne la considérant que comme une maladie du Sud-Ouest. Le second objectif est également atteint, et cette étude est la première à obtenir une vision globale de ce qui se fait au sein des GDS en termes de surveillance et de lutte contre la besnoitiose bovine. Par ailleurs cette étude a également permis de mieux cerner les attentes des GDS en terme de communication et de formation à venir au sujet de la maladie.

Lors de l'analyse des résultats, une association statistique entre le fait d'être situé dans le sud de la France et le fait d'avoir connu au moins un cas de besnoitiose bovine a pu être mise en évidence. Ce résultat pourrait confirmer une localisation de la maladie plutôt dans le sud du pays. Toutefois l'explication pourrait également venir d'une sensibilisation plus grande parmi les GDS du Sud du fait d'une présence historique de la maladie dans des régions méridionales, où la maladie peut donc éventuellement être plus recherchée. Bien que la différence entre GDS du Nord et du Sud ne soit pas significative dans nos résultats vis-à-vis de la mise en place de mesures de surveillance, il n'est pas exclu que nous ayons pu manquer de puissance statistique pour mettre en évidence une différence réelle.

Si les GDS du sud du pays étaient éventuellement plus sensibilisés que ceux du nord avant de répondre à l'enquête, il semblerait que l'un des résultats non attendus de la réalisation de cette étude soit la sensibilisation des GDS à la problématique de la besnoitiose bovine. En effet, les répondants se sont très majoritairement dits intéressés par l'obtention d'informations complémentaires à propos de la maladie et ont également majoritairement déclaré envisager d'améliorer ou de mettre en place un plan de surveillance et de lutte contre la maladie. Ces résultats sur la sensibilisation des GDS par l'enquête constituent un effet très positif obtenu à la suite de cette étude et démontrent qu'il y a encore de nombreux axes de communication et de formation à explorer auprès des GDS.

Concernant l'épidémiologie de la besnoitiose bovine, le nombre très important de cas enregistrés en 2017 nous a interpellés. S'agit-il d'une nouvelle tendance haussière ou simplement le fait d'un nombre accru de déclarations ? En examinant ce résultat, il apparaît que l'augmentation gigantesque du nombre de cas en 2017 est le fait d'un seul GDS. Interrogée pour plus d'informations, la personne qui a répondu à l'enquête au sein de ce GDS a indiqué que cette

augmentation pouvait en partie s'expliquer par un nombre accru de dépistages en 2017, au sein d'un GDS qui déclarait déjà un nombre important de cas les années précédentes.

Les résultats de cette étude ont permis de conclure à la présence de la besnoitiose bovine dans l'ensemble des régions de France métropolitaine à l'exception de la Corse, dont le GDS régional a répondu et a déclaré ne jamais avoir connu de cas, et de l'Île-de France dont le GDS régional n'a pas répondu. En outre, l'incidence de la maladie semble être en augmentation. Un réel accroissement de l'incidence de la besnoitiose bovine est fortement probable et l'augmentation de l'incidence constatée de la besnoitiose bovine peut également s'expliquer par une amélioration de la qualité des outils diagnostics et un accroissement de la vigilance, liée à une sensibilisation plus grande des GDS, des vétérinaires et des éleveurs à la suite de campagnes de communication, notamment menées par les GDS, au sujet de cette maladie. À la lumière des éléments avancés dans les paragraphes précédents, il est possible de supposer que l'augmentation de l'incidence de la besnoitiose bovine est plus prononcée encore que ce que notre étude nous a permis de mettre en évidence, que le nombre de cas pourrait être plus important que ce qui a été déclaré et que la besnoitiose bovine pourrait être présente dans plus de départements que ceux dont nous avons déjà connaissance, notamment et probablement dans le quart sud-ouest du pays. Par ailleurs, parmi les 14 GDS ayant déclaré ne jamais avoir connu de cas, cinq ont déclaré ne pas surveiller la présence de besnoitiose bovine, ce qui laisse supposer que la maladie pourrait circuler dans ces zones sans pouvoir y être facilement détectée. La besnoitiose bovine ne peut en tout cas plus aujourd'hui être considérée comme une maladie qui ne sévit que dans le Sud-Ouest de la France. Il apparaît alors nécessaire de revoir les notions de "région atteinte" ou de "zone à risque" qui ont été mentionnées dans certaines réponses (notamment, par exemple, pour la réalisation d'un dépistage à l'introduction ciblé sur des bovins considérés comme à risque car provenant de telles régions). Ainsi, si seuls les départements du Sud-Ouest sont considérés comme régions à risque par ces GDS, compte tenu des informations épidémiologiques disponibles jusqu'alors sur cette maladie, il existe alors actuellement une persistance du risque d'introduction de bovins infestés depuis d'autres départements non connus jusqu'à présent comme étant atteints. Les résultats de cette étude montrent qu'il devient actuellement très difficile de parler de zones à risque, et que tout bovin introduit dans un cheptel au sein duquel est pratiqué le dépistage à l'introduction devrait être dépisté, quelle que soit sa provenance géographique.

Par ailleurs, certains GDS répondants ont déclaré conseiller, lors des contrôles à l'introduction, de ne dépister que certains animaux, notamment âgés de plus de six mois ou encore uniquement ceux destinés à la reproduction. Si le dépistage ciblé des animaux de plus de six mois peut être justifié par le fait que les animaux plus âgés sont plus à risque d'être infestés, la pratique du dépistage sur les animaux destinés à la reproduction uniquement conduit à un risque d'introduction de la maladie dans l'élevage par des animaux non dépistés et susceptibles de contaminer le cheptel reproducteur par le biais d'insectes hématophages vecteurs qui seraient présents dans l'élevage. Par ailleurs l'étude a permis de montrer que pour les GDS pratiquant des campagnes de dépistage ou des dépistages à l'introduction, seul un faible nombre d'animaux est concerné par ces dépistages. Dans le cas d'une maladie telle que la besnoitiose bovine pour laquelle la prévalence est faible à l'échelle nationale, la pratique d'un dépistage ciblé est cohérente d'un point de vue épidémiologique. Dans la mesure où la séroprévalence est très élevée dans les troupeaux où la maladie est enzootique (pour rappel elle peut atteindre 95 % dans certains troupeaux), il semble impératif de dépister tout bovin acheté dans un tel cheptel. Toutefois, il est très difficile, dans l'état actuel des connaissances, de connaître les troupeaux infestés ou même de définir avec précision des zones à risques. La pratique du dépistage ciblé en fonction de la provenance, bien qu'inévitable car il serait impossible de tester tous les bovins, est également risquée pour le gestionnaire sanitaire dans l'état actuel des connaissances car elle peut procurer une fausse impression de sécurité en le poussant à croire qu'il se met à l'abri en pratiquant des dépistages alors que certains animaux non dépistés pourraient être des porteurs non détectés de la besnoitiose bovine.

Au sujet des outils utilisés pour le dépistage sérologique, les résultats ont montré que l'ELISA et le WB sont les deux techniques les plus utilisées en France dans les zones où la sérologie est utilisée pour dépister la besnoitiose bovine, ce qui est conforme aux données de la littérature. Toutefois, parmi ces 21 GDS, 18 ont déclaré utiliser, systématiquement ou non, l'ELISA seul pour conclure à un cas de besnoitiose bovine. Selon les données issues de la revue bibliographique, cette pratique peut conduire à un risque de résultats faussement positifs, car la spécificité de l'ELISA n'est pas parfaite et la prévalence de la besnoitiose bovine souvent trop faible pour que la valeur prédictive positive de l'ELISA utilisée seule soit bonne. Ainsi, il est possible que certains cas de besnoitiose bovine déclarés par les GDS répondants dans le questionnaire soient en réalité des faux positifs. Les résultats obtenus dans le cadre de cette enquête doivent donc être interprétés avec précaution. Par exemple, parmi les 18 GDS ayant déclaré utiliser l'ELISA comme seul outil sérologique, six ont déclaré l'associer à des données cliniques pour conclure à un cas de besnoitiose bovine. Pour ces six GDS il serait possible de supposer que la maladie est effectivement présente dans les zones concernées, mais pour les 12 autres, le statut vis-à-vis de la besnoitiose bovine reste douteux.

Les principaux signes cliniques de la maladie semblent connus des GDS, notamment la chronologie allant de l'épisode fébrile à la phase de sclérodémie en passant par une phase d'œdèmes. Toutefois, le seul signe pathognomonique de la besnoitiose bovine est la présence de kystes dans les sclères oculaires et dans les muqueuses vulvaires, et il semble en fait peu utilisé en pratique, ou du moins peu connu par les GDS, en particulier pour les kystes vulvaires.

En ce qui concerne la lutte anti-vectorielle, le traitement des animaux infestés en attente de réforme est une pratique qui pourrait être améliorée. Cette modalité constitue une première étape dans la protection du troupeau, mais il est préférable de protéger les autres animaux. En effet s'il y a un animal infesté en attente de réforme dans le troupeau, il y a un risque que d'autres animaux infestés ne soient pas identifiés et puissent aussi être contagieux. Par ailleurs, des modalités de lutte anti-vectorielle identifiées dans la littérature et simples à mettre en place telles que la pose de filets et l'utilisation d'écrans pièges bleus enduits de colle ou d'insecticide ne sont actuellement pas utilisées et/ou préconisées par les GDS répondant.

Certains GDS répondants ont déclaré ne pas réaliser ni dépistage ni lutte contre la besnoitiose bovine, car ils n'auraient encore jamais eu de cas dans leurs zones. Parmi eux, certains ont tout de même précisé qu'ils prendraient des décisions de mesures de lutte en cas d'apparition de cas. Cela montre que la gestion de la besnoitiose bovine n'est pas toujours anticipative, ce qui peut conduire à une prise en charge du cas délayée, curative et non préventive, donc moins efficace. En effet, cette prise en charge interviendrait après l'apparition d'un cas clinique, et donc dans un troupeau déjà infesté au sein duquel plusieurs animaux pourraient déjà être porteurs du parasite. Idéalement, et pour les GDS encore indemnes, il serait préférable de prévoir un plan de lutte à l'avance en cas d'apparition de cas, afin de ne pas être pris au dépourvu lors de la survenue du premier cas, voire de réaliser des dépistages sérologiques même en absence de cas afin d'éliminer le plus tôt possible les premiers bovins infestés.

La question du lien chronologique entre l'apparition du premier cas et la mise en place de mesures de surveillance mérite d'ailleurs d'être posée à la suite de notre étude. En effet, les GDS répondants ont majoritairement déclaré avoir détecté le premier cas de besnoitiose bovine la même année que la mise en place de mesures de surveillance envers la maladie. On peut alors se demander si la survenue d'un premier cas de besnoitiose bovine a provoqué la mise en place d'un plan de surveillance, ou si la mise en place d'un plan de surveillance a permis de détecter les premiers cas. Le fait que le groupe des GDS déclarant avoir mis en place la surveillance événementielle par détection des suspicions cliniques avant la détection du premier cas de besnoitiose bovine soit le second groupe prépondérant laisse supposer que la surveillance serait antérieure à la déclaration du premier cas de besnoitiose bovine. La connaissance du lien exact, chronologique et causal, entre la mise en place d'un plan de surveillance et la connaissance du

premier cas clinique par un GDS permettrait d'affiner notre connaissance sur la façon dont les GDS gèrent la maladie et de savoir si la tendance est à la proactivité ou à la réactivité.

Pour finir, des remarques émises par certains GDS répondants nous ont interpellés. L'un des GDS répondants a déclaré ne pas rechercher la besnoitiose bovine car il a "*trop de cas potentiels dans la zone*". Un autre a déclaré ne pas rechercher la maladie car "*si on cherche on trouve et on va être bloqués à l'export*". La première remarque souligne le découragement à surveiller et lutter contre la maladie dans les zones où elle est enzootique. Il semble toutefois nécessaire d'accompagner les éleveurs et leurs vétérinaires dans ces zones afin de proposer et mettre en place des plans d'éradication efficaces et à moindre coût pour éliminer progressivement, jusqu'à l'éradication, la besnoitiose bovine. La seconde est intéressante car elle démontre que même en l'absence de réglementation nationale ou internationale, le secteur privé peut exercer une pression importante sur les questions sanitaires. En effet, la crainte évoquée dans cette réponse est que des négociants privés restreignent leurs achats dans des zones ou des élevages considérés atteints et imposent aux éleveurs de justifier l'absence de la maladie dans leurs cheptels pour y acheter des animaux, voire leur ferment l'accès à certains marchés.

L'un des GDS répondants, dont la zone est atteinte de manière enzootique, a déclaré que la lutte contre la besnoitiose bovine n'était pas souhaitable, car les éleveurs auraient intérêt à garder des animaux infestés porteurs sains, qui seraient plus résistants lors de la transhumance. Par ailleurs, ce même GDS a déclaré que l'introduction d'animaux infestés était préférable dans les troupeaux atteints car l'introduction d'un animal séronégatif conduirait à sa mort. Cette réponse apporte des éléments que nous n'avons pas retrouvés dans notre revue bibliographique, notamment concernant l'intérêt économique de garder des animaux infestés pour transhumer, ainsi qu'en ce qui concerne la mort apparemment inéluctable des animaux jusqu'alors sains lorsqu'ils sont mis en contact avec des animaux infestés, c'est-à-dire lors de leur infestation. Cette réponse nécessiterait des approfondissements, des études de terrain pour aller constater ou nuancer les faits déclarés dans cette zone d'enzootie. Quoi qu'il en soit, elle démontre la possibilité que les gestionnaires sanitaires puissent abandonner la lutte contre la maladie lorsque celle-ci s'installe durablement et préfèrent considérer que ce n'est pas réellement un problème pour les élevages atteints.

Un GDS a été étonné d'avoir eu en 2017 "*250 séropositifs mais 2 malades cliniques*". Étant donné que ce GDS a déclaré utiliser exclusivement le WB pour rechercher les bovins séropositifs, cette différence entre nombre de séropositifs et nombre de malades cliniques peut s'expliquer par l'existence probable de quelques faux positifs, mais également par le fait que de nombreux séropositifs restent porteurs sains et ne déclarent pas la forme clinique de la maladie. Un autre GDS répondant a demandé s'il était possible de distinguer un animal séropositif à garder, d'un séropositif contagieux. S'il demande s'il est possible de distinguer un faux positif en sérologie d'un vrai positif, alors la réponse est non si seule la sérologie est utilisée, mais en confirmant un ELISA positif par un WB, alors le risque d'avoir des faux positifs est excessivement faible d'après les données de la revue de littérature. Or ce GDS a déclaré confirmer tous ses ELISA par des WB, donc *a priori* les résultats positifs obtenus dans sa zone correspondent, avec une forte probabilité, à des vrais positifs. S'il demande s'il est possible de différencier un animal séropositif non contagieux d'un animal séropositif contagieux, alors la réponse est que tout vrai séropositif est contagieux. Un dernier GDS a déclaré qu'il serait intéressant de disposer d'information sur la fiabilité des différents tests sérologiques, et regrette d'avoir géré deux "*faux foyers*" sur la base de résultats sérologiques erronés. Cela montre la nécessité de former les intervenants au sein des GDS et de mieux communiquer à propos de la besnoitiose bovine, des mesures de dépistage et de lutte qui peuvent être mises en place ainsi qu'au sujet de leurs limites.

L'ensemble des réponses évoquées précédemment illustrent que la besnoitiose bovine, ses outils diagnostiques et ses modalités de lutte restent encore méconnus pour certains GDS et que certains outils de dépistages ne sont pas toujours utilisés de manière idéale. Il y a donc un besoin important de former les éleveurs et les autres acteurs de la santé animale sur le terrain, notamment au sein des GDS, mais aussi probablement des cliniques vétérinaires.



### 4.3 Perspectives

---

La besnoitiose bovine est une maladie pour laquelle il reste beaucoup à apprendre et contre laquelle il reste beaucoup à faire pour organiser efficacement la lutte collective. Après l'étude des résultats de notre enquête, certains points d'approfondissement se dégagent.

Afin de mieux cerner la situation des différentes zones géographiques en France vis-à-vis de la besnoitiose bovine et de mieux connaître le risque à l'introduction de tout bovin quelle que soit sa provenance géographique, il serait intéressant d'établir une carte du niveau de risque de besnoitiose bovine en fonction de certains paramètres tels que la durée de présence de la maladie, les taux de prévalence et d'incidence annuelle ainsi que leur évolution, les tests de dépistage utilisés, les méthodes de surveillance mises en place, etc. Cela nécessiterait de mener des études épidémiologiques fondées sur des sondages sérologiques harmonisés au sein d'échantillons définis. De telles études devraient aussi s'absoudre de certains biais inévitables dans la nôtre, tels que les non-réponses volontaires ou la déclaration sous-estimée du nombre de cas.

Mis à jour régulièrement, ce système de surveillance et d'information permettrait également aux GDS de communiquer entre eux sur l'apparition de nouveaux cas. Cette évolution dans la surveillance collective de la maladie a été appelée par plusieurs répondants dans notre étude. En complément, plusieurs répondants ont également déclaré être intéressés par davantage d'échanges entre gestionnaires sanitaires de la besnoitiose bovine, notamment concernant les plans de lutte mis en place, leur efficacité et les moyens de financement mis en œuvre. Cela permettrait que chacun puisse améliorer ses méthodes et que les GDS qui se sentent désemparés, soit qu'ils soient nouvellement infestés et découvrent la maladie, soit qu'ils soient anciennement infestés et se sentent débordés, puissent se reposer sur l'expérience des autres pour mettre en place des actions efficaces à l'encontre de la besnoitiose bovine. Au sein des efforts de communication sur la besnoitiose bovine, un volet pourrait être dédié à la formation : formation des éleveurs pour leur expliquer la maladie, ses conséquences économiques, comment la suspecter et que faire face à un animal infesté ; formation auprès des vétérinaires pour les (re)sensibiliser aux signes cliniques de la maladie, les aider à l'inclure à bon escient dans leurs diagnostics différentiels, mais aussi à savoir quel examen complémentaire demander et quand, comment informer l'éleveur sur la maladie si elle apparaît dans son cheptel, et enfin formation au sein des GDS pour mieux aider les éleveurs à prévenir l'extension de la maladie, à organiser un plan de lutte et à en assumer les conséquences économiques le cas échéant.

En complément des résultats de cette étude, il serait également intéressant d'en mener une seconde, adressée à des associations de vétérinaires praticiens dans toute la France, de manière notamment à affiner nos résultats en matière d'extension géographique de la besnoitiose bovine.

Dans la présente étude nous avons analysé les modalités de dépistage et de lutte contre la besnoitiose bovine mises en place par les GDS. Dans la continuité de ce travail, il convient de s'interroger sur leur efficacité. Certains répondants ont soulevé cette question dans leurs réponses au questionnaire. En particulier, nous avons relevé une réponse assez virulente qui demandait "*quelle efficacité ???? quel financement ???? quelle faisabilité ????* ". Cette réponse démontre un haut niveau de scepticisme vis-à-vis de la lutte contre la besnoitiose bovine, et une nécessité de convaincre au sein des GDS. Il serait donc intéressant d'étudier la question de l'efficacité des plans de lutte, ainsi que du coût qu'ils représentent et des bénéfices qu'ils pourraient apporter. On peut envisager qu'il sera possible de démontrer une réduction de l'incidence et de la prévalence de la besnoitiose bovine lorsqu'un plan d'action est mis en place, ainsi qu'un réel bénéfice économique. Idéalement, il serait intéressant de pouvoir démontrer que certaines modalités de lutte sont plus efficaces que d'autres, afin de pouvoir rédiger des préconisations pour harmoniser les plans de lutte et convaincre les sceptiques de lutter contre la besnoitiose bovine.

Les diverses recommandations émises ici nécessitent des financements. Ceux-ci pourraient notamment provenir de l'État. Compte-tenu de la contagiosité importante de la maladie (jusqu'à 100 % des animaux atteints lors de l'émergence de la maladie dans un troupeau), de son extension fulgurante durant les dix dernières années démontrée dans nos résultats, ainsi que des conséquences économiques supposées, bien que non chiffrées (diminution de la fertilité, perte de production, perte d'état corporel et diminution de la valorisation de la carcasse, etc.), l'État pourrait avoir intérêt à reconnaître le danger sanitaire et économique que représente la besnoitiose bovine, à la classer comme danger sanitaire de seconde catégorie, et à apporter un soutien financier pour son éradication. Cela permettrait d'aider et d'encourager les éleveurs et les GDS dans la lutte, afin que personne ne se sente seul et désarmé face à la maladie, à harmoniser les méthodes sur tout le territoire métropolitain à l'aide de textes réglementaires et à améliorer la surveillance épidémiologique et la communication autour de la besnoitiose bovine. Par ailleurs, l'harmonisation de la lutte à l'échelle Européenne et la communication entre États au sujet de la maladie, appelées par de nombreux auteurs, semblent être essentielles à une gestion efficace de la besnoitiose bovine et à un enrayerement de sa progression inexorable vers le nord et l'est du continent.



---

# CONCLUSION

---

L'objectif de cette étude était de déterminer, d'une part, l'extension géographique de la besnoitiose bovine en France, et d'autre part les mesures de surveillance et de lutte mises en place ou conseillées par les GDS sur le territoire métropolitain. À ces fins, nous nous sommes appuyés sur un questionnaire diffusé à l'ensemble des GDS par GDS France.

La première partie de ce travail dressait un état des lieux des données bibliographiques actuelles. La seconde était consacrée à l'analyse des réponses au questionnaire. Celles-ci ont permis de mettre en évidence une répartition géographique large de la besnoitiose bovine en France, dont l'extension vers le Nord et l'Est du pays durant les dix dernières années est similaire à celle survenue en Europe dans le même temps. Ces résultats démontrent que la besnoitiose bovine ne peut plus être considérée comme une maladie marginale, ne sévissant en Europe que dans certaines régions chaudes du sud-ouest du continent, puisqu'elle est aujourd'hui retrouvée dans toutes les régions de France ainsi que dans des pays au Nord de l'Europe, tel que l'Irlande, ou à l'Est, tel que la Hongrie.

D'autre part, l'analyse des réponses à l'enquête en ligne a montré que les plans de surveillance et de lutte au sein des GDS variaient beaucoup entre les répondants, tant dans les outils préconisés que dans leurs protocoles d'application. En l'absence d'une harmonisation à l'échelle nationale, chacun agit selon ses moyens et ses besoins, ce qui aboutit à quasiment autant de plans qu'il y a de GDS. En règle générale, les GDS ayant répondu à l'enquête surveillaient plutôt la besnoitiose bovine par la déclaration des suspicions cliniques ainsi que par la réalisation de dépistages à l'introduction. L'outil le plus préconisé pour le dépistage était de loin la sérologie, et en particulier les méthodes ELISA et WB, seules ou combinées. Les bovins infestés étaient en général éliminés des cheptels, par euthanasie ou à l'abattoir. Les mesures de lutte anti-vectorielles consistaient majoritairement en la préconisation de changer d'aiguille entre deux animaux et en l'utilisation d'antiparasitaires externes.

Les réponses au questionnaire exprimaient également une nécessité de formation et de communication sur la besnoitiose bovine pour l'avenir. Tous les sujets relatifs à la maladie intéressaient les GDS répondants et les modes de communication les plus plébiscités pour la transmission d'informations étaient l'envoi de plaquettes d'information et la rédaction d'articles de vulgarisation. Un aspect très positif ressortant de cette étude est le fait qu'une majorité des répondants s'est dite prête à mettre en place ou à améliorer son plan de surveillance et de lutte contre la besnoitiose bovine à la suite du questionnaire.

À l'avenir il serait intéressant de déterminer l'efficacité et le coût des différents plans de surveillance et de lutte étudiés dans cette enquête, afin de pouvoir améliorer les plans déjà en place et de mieux conseiller les GDS souhaitant s'engager dans la lutte contre la besnoitiose bovine. Idéalement, une harmonisation de la lutte, qu'elle soit facultative et provienne de propositions de GDS France, ou bien qu'elle soit obligatoire et provienne de la réglementation nationale si la maladie venait à être classée danger sanitaire de seconde catégorie, permettrait une meilleure gestion collective de la maladie. Par ailleurs, la mise en place d'un réseau d'épidémiosurveillance de la besnoitiose bovine et la détermination du niveau de risque des différentes zones géographiques françaises permettraient d'améliorer l'efficacité de la lutte en fournissant aux gestionnaires sanitaires la possibilité d'adapter leurs plans au contexte épidémiologique de leur zone et des zones avec lesquelles ils sont en relation.



---

## BIBLIOGRAPHIE

---

- ALSHEHABAT M., ALEKISH M., TALAFHA A. (2016) Selected metabolic biochemical and enzyme activities associated with *Besnoitia besnoiti* infection in dairy cattle. *Trop. Anim. Health Prod.* 48(6), 1301-1304
- ÁLVAREZ-GARCÍA G., FREY C.F., ORTEGA-MORA L.M., SCHARES G. (2013) A century of bovine besnoitiosis: an unknown disease re-emerging in Europe. *Trends Parasitol.* 29(8), 407-415
- ÁLVAREZ-GARCÍA G., GARCÍA-LUNAR P., GUTIÉRREZ-EXPÓSITO D., SHKAP V., ORTEGA-MORA L.M. (2014a) Dynamics of *Besnoitia besnoiti* infection in cattle. *Parasitology* 141(11), 1419-1435
- ÁLVAREZ-GARCÍA G., FERNÁNDEZ-GARCÍA A., GUTIÉRREZ-EXPÓSITO D., *et al.* (2014b) Seroprevalence of *Besnoitia besnoiti* infection and associated risk factors in cattle from an endemic region in Europe. *Vet. J.* 200(2), 328-331
- ÁLVAREZ-GARCÍA G. (2016) From the mainland to Ireland - bovine besnoitiosis and its spread in Europe. *Vet. Rec.* 178, 605-607
- ALZIEU J.-P., DORCHIES P., SCHELCHER F., GOTTSTEIN B. (2007) L'extension de la besnoitiose bovine en France. *Point Vét.* n°276, 37-43
- ALZIEU J.-P., JACQUIET P., LIÉNARD E., FRANC M. (2011) New data on kinetics of infection by Besnoitiosis in cattle herds from endemic and non-endemic french areas. *In European Buiatrics Forum, Marseille, 16-18 Nov.*, Toulouse, Société Française de Buiatrie, pp 25
- ALZIEU J.-P., BRUGÈRE-PICOUX J., BRARD C. (2014) Particularités pathologiques des ruminants domestiques en estive dans les montagnes françaises. *INRA Prod. Anim.* 27(1), 31-40
- ALZIEU J.-P., JACQUIET P. (2009) Actualités sur la transmission et le diagnostic de la besnoitiose bovine. *Point Vét.* n°301, 16-19
- ALZIEU J.-P., JACQUIET P. (2012) La besnoitiose bovine : du constat de son émergence à la nécessité de son contrôle. *Point Vét. N° Spéc. Parasitol. Interne Rumin.* , 106-112
- ARNAL M.C., GUTIÉRREZ-EXPÓSITO D., MARTÍNEZ-DURÁN D., *et al.* (2016) Systemic Besnoitiosis in a Juvenile Roe Deer (*Capreolus capreolus*). *Transbound. Emerg. Dis.* 64(5), 8-14
- ASHMAWY K.I., ABU-AKKADA S.S. (2014) Evidence for bovine besnoitiosis in Egypt—first serosurvey of *Besnoitia besnoiti* in cattle and water buffalo (*Bubalus bubalis*) in Egypt. *Trop. Anim. Health Prod.* 46(3), 519-522
- ATANÁSIO-NHACUMBE A., CAVELE A., CALA A.C., *et al.* (2017) Serological survey of *Neospora caninum* and *Besnoitia besnoiti* in cattle and goats from smallholder farms in Angónia, Tete Province, Mozambique. *Afr. J. Rural Dev.* 2(2), 303-311
- BALDACCHINO F., MUENWORN V., DESQUESNES M., *et al.* (2013) Transmission of pathogens by *Stomoxys* flies (Diptera, Muscidae): a review. *Parasite* 20, 26
- BALDACCHINO F., GARDÈS L., DE STORDEUR E., JAY-ROBERT P., GARROS C. (2014a) Blood-feeding patterns of horse flies in the French Pyrenees. *Vet. Parasitol.* 199(3-4), 283-288
- BALDACCHINO F., DESQUESNES M., MIHOK S., *et al.* (2014b) Tabanids: Neglected subjects of research, but important vectors of disease agents! *Infect. Genet. Evol.* 28, 596-615
- 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. *Vet. Parasitol.* 178(3-4), 223-234
- BASSO W., LESSER M., GRIMM F., *et al.* (2013) Bovine besnoitiosis in Switzerland: Imported cases and local transmission. *Vet. Parasitol.* 198(3-4), 265-273
- 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 J. Vet. Res.* 37(2), 105-126
- BECK R., ŠTOKOVIĆ I., PLEADIN J., BECK A. (2013) Bovine besnoitiosis in Croatia. *In 2nd International Meeting in Apicomplexan in Farm Animals, Kuşadası - Türkiye, 31 Oct.-2 Nov.*, Lisboa, Yolanda Vaz, pp 64
- BESNOIT C., ROBIN V. (1912) Sarcosporidiose cutanée chez une vache. *Rev. Vét.* 37(11), 649-663

- BIGALKE R.D. (1960) Preliminary observations on the mechanical transmission of cyst organisms of *Besnoitia besnoiti* (Marotel, 1912) from a chronically infected bull to rabbits by *Glossina brevipalpis* Newstead, 1910. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 31(1), 37-44
- BIGALKE R.D., VAN NIEKERK J.W., BASSON P.A., MCCULLY R.M. (1967) Studies on the relationship between *Besnoitia* of blue wildebeest and impala, and *Besnoitia besnoiti* of cattle. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 34(1), 7-28
- BIGALKE R.D. (1967) The artificial transmission of *Besnoitia besnoiti* (Marotel, 1912) from chronically infected to susceptible cattle and rabbits. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 34(2), 303-316
- BIGALKE R.D. (1968) New concepts on the epidemiological features of bovine besnoitiosis as determined by laboratory and field investigations. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 35(1), 3-138
- BIGALKE R.D., NAUDE T.W. (1962) The diagnostic value of cysts in the scleral conjunctiva in bovine besnoitiosis. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 33(1), 21-27
- BOUYER J., GRIMAUD Y., PANNEQUIN M., ESNAULT O., DEQUESNES M. (2011) Importance épidémiologique et contrôle des stomoxes à la Réunion. *Bull. Épidémiologique Santé Anim. Aliment.* n°43, 53-58
- BWANGAMO O. (1968) Besnoitiosis and other diseases of Cattle (*Bos indicus*) in Uganda. *Am. J. Vet. Res.* 29(1), 737-743
- CHATIKOBO P., CHOGA T., NCUBE C., MUTAMBARA J. (2013) Participatory diagnosis and prioritization of constraints to cattle production in some smallholder farming areas of Zimbabwe. *Prev. Vet. Med.* 109, 327-333
- CORTES H.C.E., LEITÃO A., VIDAL R., *et al.* (2005) Besnoitiosis in bulls in Portugal. *Vet. Rec.* 157(9), 262-264
- CORTES H.C.E., NUNES S., REIS Y., *et al.* (2006) Immunodiagnosis of *Besnoitia besnoiti* infection by ELISA and Western blot. *Vet. Parasitol.* 141(3-4), 216-225
- CORTES H.C.E., REIS Y., GOTTSTEIN B., *et al.* (2007a) Application of conventional and real-time fluorescent ITS1 rDNA PCR for detection of *Besnoitia besnoiti* infections in bovine skin biopsies. *Vet. Parasitol.* 146(3-4), 352-356
- CORTES H.C.E., MUELLER N., ESPOSITO M., *et al.* (2007b) In vitro efficacy of nitro- and bromothiazolyl-salicylamide compounds (thiazolides) against *Besnoitia besnoiti* infection in Vero cells. *Parasitology* 134(07), 975
- CORTES H.C.E., MULLER N., BOYKIN D., STEPHENS C.E., HEMPHILL A. (2011) In vitro effects of arylimidamides against *Besnoitia besnoiti* infection in Vero cells. *Parasitology* 138(05), 583-592
- CORTES H.C.E., 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
- DIESING L., HEYDORN A.O., MATUSCHKA F.R., *et al.* (1988) *Besnoitia besnoiti*: studies on the definitive host and experimental infections in cattle. *Parasitol. Res.* 75(2), 114-117
- DIEZMA-DÍAZ C., JIMÉNEZ-MELÉNDEZ A., FERNÁNDEZ M., *et al.* (2017) Bovine chronic besnoitiosis in a calf: Characterization of a novel *B. besnoiti* isolate from an unusual case report. *Vet. Parasitol.* 247, 10-18
- DUBEY J.P., SREEKUMAR C., ROSENTHAL B.M., *et al.* (2003) Biological and molecular characterization of *Besnoitia akodoni* n.sp. (Protozoa: Apicomplexa) from the rodent *Akodon montensis* in Brazil. *Parassitologia* 45(2), 61-70
- DUBEY J.P., VAN WILPE E., BLIGNAUT D.J.C., SCHARS G., WILLIAMS J.H. (2013) Development of Early Tissue Cysts and Associated Pathology of *Besnoitia besnoiti* in a Naturally Infected Bull (*Bos taurus*) from South Africa. *J. Parasitol.* 99(3), 459-466
- DUBEY J.P., YABSLEY M.J. (2010) *Besnoitia neotomofelis* n. sp. (Protozoa: Apicomplexa) from the southern plains woodrat (*Neotoma micropus*). *Parasitology* 137(12), 1731-1747
- DUBOISSET C. (2013) Étude retrospective d'un foyer de besnoitiose bovine dans le département de l'Ardèche : aspects économiques. Thèse Méd Vét.

- DUVALLET G., BOIREAU P. (2015) Autres maladies parasitaires à transmission vectorielle: helminthoses animales, besnoitiose bovine et paludisme. *Rev Sci Tech Int Epiz* 34(2), 641-649
- ELLIS J.T., HOLMDAHL O.J.M., RYCE C., *et al.* (2000) Molecular Phylogeny of *Besnoitia* and the Genetic Relationships Among *Besnoitia* of Cattle, Wildebeest and Goats. *Protist* 151(4), 329-336
- ESTEBAN-GIL A., GRISEZ C., PREVOT F., *et al.* (2014) No detection of *Besnoitia besnoiti* DNA in the semen of chronically infected bulls. *Parasitol. Res.* 113(6), 2355-2362
- ESTEBAN-GIL A., JACQUIET P., FLORENTIN S., *et al.* (2016) Does bovine besnoitiosis affect the sexual function of chronically infected bulls? *Theriogenology* 86(5), 1325-1332
- ESTEBAN-GIL A., CALVETE C., CASASÚS I., *et al.* (2017) Epidemiological patterns of bovine besnoitiosis in an endemic beef cattle herd reared under extensive conditions. *Vet. Parasitol.* 236, 14-21
- EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (2010) Bovine Besnoitiosis: An emerging disease in Europe. *EFSA J.* 8(2), 1499
- FERNANDEZ-GARCIA A., ALVAREZ-GARCIA G., RISCO-CASTILLO V., *et al.* (2009) Pattern of recognition of *Besnoitia besnoiti* tachyzoite and bradyzoite antigens by naturally infected cattle. *Vet. Parasitol.* 164(2-4), 104-110
- FERNANDEZ-GARCIA A., ALVAREZ-GARCIA G., RISCO-CASTILLO V., *et al.* (2010) Development and use of an indirect ELISA in an outbreak of bovine besnoitiosis in Spain. *Vet. Rec.* 166(26), 818-822
- FRANCO E.E., BORGES I. (1915) Nota sôbre a sarcosporidiose bovina. *Rev. Med. Vet.* 14(165), 255-298
- FRENKEL J.K. (1977) *Besnoitia wallacei* of cats and rodents: with a reclassification of other cyst-forming isosporoid coccidia. *J. Parasitol.* 63(4), 611-628
- FREY C.F., GUTIÉRREZ-EXPÓSITO D., ORTEGA-MORA L.M., *et al.* (2013) Chronic bovine besnoitiosis: Intra-organ parasite distribution, parasite loads and parasite-associated lesions in subclinical cases. *Vet. Parasitol.* 197(1-2), 95-103
- FREY C.F., REGIDOR-CERRILLO J., MARREROS N., *et al.* (2016) *Besnoitia besnoiti* lytic cycle in vitro and differences in invasion and intracellular proliferation among isolates. *Parasit. Vectors* 9(1), 115-139
- GARCÍA-LUNAR P., ORTEGA-MORA L.M., SCHARES G., *et al.* (2012) An Inter-Laboratory Comparative Study of Serological Tools Employed in the Diagnosis of *Besnoitia besnoiti* Infection in Bovines. *Transbound. Emerg. Dis.* 60(1), 59-68
- GARCÍA-LUNAR P., REGIDOR-CERRILLO J., ORTEGA-MORA L.M., GUTIÉRREZ-EXPÓSITO D., ÁLVAREZ-GARCÍA G. (2014) Proteomics reveals differences in protein abundance and highly similar antigenic profiles between *Besnoitia besnoiti* and *Besnoitia tarandi*. *Vet. Parasitol.* 205(3-4), 434-443
- GARCÍA-LUNAR P., MORÉ G., CAMPERO L., ORTEGA-MORA L.M., ÁLVAREZ-GARCÍA G. (2015) Anti-*Neospora caninum* and anti-*Sarcocystis* spp. specific antibodies cross-react with *Besnoitia besnoiti* and influence the serological diagnosis of bovine besnoitiosis. *Vet. Parasitol.* 214(1-2), 49-54
- 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. *Vet. Parasitol.* 244, 176-182
- GAZZONIS A.L., ÁLVAREZ-GARCÍA G., MAGGIONI A., *et al.* (2017) Serological dynamics and risk factors of *Besnoitia besnoiti* infection in breeding bulls from an endemically infected purebred beef herd. *Parasitol. Res.* 116(4), 1383-1393
- GDS FRANCE (2018) Communication orale
- GENTILE A., MILITERNO G., SCHARES G., *et al.* (2012) Evidence for bovine besnoitiosis being endemic in Italy—First in vitro isolation of *Besnoitia besnoiti* from cattle born in Italy. *Vet. Parasitol.* 184(2-4), 108-115



- 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. *Med. Vet. Entomol.* 21(1), 65-69
- GÖBEL E., WIDAUER R., REIMANN M., MUNZ E. (1985) Ultrastructure of the asexual multiplication of *Besnoitia besnoiti* (Marotel, 1912) in Vero- and CRFK-cell cultures. *Zentralbl. Veterinarmed. [B]* 32(3), 202-212
- GOLDMAN M., PIPANO E. (1983) Serological studies on bovine besnoitiosis in Israel. *Trop. Anim. Health Prod.* 15(1), 32-38
- GOLLNICK N.S., GENTILE A., SCHARES G. (2010) Diagnosis of bovine besnoitiosis in a bull born in Italy. *Vet. Rec.* 166(19), 599
- GOLLNICK N.S., SCHARR J.C., SCHARES G., LANGENMAYER M.C. (2015) Natural *Besnoitia besnoiti* infections in cattle: chronology of disease progression. *BMC Vet. Res.* 11(1), 35-51
- GOLLNICK N.S., SCHARR J.C., SCHARES S., *et al.* (2018) Naturally acquired bovine besnoitiosis: Disease frequency, risk and outcome in an endemically infected beef herd. *Transbound. Emerg. Dis.* 65(3), 833-843
- GUTIÉRREZ-EXPÓSITO D., ORTEGA-MORA L.M., GAJADHAR A.A., *et al.* (2012) Serological evidence of *Besnoitia* spp. infection in Canadian wild ruminants and strong cross-reaction between *Besnoitia besnoiti* and *Besnoitia tarandi*. *Vet. Parasitol.* 190(1-2), 19-28
- GUTIÉRREZ-EXPÓSITO D., ESTEBAN-GIL A., ORTEGA-MORA L.M., *et al.* (2014) Prevalence of *Besnoitia besnoiti* infection in beef cattle from the Spanish Pyrenees. *Vet. J.* 200(3), 468-470
- GUTIÉRREZ-EXPÓSITO D., ARNAL M.C., MARTÍNEZ-DURÁN D., *et al.* (2016) The role of wild ruminants as reservoirs of *Besnoitia besnoiti* infection in cattle. *Vet. Parasitol.* 223, 7-13
- GUTIÉRREZ-EXPÓSITO D., ORTEGA-MORA L.M., GARCÍA-LUNAR P., *et al.* (2017a) Clinical and Serological Dynamics of *Besnoitia besnoiti* Infection in Three Endemically Infected Beef Cattle Herds. *Transbound. Emerg. Dis.* 64(2), 538-546
- GUTIÉRREZ-EXPÓSITO D., FERRE I., ORTEGA-MORA L.M., ÁLVAREZ-GARCÍA G. (2017b) Advances in the diagnosis of bovine besnoitiosis: current options and applications for control. *Int. J. Parasitol.* 47(12), 737-751
- HÉLAN S. (2018) Webquest.fr. In *Webquest.fr*. [<https://webquest.fr/>]
- HENRY A. (1913) Sarcosporidiose cutanée chez une vache, par MM. Besnoit et Robin. *Recl. Médecine Vét.* 90(9), 327-328
- HERIN V.V. (1952) Note sur l'existence de la globidiose bovine au Ruanda-Urundi. *Ann. Société Belge Médecine Trop.* 32, 155-160
- HORNOK S., FEDÁK A., BASKA F., HOFMANN-LEHMANN R., BASSO W. (2014) Bovine besnoitiosis emerging in Central-Eastern Europe, Hungary. *Parasit. Vectors* 7(1), 20
- HORNOK S., ESTÓK P., KOVÁTS D., *et al.* (2015a) Screening of bat faeces for arthropod-borne apicomplexan protozoa: *Babesia canis* and *Besnoitia besnoiti*-like sequences from Chiroptera. *Parasit. Vectors* 8(1), 441-446
- HORNOK S., FEDÁK A., BASKA F., *et al.* (2015b) Vector-borne transmission of *Besnoitia besnoiti* by blood-sucking and secretophagous flies: epidemiological and clinicopathological implications. *Parasit. Vectors* 8(1), 450-455
- HUSSEIN M.F., HAROUN E.M. (1975) Bovine cutaneous besnoitiosis in the Sudan: a case report. *Br. Vet. J.* 131(1), 85-88
- ID.VET (2017) Rapport de validation ID Screen® *Besnoitia* Milk Indirect. Communication écrite
- IGBOKWE I.O., ABBA Y., NWAGBARA N.D. (2009) Prevalence of *Besnoitia* Cysts in Pachydermatous Skin Lesions of Cattle in Northeastern Nigeria. *Niger. J. Exp. Appl. Biol.* 10(1), 31-36
- INSTITUT PIERRE LOUIS UMR S 1136, SORBONNE UNIVERSITÉ (2018) BiostaTGV. In *BiostaTGV*. [<https://marne.u707.jussieu.fr/biostatgv/>]
- JACQUIET P., ALZIEU J.P., LIÉNARD E., *et al.* (2012) Dynamique de la transmission de la besnoitiose bovine à *Besnoitia besnoiti* entre troupeaux et au sein de troupeaux infectés. In *Journée nationale des GTV, Nantes, 23-25 Mai*, Paris, SNGTV, pp 535-540
- JACQUIET P., ALZIEU J.-P. (2009) A quand la besnoitiose au nord de la Loire ? *Point Vét.* n°301, 11
- JANITSCHKE K., DE VOS A.J., BIGALKE R.D. (1984) Serodiagnosis of bovine besnoitiosis by ELISA and immunofluorescence tests. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 51(4), 239-243

- JENKINS M.C., ELLIS J.T., LIDDELL S., *et al.* (1999) The relationship of *Hammondia hammondi* and *Sarcocystis mucosa* to other heteroxenous cyst-forming coccidia as inferred by phylogenetic analysis of the 18S SSU ribosomal DNA sequence. *Parasitology* 119 ( Pt 2), 135-142
- KIEHL E., HEYDORN A.O., SCHEIN E., *et al.* (2010) Molecular biological comparison of different *Besnoitia* species and stages from different countries. *Parasitol. Res.* 106(4), 889-894
- KUMI-DIAKA J., WILSON S., SANUSI A., NJOKU C.E., OSORI D.I. (1981) Bovine besnoitiosis and its effect on the male reproductive system. *Theriogenology* 16(5), 523-530
- LANGENMAYER M.C., GOLLNICK N.S., SCHARR J.C., *et al.* (2015a) *Besnoitia besnoiti* infection in cattle and mice: ultrastructural pathology in acute and chronic besnoitiosis. *Parasitol. Res.* 114(3), 955-963
- LANGENMAYER M.C., GOLLNICK N.S., MAJZOUB-ALTWECK M., *et al.* (2015b) Naturally Acquired Bovine Besnoitiosis: Histological and Immunohistochemical Findings in Acute, Subacute, and Chronic Disease. *Vet. Pathol.* 52(3), 476-488
- 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 Vet. Res.* 11(1), 32
- 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. *Kisaengchunghak Chapchi* 8(3), 76-80
- LEE S.-H., EO K.-Y., JUNG B.Y., KWAK D., KWON O.-D. (2017) Seroprevalence and risk factors of *Besnoitia besnoiti* infection in Korean cattle – short communication. *Acta Vet. Hung.* 65(4), 510-516
- LEGRAND P. (2003) La besnoitiose bovine en Ariège. Thèse Méd. Vét. Toulouse
- LENFANT F. (2013) Mise au point d'une technique de diagnostic sérologique par immunofluorescence indirecte de la Besnoitiose bovine à *Besnoitia besnoiti*. Thèse Méd. Vét. Toulouse
- LESSER M., BRAUN U., DEPLAZES P., *et al.* (2012) Erste Fälle von Besnoitiose bei Rindern in der Schweiz. *Schweiz. Arch. Für Tierheilkd.* 154(11), 469-474
- LIÉNARD E., SALEM A., GRISEZ C., *et al.* (2011) A longitudinal study of *Besnoitia besnoiti* infections and seasonal abundance of *Stomoxys calcitrans* in a dairy cattle farm of southwest France. *Vet. Parasitol.* 177(1-2), 20-27
- LIÉNARD E., SALEM A., JACQUIET P., *et al.* (2012) Development of a protocol testing the ability of *Stomoxys calcitrans* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Muscidae) to transmit *Besnoitia besnoiti* (Henry, 1913) (Apicomplexa: Sarcocystidae). *Parasitol. Res.* 112, 479-486
- MAKSIMOV P., HERMOSILLA C., KLEINERTZ S., HIRZMANN J., TAUBERT A. (2016) *Besnoitia besnoiti* infections activate primary bovine endothelial cells and promote PMN adhesion and NET formation under physiological flow condition. *Parasitol. Res.* 115(5), 1991-2001
- MANUALI E., LEPRI E., SALAMIDA S., *et al.* (2011) An Outbreak of Bovine Besnoitiosis in Beef Cattle Born in Central Italy. *Transbound. Emerg. Dis.* 58(5), 464-467
- MARCELINO E., MARTINS T.M., MORAIS J.B., *et al.* (2011) *Besnoitia besnoiti* protein disulfide isomerase (BbPDI): Molecular characterization, expression and in silico modelling. *Exp. Parasitol.* 129(2), 164-174
- MAROTEL G. (1912) Discussion sur « Sarcosporidiose cutanée chez une vache » par Besnoit et Robin. *Bull. Mém. Société Sci. Vét. Lyon* 15, 196-217
- MCCULLY R.M., BASSON P.A., VAN NIEKERK J.W., BIGALKE R.D. (1966) Observations on *Besnoitia* cysts in the cardio-vascular system of some wild antelopes and domestic cattle. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 33, 245-276
- MEHLHORN H., KLIMPEL S., SCHEIN E., *et al.* (2009) Another African disease in Central Europa: Besnoitiosis of cattle. I. Light and electron microscopical study. *Parasitol. Res.* 104(4), 861-868
- Microsoft Excel 2013. (2013) [Logiciel]. Redmond, Washington, Microsoft Corporation
- MOINE E., DENEVAULT-SABOURIN C., DEBIERRE-GROCKIEGO F., *et al.* (2015) A small-molecule cell-based screen led to the identification of biphenylimidazoazines with highly potent and broad-spectrum anti-apicomplexan activity. *Eur. J. Med. Chem.* 89, 386-400

- MÜLLER J., MANSER V., HEMPHILL A. (2018) In vitro treatment of *Besnoitia besnoiti* with the naphtho-quinone buparvaquone results in marked inhibition of tachyzoite proliferation, mitochondrial alterations and rapid adaptation of tachyzoites to increased drug concentrations. *Parasitology*, 1-9
- 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), e91415
- MUÑOZ-CARO T., SILVA L.M.R., RITTER C., TAUBERT A., HERMOSILLA C. (2014b) *Besnoitia besnoiti* tachyzoites induce monocyte extracellular trap formation. *Parasitol. Res.* 113(11), 4189-4197
- NAMAZI F., ORYAN A., SHARIFIYAZDI H. (2011) Genetic characterization of the causative agent of besnoitiosis in goats in Iran on the basis of internal transcribed spacer rDNA and its comparison with *Besnoitia* species of other hosts. *Parasitol. Res.* 108(3), 633-638
- 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. *Vet. Parasitol.* 186(3-4), 480-485
- NEUMAN M. (1972) Serological survey of *Besnoitia besnoiti* (Marotel 1912) infection in Israel by immunofluorescence. *Zentralbl. Veterinarmed. [B]* 19(5), 391-396
- NEUMAN M., NOBEL T.A. (1981) Observations on the pathology of besnoitiosis in experimental animals. *Zentralbl. Veterinarmed. [B]* 28(5), 345-354
- NIETO-RODRÍGUEZ J.M., CALERO-BERNAL R., ÁLVAREZ-GARCÍA G., *et al.* (2016) Characterization of an outbreak of emerging bovine besnoitiosis in southwestern Spain. *Parasitol. Res.* 115(7), 2887-2892
- NJAGI O.N., NDARATHI C.M., NYAGA P.N., MUNGA L.K. (1998) An epidemic of besnoitiosis in cattle in Kenya. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 65(2), 133-136
- NJAGI O.N., ENTZEROTH R., NYAGA P.N., MUSOKE A.J. (2004) Monoclonal antibodies identify two neutralization-sensitive epitopes in *Besnoitia besnoiti* endocytes. *Parasitol. Res.* 94(4), 247-253
- NJENGA J.M., BWANGAMOI O., MUTIGA E.R., KANGETHE E.K., MUGERA G.M. (1993) Preliminary findings from an experimental study of caprine besnoitiosis in Kenya. *Vet. Res. Commun.* 17(3), 203-208
- NJENGA J.M., BWANGAMOI O., KANGETHE E.K., MUGERA G.M., MUTIGA E.R. (1995) Comparative ultrastructural studies on *Besnoitia besnoiti* and *Besnoitia caprae*. *Vet. Res. Commun.* 19(4), 295-308
- NJENGA J.M., MUNYUA S.J., BWANGAMOI O., *et al.* (1999) Prevalence of besnoitiosis in domestic ruminants in Kenya: a preliminary survey. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 70(4), 151-153
- NOBEL T.A., KLOPFER U., PERL S., *et al.* (1981) Histopathology of genital besnoitiosis of cows in Israel. *Vet. Parasitol.* 8(4), 271-276
- OLIAS P., SCHADE B., MEHLHORN H. (2011) Molecular pathology, taxonomy and epidemiology of *Besnoitia* species (Protozoa: Sarcocystidae). *Infect. Genet. Evol.* 11(7), 1564-1576
- PAPADOPOULOS E., ARSENOS G., PTOCHOS S., *et al.* (2014) First report of *Besnoitia besnoiti* seropositive cattle in Greece. *J. Hell. Vet. Med. Soc.* 65(2), 115-120
- PETESHEV V.M., GALUZO I.G., POLOMOSHNOV A.P. (1974) Koshki-definitivnye khozyaeva besnoitii [Cats as definitive hosts of *Besnoitia besnoiti*] - Abstract n°3812. *Vet. Bull.* 44, 484
- POLS J.W. (1954) The artificial transmission of *Globidium besnoiti* Marotel, 1912, to cattle and rabbits. *J. S. Afr. Vet. Med. Assoc.* 25(2), 37-44
- POLS J.W. (1960) Studies on bovine besnoitiosis with special reference to the aetiology. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 28, 265-356
- PROVOST A. (1975) Note clinique : Un cas de globidiose cutanée bovine. *Rev. Délevage Médecine Vét. Pays Trop.* 28(1), 13-15
- RICHARD L. (2017) Un premier cas de besnoitiose bovine dans les Vosges. *Sem. Vét.* n°1710, 29
- RINALDI L., MAURELLI M.P., MUSELLA V., *et al.* (2013) First cross-sectional serological survey on *Besnoitia besnoiti* in cattle in Italy. *Parasitol. Res.* 112(4), 1805-1807

- ROSTAHER A., MUELLER R.S., MAJZOUB M., SCHARES G., GOLLNICK N.S. (2010) Bovine besnoitiosis in Germany. *Vet. Dermatol.* 21, 329-334
- RYAN E.G., LEE A., CARTY C., *et al.* (2016) Bovine besnoitiosis (*Besnoitia besnoiti*) in an Irish dairy herd. *Vet. Rec.* 178(24), 608-615
- SANNUSI A. (1991) A simple field diagnostic smear test for bovine besnoitiosis. *Vet. Parasitol.* 39(1-2), 185-188
- SCHARÉS G., BASSO W., MAJZOUB M., *et al.* (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. *Vet. Parasitol.* 171(1-2), 32-40
- SCHARÉS G., BASSO W., MAJZOUB M., *et al.* (2011a) Evaluation of a commercial ELISA for the specific detection of antibodies against *Besnoitia besnoiti*. *Vet. Parasitol.* 175(1-2), 52-59
- SCHARÉS G., MAKSIMOV A., BASSO W., *et al.* (2011b) Quantitative real time polymerase chain reaction assays for the sensitive detection of *Besnoitia besnoiti* infection in cattle. *Vet. Parasitol.* 178(3-4), 208-216
- SCHARÉS G., LANGENMAYER M.C., SCHARR J.C., *et al.* (2013) Novel tools for the diagnosis and differentiation of acute and chronic bovine besnoitiosis. *Int. J. Parasitol.* 43(2), 143-154
- SCHARÉS G., LANGENMAYER M.C., MAJZOUB-ALTWECK M., *et al.* (2016) Naturally acquired bovine besnoitiosis: Differential distribution of parasites in the skin of chronically infected cattle. *Vet. Parasitol.* 216, 101-107
- SCHULZ K.C.A. (1960) A report on naturally acquired Besnoitiosis in bovines with special reference to its pathology. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 31(1), 21-36
- SEKONI V.O., SANUSI A., ABATAN M.O.I., *et al.* (1992) Loss of libido and terminal sterility in a Friesian bull naturally infected with *Besnoitia besnoiti* in Northern Nigeria: A case report. *Theriogenology* 37(2), 533-549
- SHARIF S., JACQUIET P., PREVOT F., *et al.* (2017) Assessment of persistence of *Besnoitia besnoiti* (Henry, 1913) bradyzoites in *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae). *Rev. Med. VÉTÉRINAIRE* 168(7-9), 197-203
- SHKAP V., DE WAAL D.T., POTGIETER F.T. (1985) Chemotherapy of experimental *Besnoitia besnoiti* infection in rabbits. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 52(4), 289
- SHKAP V., PIPANO E., UNGAR-WARON H. (1987) *Besnoitia besnoiti*: chemotherapeutic trials in vivo and in vitro. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.* 40(3), 259-264
- SHKAP V., PIPANO E., MARCUS S., KRIGEL Y. (1994) Bovine besnoitiosis: transfer of colostral antibodies with observations possibly relating to natural transmission of the infection. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 61(3), 273-275
- SHKAP V., RESKE A., PIPANO E., FISH L., BASZLER T. (2002) Immunological relationship between *Neospora caninum* and *Besnoitia besnoiti*. *Vet. Parasitol.* 106(1), 35-43
- SMITH D.D., FRENKEL J.K. (1977) *Besnoitia darlingi* (Protozoa: Toxoplasmatinae): cyclic transmission by cats. *J. Parasitol.* 63(6), 1066-1071
- TALAFHA A.Q., AL-MAJALI A.M., ABABNEH M.M., ABUTARBUSH S.M. (2015) Epidemiologic study on *Besnoitia besnoiti* infection in dairy herds in Jordan. *Parasitol. Res.* 114(7), 2491-2497
- TAUBERT A., HERMOSILLA C., SILVA L.M.R., *et al.* (2016) Metabolic signatures of *Besnoitia besnoiti*-infected endothelial host cells and blockage of key metabolic pathways indicate high glycolytic and glutaminolytic needs of the parasite. *Parasitol. Res.* 115(5), 2023-2034
- THOMAS C. (2007) La besnoitiose bovine, *Données bibliographiques*. Thèse Méd. Vét. Toulouse
- UZÊDA R.S., ANDRADE M.R., CORBELLINI L.G., *et al.* (2014) Frequency of antibodies against *Besnoitia besnoiti* in Brazilian cattle. *Vet. Parasitol.* 199(3-4), 242-246
- VANHOUDT A., PARDON B., DE SCHUTTER P., *et al.* (2015) First confirmed case of bovine besnoitiosis in an imported bull in Belgium. *Vlaams Diergeneesk. Tijdschr.* 84(4), 205-211
- VERMA S.K., CERQUEIRA-CÉZAR C.K., MURATA F.H.A., *et al.* (2017) Bobcats (*Lynx rufus*) are natural definitive host of *Besnoitia darlingi*. *Vet. Parasitol.* 248, 84-89
- WAAP H., CARDOSO R., MARCELINO E., *et al.* (2011) A modified agglutination test for the diagnosis of *Besnoitia besnoiti* infection. *Vet. Parasitol.* 178(3-4), 217-222
- WAAP H., NUNES T., CORTES H., LEITÃO A., VAZ Y. (2014) Prevalence and geographic distribution of *Besnoitia besnoiti* infection in cattle herds in Portugal. *Parasitol. Res.* 113(10), 3703-3711

- WANG X., LIU W. (1987) Preparation of antigen from *Besnoitia besnoiti* (bovine) and study on diagnosis of bovine besnoitiosis using indirect haemagglutination test. *Acta Vet. Zootech. Sin.* 18(1), 55-61
- ZANGO M.K., MALGWI S.A., KYARI F., *et al.* (2016) Prevalence of Besnoitiosis and Associated Histopathological Changes Amongst Apparently Healthy Cattle and Goats at Slaughter in Maiduguri Central Abattoir, Borno State, North Eastern Nigeria. *IOSR J. Agric. Vet. Sci.* 09(08), 43-47

## **Annexe 1 : Questionnaire diffusé aux GDS**

---

Une étoile indique une question à réponse obligatoire. Les questions précédées d'un retrait sont celles dont l'affichage est subordonné à la condition énoncée avant. QRO : question à réponse ouverte. QCMU : question à choix multiple et réponse unique. QCMM : question à choix multiple et à réponse multiple autorisée.

### **Partie 1/4 : Présentation générale du département/de la région**

**Q1** : Nom du GDS \* *QRO*

**Q2** : Nom et prénom de la personne répondant au questionnaire *QRO*

Par la suite, le terme de « zone » fait référence à la zone géographique couverte par votre GDS (département dans la plupart des cas, ou région lorsque c'est le cas).

**Q3** : Nombre de troupeaux de bovins dans votre zone (allaitant, laitier et mixte) en 2017 *QRO*

**Q4** : Nombre de bovins dans votre zone (tout type de production et tout âge) en 2017 *QRO*

**Q5** : Proportion de troupeaux laitiers vs troupeaux allaitants dans votre zone en 2017 *QRO*

**Q6** : Avez-vous des alpages, estives, marais collectifs avec mélanges d'animaux provenant de troupeaux différents ? *QCMU*

- Non
- Non en majorité
- Oui en majorité
- Oui
- Autre, merci de préciser : *QRO*

### **Partie 2/4 : Statut sanitaire de la zone vis-à-vis de la besnoitiose bovine (1/2)**

Dans la suite du questionnaire, on appellera "cas de besnoitiose bovine" un animal confirmé atteint de besnoitiose bovine par un examen complémentaire (par exemple : sérologie, PCR, histologie, etc.)

**Q7** : Avez-vous connaissance de cas de besnoitiose bovine survenus dans votre zone avant 2007 ? *QCMU*

- Oui
- Non
- Ne sait pas

Si "Oui" à Q7 :

**Q8** : En quelle année le premier cas de besnoitiose bovine a-t-il été rapporté ? *QRO*

**Q9** : En quelle année le dernier cas de besnoitiose bovine a-t-il été rapporté ? *QRO*

**Q10** : Combien de troupeaux infectés ont été détectés au total ? *QRO*

**Q11** : Avez-vous connaissance de cas de besnoitiose bovine survenus dans votre zone depuis 2007 ? *QCMU*

- Oui
- Non
- Ne sait pas

### **Partie 2/4 : Statut sanitaire de la zone vis-à-vis de la besnoitiose bovine (2/2)**

Combien de nouveaux troupeaux ont été détectés (répondre par 0 si aucun cas détecté une année et -1 si vous ne savez pas le nombre de troupeaux détectés une année)

Merci d'indiquer précisément les années où des cas ont été recensés afin que l'étude de la diffusion géographique de la maladie soit la plus précise possible.

**Q12** : en 2007 ? *QRO*

Si valeur > 0 :

**Q13** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux laitiers infectés détectés en 2007 *QRO*

**Q14** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux allaitants infectés détectés en 2007 *QRO*

**Q15** : en 2008 ? *QRO*

Si valeur > 0 :

**Q16** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux laitiers infectés détectés en 2008 *QRO*

**Q17** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux allaitants infectés détectés en 2008 *QRO*

**Q18** : en 2009 ? *QRO*

Si valeur > 0 :

**Q19** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux laitiers infectés détectés en 2009 *QRO*

**Q20** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux allaitants infectés détectés en 2009 *QRO*

**Q21** : en 2010 ? *QRO*

Si valeur > 0 :

**Q22** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux laitiers infectés détectés en 2010 *QRO*

**Q23** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux allaitants infectés détectés en 2010 *QRO*

**Q24** : en 2011 ? *QRO*

Si valeur > 0 :

**Q25** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux laitiers infectés détectés en 2011 *QRO*

**Q26** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux allaitants infectés détectés en 2011 *QRO*

**Q27** : en 2012 ? *QRO*

Si valeur > 0 :

**Q28** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux laitiers infectés détectés en 2012 *QRO*

**Q29** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux allaitants infectés détectés en 2012 *QRO*

**Q30** : en 2013 ? *QRO*

Si valeur > 0 :

**Q31** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux laitiers infectés détectés en 2013 *QRO*

**Q32** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux allaitants infectés détectés en 2013 *QRO*

**Q33** : en 2014 ? *QRO*

Si valeur > 0 :

**Q34** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux laitiers infectés détectés en 2014 *QRO*

**Q35** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux allaitants infectés détectés en 2014 *QRO*

**Q36** : en 2015 ? *QRO*

Si valeur > 0 :

**Q37** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux laitiers infectés détectés en 2015 *QRO*

**Q38** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux allaitants infectés détectés en 2015 *QRO*

**Q39** : en 2016 ? *QRO*

Si valeur > 0 :

**Q40** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux laitiers infectés détectés en 2016 *QRO*

**Q41** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux allaitants infectés détectés en 2016 *QRO*

**Q42** : en 2017 ? *QRO*

Si valeur > 0 :

**Q43** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux laitiers infectés détectés en 2017 *QRO*

**Q44** : Merci de préciser si possible le nombre de nouveaux troupeaux allaitants infectés détectés en 2017 *QRO*

### **Partie 3/4 : Moyens de surveillance et de lutte contre la besnoitiose bovine (1/12)**

**Q45** : La besnoitiose bovine a-t-elle fait l'objet de mesures de surveillance dans votre département ces 10 dernières années ? *QCMM*

- Non
- Surveillance événementielle par détection des suspicions cliniques
- Surveillance programmée par campagnes de dépistage
- Surveillance programmée par dépistage à l'introduction
- Autre, merci de préciser : *QRO*

Si "Non" à Q45 :

**Q46** : Pour quelle(s) raison(s) ? *QCMM*

- Pas de cas dans la zone
- Trop peu de cas dans la zone
- Pas d'intérêt sanitaire à surveiller cette maladie
- Pas d'intérêt économique à surveiller cette maladie
- Manque de moyens techniques
- Manque de moyens financiers
- Ne sait pas
- Autre, merci de préciser : *QRO*



Si "Surveillance événementielle [...]" à Q45, les questions Q47 à Q50 sont posées.

Si "Surveillance programmée par campagnes [...]" à Q45, les questions Q51 à Q58 sont posées.

Si "Surveillance programmée par dépistage à l'introduction" à Q45, les questions Q59 à Q64 sont posées.

### **Partie 3/4 : Moyens de surveillance et de lutte contre la besnoitiose bovine (2/12)**

**Q47** : Depuis quand la besnoitiose bovine fait-elle l'objet d'une surveillance événementielle par détection des suspicions cliniques dans votre zone ? *Liste déroulante : avant 2007, 2007, 2008, ... , 2017*

**Q48** : Sur la base de quels critères cliniques suspectez-vous un cas de besnoitiose bovine ? *QCMM*

- Critères spécifiques
- Critères non spécifiques
- Autre, merci de préciser : *QRO*

Si "Critères spécifiques" à Q48 :

**Q49** : Quels critères spécifiques utilisez-vous pour suspecter cliniquement un cas de besnoitiose bovine ? *QRO*

Si "Critères non spécifiques" à Q48 :

**Q50** : Quels critères non spécifiques utilisez-vous pour suspecter cliniquement un cas de besnoitiose bovine ? *QRO*

### **Partie 3/4 : Moyens de surveillance et de lutte contre la besnoitiose bovine (3/12)**

**Q51** : Depuis quand la besnoitiose bovine fait-elle l'objet d'une surveillance par campagnes de dépistage dans votre zone ? *Liste déroulante : avant 2007, 2007, 2008, ... , 2017*

**Q52** : Quels élevages sont concernés par les campagnes régulières de dépistage ? *QCMM*

- Tous
- Élevages volontaires
- Élevages infectés
- Autre, merci de préciser : *QRO*

**Q53** : Quelle catégorie d'animaux fait l'objet d'un dépistage lors de campagnes régulières ? *QCMM*

- Tous les animaux
- Seulement certains animaux considérés à risque
- Autre, merci de préciser : *QRO*

Si "Seulement certains animaux considérés à risque" à Q53 :

**Q54** : Quels animaux sont considérés à risque ? *QCMM*

- Animaux provenant d'élevages infectés
- Animaux provenant de départements ayant des cas connus
- Autre, merci de préciser : *QRO*

Si "Tous" à Q52 :

**Q55** : A quelle fréquence les dépistages sont-ils réalisés dans tous les élevages ? *QCMM*

- Annuellement
- Semestriellement
- Mensuellement
- Autre, merci de préciser : *QRO*

Si "Élevages volontaires" à Q52 :

**Q56** : A quelle fréquence les dépistages sont-ils réalisés dans les élevages volontaires ? *QCMM*

- Annuellement
- Semestriellement
- Mensuellement
- Autre, merci de préciser : *QRO*

Si "Élevages infectés" à Q52 :

**Q57** : A quelle fréquence les dépistages sont-ils réalisés dans les élevages infectés ? *QCMM*

- Annuellement
- Semestriellement
- Mensuellement
- Autre, merci de préciser : *QRO*

**Q58** : Combien d'animaux ont fait l'objet d'un dépistage de besnoitiose bovine dans le cadre de la campagne de dépistage sur l'année 2017 ? *QRO*

### **Partie 3/4 : Moyens de surveillance et de lutte contre la besnoitiose bovine (4/12)**

**Q59** : Depuis quand la besnoitiose bovine fait-elle l'objet de dépistages à l'introduction dans votre zone ? *Liste déroulante : avant 2007, 2007, 2008, ... , 2017*

**Q60** : Quels élevages sont concernés par les dépistages à l'introduction ? *QCMM*

- Tous
- Elevages volontaires
- Elevages infectés
- Autre, merci de préciser : *QRO*

**Q61** : Quelle catégorie d'animaux fait l'objet d'un dépistage à l'introduction ? *QCMM*

- Tous les animaux
- Seulement certains animaux considérés à risque
- Autre, merci de préciser : *QRO*

Si "Seulement certains animaux considérés à risque" à Q61 :

**Q62** : Quels animaux sont considérés à risque ? *QCMM*

- Animaux provenant d'élevages infectés
- Animaux provenant de départements ayant des cas connus
- Autre, merci de préciser : *QRO*

**Q63** : Combien d'animaux ont fait l'objet d'un dépistage de besnoitiose bovine dans le cadre d'un dépistage à l'introduction sur l'année 2017 ? *QRO*

**Q64** : Combien de bovins ont été introduit dans la zone dans l'année 2017 ? *QRO*

### **Partie 3/4 : Moyens de surveillance et de lutte contre la besnoitiose bovine (5/12)**

**Q65** : Combien de critères diagnostiques doivent être rempli afin de confirmer un cas de besnoitiose bovine dans votre zone ? *QCMM*

- Non concerné
- Un critère suffit
- Plus d'un critère
- Autre, merci de préciser : *QRO*

Si "Un critère suffit" à Q65 :

**Q66** : Quel(s) critère(s) unique(s) utilisez-vous pour confirmer un cas de besnoitiose bovine ? (possibilité de disposer de plusieurs manières de confirmer un cas à partir d'un seul critère diagnostique) *QCMM*

- Examen clinique seul
- Résultat d'analyse sérologique seul
- Résultat d'analyse histologique sur biopsie seul
- Résultat d'analyse PCR sur tissu ou sang seul
- Mise en culture du parasite seul
- Autre, merci de préciser : *QRO*

Si "Plus d'un critère" à Q65 :

**Q67** : Quels critères utilisez-vous pour confirmer un cas de besnoitiose bovine ? *QCMM*

- Examen clinique + analyse sérologique
- Examen clinique + analyse histologique
- Examen clinique + analyse PCR
- Examen clinique + mise en culture
- Analyses sérologique + histologique
- Analyses sérologique + PCR
- Analyse sérologique + mise en culture
- Analyses histologique + PCR
- Analyse histologique + mise en culture
- Analyse PCR + mise en culture
- Examen clinique + analyses sérologique + histologique
- Examen clinique + analyses sérologiques + PCR
- Examen clinique + analyse sérologique + mise en culture
- Examen clinique + analyses histologiques + PCR
- Examen clinique + analyse histologique + mise en culture
- Examen clinique + analyse PCR + mise en culture
- Analyses sérologique + histologique + PCR
- Analyses sérologique + histologique + mise en culture
- Analyses sérologique + PCR + mise en culture
- Analyses histologique + PCR + mise en culture
- Examen clinique + analyses sérologique + histologique + PCR
- Examen clinique + analyses sérologique + histologique + culture
- Examen clinique + analyses sérologique + PCR + culture
- Examen clinique + analyses histologique + PCR + culture
- Analyses sérologique + histologique + PCR + culture
- Examen clinique + analyses sérologique + histologique + PCR + culture
- Autre, merci de préciser : *QRO*

**Q68** : Si vous utilisez la sérologie, quelle(s) technique(s) utilisez-vous pour diagnostiquer un cas de besnoitiose bovine ? *QCMM*

- Immunofluorescence indirecte (IFI)
- Dosage d'immunoabsorption par enzyme liée (ELISA)
- Western Blot (WB)
- IFI et ELISA
- IFI et WB
- ELISA et WB
- IFI, ELISA et WB
- Autre ou précision : *QRO*

### **Partie 3/4 : Moyens de surveillance et de lutte contre la besnoitiose bovine (6/12)**

**Q69** : Quels critères cliniques utilisez-vous pour confirmer un cas de besnoitiose bovine dans votre zone ? *QCMM*

- Non concerné
- Kystes dans les conjonctives sclérales
- Kystes dans les muqueuses vulvaires
- Autre, merci de préciser : *QRO*

### **Partie 3/4 : Moyens de surveillance et de lutte contre la besnoitiose bovine (7/12)**

**Q70** : Quel est le devenir des animaux confirmés atteints de besnoitiose bovine ? *QCMM*

- Isolement du reste du troupeau
- Traitement
- Envoi à l'abattoir
- Euthanasie
- Autre, merci de préciser : *QRO*

**Q71** : Si le devenir d'un animal atteint peut être variable en fonction des cas, merci de préciser les critères de choix de chaque devenir possible d'un chaque animal atteint (par exemple : état général de l'animal, forte infestation du troupeau...). *QRO*

Si "Traitement" à Q70 :

**Q72** : Quel traitement conseillez-vous contre la besnoitiose bovine ? *QCMM*

- Sulfamidothérapie
- Symptomatique (par exemple : anti-inflammatoire, diurétique, etc.)
- Autre, merci de préciser : *QRO*

### **Partie 3/4 : Moyens de surveillance et de lutte contre la besnoitiose bovine (8/12)**

**Q73** : Demandez-vous que les cas (suspects et/ou confirmés) de besnoitiose bovine survenant dans votre zone vous soient rapportés ? *QCMM*

- Non
- Oui, dès le stade de la suspicion
- Oui, seulement pour les cas confirmés par analyse de laboratoire
- Autre, merci de préciser : *QRO*

Si autre que "Non" à Q73 :

**Q74** : Sur une échelle de 1 à 10, à combien estimez-vous le nombre de cas cliniques qui vous sont notifiés par rapport au nombre de cas observés sur le terrain ? (1 correspondant à aucun cas ou presque et 10 à la totalité des cas). *Échelle de 1 à 10*

### **Partie 3/4 : Moyens de surveillance et de lutte contre la besnoitiose bovine (9/12)**

**Q75** : Des mesures de lutte anti-vectorielle contre la besnoitiose bovine ont-elles été mises en place dans votre zone ? *QCMM*

- Non
- Couverture des tas de fumier et des fosses à lisier
- Mise en place de filets contre les insectes
- Mise en place de pièges contre les insectes
- Traitements anti-parasitaires externes (insecticides et/ou répulsifs)
- Lutte biologique (parasitoïdes ou prédateurs)

- Recommandations d'utiliser des aiguilles à usage unique
- Autre, merci de préciser : *QRO*

Si "Non" à Q75 :

**Q76** : Pour quelle(s) raison(s) ? *QCMM*

- La besnoitiose bovine n'est pas présente dans la zone
- Manque de moyens économiques
- Manque de moyens techniques
- Manque d'intérêt montré par les éleveurs pour ce type de lutte
- Autre, merci de préciser : *QRO*

Si "[...] filets [...]" à Q75 :

**Q77** : Comment les filets sont-ils employés dans votre zone ? *QCMM*

- Filets à l'intérieur des bâtiments
- Filets en pâture
- Filets simples
- Filets imprégnés d'insecticide
- Autre, merci de préciser : *QRO*

Si "[...] pièges [...]" à Q75 :

**Q78** : Quels pièges sont utilisés dans votre zone ? *QCMM*

- Pièges en toile, coniques ou biconiques
- Pièges à colle
- Ecrans imprégnés d'insecticide
- Autre, merci de préciser : *QRO*

Si "Traitements anti-parasitaires externes [...]" à Q75 :

**Q79** : Quels traitements anti-parasitaires externes conseillez-vous dans votre zone dans l'objectif de lutter contre la besnoitiose bovine ? *QCMM*

- Pyréthriinoïdes de synthèse
- Lactones macrocycliques
- Répulsifs non-insecticides (DEET, Oxamate, etc.)
- Autre, merci de préciser : *QRO*

**Q80** : Sur quel type de support sont utilisés les anti-parasitaires externes ? *QCMM*

- Sur les animaux
- Dans les bâtiments
- Sur les tas de fumier
- Autre, merci de préciser : *QRO*

Si "Lutte biologique [...]" à Q75 :

**Q81** : Vous pratiquez la lutte biologique contre les insectes vecteurs, merci de préciser les circonstances (espèces utilisées, saison, etc.) : *QRO*

### **Partie 3/4 : Moyens de surveillance et de lutte contre la besnoitiose bovine (10/12)**

**Q82** : Des aides financières ont-elles été mises en œuvre dans votre département dans le cadre de la lutte contre la besnoitiose bovine ? *QCMM*

- Non
- Oui, pour soutenir les éleveurs dans la lutte anti-vectorielle
- Oui, pour soutenir les éleveurs dans le dépistage par campagnes
- Oui, pour soutenir les éleveurs dans le dépistage à l'introduction

- Oui, pour soutenir les éleveurs dans l'élimination des bovins malades
- Oui, pour soutenir les éleveurs dans le traitement des bovins malades
- Oui, pour soutenir les éleveurs dans un autre objectif, merci de préciser : *QRO*

Si "Non" à Q82 :

**Q83** : Pour quelle(s) raison(s) ? *QCMM*

- Pas de cas de besnoitiose bovine dans la zone
- Trop peu de cas de besnoitiose bovine dans la zone
- Pas de plan de lutte organisé par le GDS
- Pas d'intérêt financier à lutter contre cette maladie
- Par manque de moyens financiers
- Ne sait pas
- Autre, merci de préciser : *QRO*

### **Partie 3/4 : Moyens de surveillance et de lutte contre la besnoitiose bovine (11/12)**

**Q84** : Avez-vous réalisé des activités de communication sur la besnoitiose bovine au cours des 10 dernières années ? Si oui, merci de préciser auprès de quel public et par quel(s) moyen(s) *QCMM*

- Non
- Au près des éleveurs
- Au près des vétérinaires
- Par le biais de plaquettes d'information
- Par le biais de courrier ou de mails
- Par le biais de réunion d'information
- Par le biais de publications sur le site internet du GDS
- Autre, merci de préciser : *QRO*

Si "Non" à Q84 :

**Q85** : Pour quelle(s) raison(s) ? *QCMM*

- Pas de cas dans la zone
- Pas ou peu d'intérêt montré par les éleveurs
- Pas ou peu d'intérêt montré par les vétérinaires
- Par manque de moyens financiers
- Ne sait pas
- Autre, merci de préciser : *QRO*

### **Partie 3/4 : Moyens de surveillance et de lutte contre la besnoitiose bovine (12/12)**

**Q86** : Si vous utilisez des moyens de lutte (prévention, gestion) qui n'ont pas été cités jusqu'ici, merci de les indiquer ici : *QRO*

### **Partie 4/4 : Perspectives**

**Q87** : Seriez-vous intéressé par des informations supplémentaires sur la besnoitiose bovine ? *QCMM*

- Non
- Oui, sur la maladie, sa diffusion et son extension géographique
- Oui, sur les éléments cliniques et de suspicion de la maladie
- Oui, sur les modalités de surveillance
- Oui, sur les modalités diagnostiques (tests de laboratoire notamment)
- Oui, sur les mesures de lutte
- Oui, autre, merci de préciser : *QRO*

Si autre que "Non" à Q87 :

**Q88** : Sous quel format souhaiteriez-vous bénéficier d'informations sur la besnoitiose bovine ? *QCMM*

- Articles de vulgarisation
- Articles de formation continue publiés dans la presse professionnelle
- Plaquettes d'informations
- Réunions d'information
- Sessions de formation
- Autre, merci de préciser : *QRO*

**Q89** : Suite à ce questionnaire, souhaiteriez-vous mettre en place des mesures de lutte dans votre zone ? *QCMM*

- Non
- Oui, pour la mise en place de mesures de lutte anti-vectorielles
- Oui, pour le dépistage des cas subcliniques
- Oui, pour le dépistage des cas cliniques
- Oui, pour l'élimination des animaux malades
- Oui, pour le traitement des animaux malades
- Oui, autre, merci de préciser : *QRO*

Si "Non" à Q89 :

**Q90** : Pour quelle(s) raison(s) ? *QCMM*

- Un plan de lutte satisfaisant est déjà en place dans la zone
- Pas de cas de besnoitiose bovine dans la zone
- Manque de moyens financiers
- Manque de possibilités techniques
- Autre, merci de préciser : *QRO*

**Q91** : Les éleveurs de votre zone semblent-ils intéressés et motivés par un plan de lutte contre la besnoitiose bovine, que vous en meniez un ou dans l'éventualité de l'établissement d'un tel plan à l'avenir ? *QCMU*

- Très intéressés et motivés
- Intéressés et motivés
- Peu intéressés et motivés
- Pas intéressés et motivés
- Ne sait pas

## **Conclusion**

**Q92** : Si vous avez des remarques ou des interrogations à l'issue de ce questionnaire, n'hésitez pas à m'en faire part ici, ou à me contacter par email ([raphael.chemouni@vet-alfort.fr](mailto:raphael.chemouni@vet-alfort.fr)). *QRO*

**Q93** : Si vous souhaitez être contactés pour recevoir les résultats de ce questionnaire, merci de laisser une adresse mail à laquelle je pourrai vous contacter. *QRO n'acceptant qu'une adresse mail*

Merci pour votre participation, vos réponses ont bien été enregistrées.

# 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

**NOM et Prénom : CHEMOUNI Raphaël**

## **Résumé**

La besnoitiose bovine est due au protozoaire Apicomplexa *Besnoitia besnoiti*. Son évolution géographique récente vers le Nord et l'Est de l'Europe inquiète les gestionnaires de la maladie et conduit à des interrogations sur son évolution en France, où elle semblait jusqu'alors se cantonner au Sud-Ouest, ainsi que sur les plans de lutte mis en œuvre à son encontre, cette maladie n'étant pas réglementée à l'échelle européenne ou nationale. La première partie de ce travail constitue une revue des données bibliographiques actuelles sur la besnoitiose bovine. La seconde présente les résultats d'une enquête en ligne réalisée auprès des GDS de France métropolitaine.

**Objectif** : Cette étude poursuivait deux objectifs : d'une part investiguer l'extension géographique de la besnoitiose bovine en France avant et après 2007, d'autre part étudier les différentes modalités de surveillance ou de lutte mises en place ou conseillées par les GDS.

**Matériel et méthode** : L'étude s'est fondée sur un questionnaire en ligne, élaboré conjointement avec GDS France et diffusé par les soins de cet organisme, adressé aux GDS de France métropolitaine. Ce questionnaire était divisé en plusieurs parties qui investigaient tour à tour la présence ou non de la maladie dans les zones couvertes par les GDS, les plans de surveillance et les plans de lutte mis en place, ainsi que les attentes des répondants, notamment en termes de formation et de communication.

**Résultats** : Sur 82 GDS contactés, 58 ont répondu à l'enquête. Des cas de besnoitiose bovine ont été recensés chez 76 % d'entre eux, au Nord et au Sud du pays. La besnoitiose bovine a connu une très forte extension géographique en France entre 2007 et 2017. Des plans de surveillance sont actuellement mis en place par 74 % des GDS répondants, reposant majoritairement sur la détection des suspicions cliniques, puis sur des dépistages à l'introduction et enfin sur des campagnes de dépistage. Les plans de lutte comprennent l'élimination, l'isolement et le traitement des bovins malades, ainsi que des mesures de lutte anti-vectorielle. Les modalités de mise en œuvre des mesures de surveillance et de lutte variaient fortement entre les répondants.

**Discussion** : L'étude a démontré qu'à l'image de ce qui se passe en Europe, la besnoitiose bovine en France ne peut plus être considérée que comme une maladie du Sud-Ouest. Aujourd'hui, toutes les régions sont concernées, quelle que soit leur localisation géographique. Toutefois, l'étude a pu être biaisée par une sous-déclaration de la présence de la besnoitiose bovine, par crainte de pénalités, notamment lors de la vente d'animaux vivants. Par ailleurs, la lutte collective pourrait être améliorée par une harmonisation des méthodes de surveillance et de lutte. Cette étude semble avoir permis de sensibiliser les GDS à la question de la besnoitiose bovine et a démontré un besoin et une volonté de formation à ce sujet au sein des GDS.

## **Mots clés**

PROTOZOOSE / PARASITOLOGIE / BESNOITIOSE BOVINE / *BESNOITIA BESNOITI* / SURVEILLANCE ÉPIDÉMIOLOGIQUE / ENQUÊTE / BOVIN / FRANCE

## **Jury :**

Président : Pr.

Directeur : Dr Julie Rivière

Assesseur : Dr Véronica Risco-Castillo



# **BOVINE BESNOITIOSIS IN FRANCE: RETROSPECTIVE SURVEY OF THE EPIDEMIOLOGICAL SITUATION, MONITORING AND CONTROL MEASURES PRECONIZED BY THE FRENCH METROPOLITAN GDS**

**SURNAME and given name: CHEMOUNI Raphaël**

## **Summary**

Bovine besnoitiosis is caused by the Apicomplexa protozoan *Besnoitia besnoiti*. Its recent geographical evolution to the northern and eastern Europe worries the French animal health authorities and makes them wonder about its evolution in France, where it appeared hitherto confined to the South-West, and about the surveillance and control measures implemented against it, as this disease is not regulated at European or national level. The first part of this work is a literature review about bovine besnoitiosis. The second presents the results of a survey submitted to the French GDS (breeders associations).

**Aims:** This study had two aims: the first one was to establish the geographical extent of bovine besnoitiosis in France before and after 2007; the second one was to study the different modalities implemented to monitor or control the disease, used or recommended by the GDS.

**Material and method:** The study was based on a survey, jointly elaborated with GDS France and diffused by this organism, addressed to local GDS. The survey was divided into several parts that investigated alternately the presence of the disease in GDS's areas, the monitoring and control plans implemented, and the expectations of the respondents regarding formation and communication.

**Results:** Fifty-eight out of the 82 contacted GDS responded to the survey. Cases of bovine besnoitiosis have been reported by 76 % of them, in the North and in the South of the country. Bovine besnoitiosis extended a lot between 2007 and 2017 in France. Monitoring plans have been implemented by 74 % of the respondents, mostly by means of the detection of clinical suspicions, then through screening at arrival and then through regular screening campaigns. Control measures include culling, isolation and treatment of ill animals, as well as measures against vectors. The modalities of the monitoring and control measures highly varied among respondents.

**Discussion:** The study demonstrated that, as for the evolution of the situation in Europe, bovine besnoitiosis in France cannot be just considered as a South-Western disease anymore. Currently, all regions are concerned, no matter their geographical location. This study could have been biased by an underreporting of the presence of bovine besnoitiosis, due to the fear of penalties, mostly during live animal trading. Nevertheless, the efficacy of control measures could be enhanced at a larger level by the harmonization of the monitoring and control means. This survey seems to have increased the awareness of the French GDS about bovine besnoitiosis and it has highlighted a need and a yearn for formation regarding this disease at the GDS.

## **Keywords**

PROTOZOOSIS / PARASITOLOGY / BOVINE BESNOITIOSIS / *BESNOITIA BESNOITI* / EPIDEMIOLOGICAL MONITORING / SURVEY / BOVINE / FRANCE

## **Jury:**

President: Pr.

Director: Dr Julie Rivière

Assessor: Dr Véronica Risco-Castillo