





**CORPS ENSEIGNANT DE L'E.N.V.N.**

Directeur : Pierre SAI (Pr)

<b>DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PATHOLOGIE</b> Patrick Nguyen – Professeur		
NUTRITION et ENDOCRINOLOGIE	Patrick NGUYEN (Pr) Henri DUMON (Pr)	Brigitte SILIART (Pr) Lucile MARTIN (MC)
PHARMACOLOGIE et TOXICOLOGIE	Marc GOGNY (Pr) Martine KAMMERER (Pr) Jean-Dominique PUYT (Pr)	Hervé POULIQUEN (Pr) Jean-Claude DESFONTIS (Pr) Chantal THORIN (PCEA)
PHYSIOLOGIE FONCTIONNELLE, CELLULAIRE et MOLECULAIRE	Lionel MARTIGNAT (MC) Jean-Marie BACH (MC)	Philippe BLANCOU (MC) Julie HERVE (MCC)
ANATOMIE PATHOLOGIQUE	Yan CHEREL (Pr) Jérôme ABADIE (MC)	Frédérique NGUYEN (MC) Marie-Anne COLLE (MC)
PATHOLOGIE GENERALE-MICROBIOLOGIE et IMMUNOLOGIE	Jean-Marc PERSON (Pr) Jean-Louis PELLERIN (Pr)	Hervé SEBBAG (MC) Emmanuelle MOREAU (MC)
LANGUES	Marc BRIDOU (PLEA)	
<b>DEPARTEMENT DE SANTE DES ANIMAUX D'ELEVAGE ET SANTE PUBLIQUE</b> Christine Fourichon – Maître de Conférences		
HYGIENE ET QUALITE DES ALIMENTS	Michel FEDERIGHI (Pr) Bruno LE BIZEC (Pr) Catherine MAGRAS-RESCH (Pr)	Eric DROMIGNY (MC) Marie-France PILET (MC) Jean-Michel CAPPELLIER (MC)
MEDECINE DES ANIMAUX D'ELEVAGE	Arlette LAVAL (Pr) Catherine BELLOC (MC) Isabelle BREYTON (MC)	Alain DOUART (MC) Sébastien ASSIE (MC) Raphael GUATTEO (MC)
PARASITOLOGIE GENERALE, PARASITOLOGIE DES ANIMAUX DE RENTE, FAUNE SAUVAGE ET PATHOLOGIE AQUACOLE	Monique L'HOSTIS (Pr) Alain CHAUVIN (Pr) Albert AGOULON (MC)	Guillaume BLANC (MC) Ségolène CALVEZ (MC)
MALADIE REGLEMENTEE, ZONOSSES ET REGLEMENTATION SANITAIRE	Jean-Pierre GANIERE (Pr) Suzanne BASTIAN-ORANGE (MC)	Nathalie RUVOEN-CLOUET (MC)
ZOOTECNIE, ECONOMIE	Henri SEEGER (Pr) Xavier MALHER (Pr) François BEAUDEAU (Pr)	Christine FOURICHON (MC) Nathalie BAREILLE (MC) Marc ROBERT (MC)
<b>DEPARTEMENT DE SCIENCES CLINIQUES</b> Yves Legeay - Professeur		
ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES	Patrick COSTIOU (Pr) Eric BETTI (MC)	Claire DOUART (MC) Claude GUINTARD (MC)
PATHOLOGIE CHIRURGICALE	Olivier GAUTHIER (Pr) Béatrice LIJOUR (MC) Eric AGUADO (MC)	Delphine HOLOPHERNE (MC) Olivier GEFFROY (Pr) Eric GOYENVALLE (MC)
DERMATOLOGIE, PARASITOLOGIE CARNIVORES, EQUIDES, MYCOLOGIE	Patrick BOURDEAU (Pr)	Vincent BRUET (MCC)
MEDECINE INTERNE ET LEGISLATION PROFESSIONNELLE IMAGERIE MEDICALE	Yves LEGEAY (Pr) Dominique FANUEL (Pr) Anne COUROUCE-MALBLANC (MC) Catherine IBISCH (MC)	Marion FUSELLIER (MC) Jack-Yves DESCHAMPS (MC) Odile SENECAT (MC) Cécilia HINDORF (Pr A)
BIOTECHNOLOGIES ET PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION	Daniel TAINURIER (Pr) Francis FIENI (Pr) Jean-François BRUYAS (Pr)	Lamia BRIAND (MC) Djemil BENCHARIF (MCC)

Pr : Professeur, Pr A : Professeur Associé, Pr I : Professeur Invité, MC : Maître de Conférences, MCC : Maître de Conférences Contractuel, AERC : Assistant d'enseignement et de recherches, PLEA : Professeur Lycée Enseignement Agricole, PCEA : Professeur certifié enseignement agricole.



# REMERCIEMENTS

A Monsieur Michel MARJOLET,  
Professeur à la Faculté de Médecine de Nantes,

*Pour nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse,  
Hommages respectueux.*

A Monsieur Jean-Michel CAPPELIER  
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes,

*Pour avoir accepté d'encadrer la réalisation de ce travail, et nous avoir fait  
l'honneur de participer à notre jury de thèse,  
Pour sa patience et sa disponibilité,  
Sincères remerciements.*

A Madame Nathalie BAREILLE,  
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes,

*Pour nous avoir fait l'honneur de participer à notre jury de thèse,  
Pour ses conseils avisés,  
Sincères remerciements.*

A Monsieur Philippe TESSERAU,  
Président de Bovi-Loire,

*Pour nous avoir fait l'honneur de participer à notre jury de thèse,  
Pour avoir été l'instigateur de cette étude,  
Remerciements respectueux.*

A Monsieur Nicolas OUDOT,  
Vétérinaire conseil à Bovi-Loire,

*Pour nous avoir fait l'honneur de participer à notre jury de thèse,  
Pour ses renseignements et son aide,  
Remerciements respectueux.*

A Madame Anne LEHEBEL,  
Ingénieur de Recherche Biostatisticienne dans l'équipe EPID de l'UMR BioEpAR INRA-  
ENVN,

*Pour son aide dans la réalisation des régressions logistiques,  
Sincères remerciements.*



A mes parents,  
*Pour votre présence, votre soutien en toutes circonstances et votre affection,  
Pour m'avoir transmis votre amour des animaux,  
Pour avoir fait de moi ce que je suis aujourd'hui.  
Un remerciement tout spécial à maman pour tes corrections.  
Que ce travail vous témoigne tout mon amour.*

A Delphine,  
*Pour ta gentillesse, ton amour, et ton humour... et ton caractère si bien trempé !*

A Kevin et à Bénédicte,  
*Pour votre gentillesse et votre bienveillance,  
Pour votre aide à apprivoiser les tableaux croisés d'Excel.  
Et à Timothée,  
Pour tes sourires radieux entre deux graphiques sur Excel.*

A Seb,  
*Pour ton amour et ta patience.*

A Dédé,  
*Pour nos nombreuses soirées « pique-nique au bord de l'Erdre » et « décompression de  
thèse » autour d'un bon verre de vin et de bons fromages.*

A Olga,  
*Pour ton ouverture d'esprit, ton accueil chaleureux, ton humour,  
Ma vie à Nantes n'aurait jamais été ce qu'elle est sans toi.*

A Tofio,  
*Pour ton humour et ton amitié.*

A Bibi,  
*Pour ton soutien en statistiques,  
Mais surtout pour ces nombreux moments inoubliables passés au bar à vin ou plus  
sportivement à l'Edhec.*

A mes parrains,  
*Pour cette intégration si géniale.*

A tous mes amis de Nantes,  
*Qui m'ont fait découvrir et adorer cette ville.*

A tous mes amis de Lyon,  
*Je ne vous ai pas oubliés !*

A Gabby et à Alice  
*Pour ces soirées délurées passées à l'internat.*

A Arthur,  
*Pour tout ce qu'on a partagé.*





A Gaston,  
*Pour cet amour que tu m'as offert pendant toute mon enfance,  
Je suis finalement bien devenue vétérinaire, mais trop tard pour te faire des piqûres !*

A Socrate,  
*Pour tes câlinous et tes bêtises qui m'ont tant fait rigoler.*



# TABLE DES MATIERES

---

TABLE DES MATIERES .....	11
LISTE DES TABLEAUX.....	15
LISTE DES FIGURES .....	17
LISTE DES ABREVIATIONS ET DES SIGLES .....	19
INTRODUCTION.....	21
<b>1<sup>ERE</sup> PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....</b>	<b>23</b>
1. AGENT ETIOLOGIQUE DE LA SARCOSPORIDIOSE BOVINE .....	25
1.1. <i>Cycle évolutif des Sarcocystis infectant les bovins</i> .....	25
1.1.1. Infection de l'hôte intermédiaire .....	25
1.1.2. Infection de l'hôte définitif .....	26
1.2. <i>Caractères structuraux des sarcocystes</i> .....	27
1.3. <i>Pouvoirs toxinique et antigénique de Sarcocystis</i> .....	29
1.4. <i>Diagnostic expérimental de la sarcosporidiose bovine</i> .....	29
1.4.1. Diagnostic morphologique.....	29
1.4.2. Diagnostic biologique.....	30
1.4.2.1. Tests biochimiques et hématologiques.....	30
1.4.2.2. Tests sérologiques .....	31
1.4.3. Diagnostic génomique .....	31
1.4.3.1. Techniques d'hybridation .....	31
1.4.3.2. Technique PCR.....	31
2. IMPORTANCE DE LA SARCOSPORIDIOSE BOVINE .....	33
2.1. <i>Prévalence de la sarcosporidiose bovine</i> .....	33
2.2. <i>Importance médicale</i> .....	34
2.2.1. Sarcosporidiose clinique et lésions associées lors de contamination expérimentale.....	34
2.2.2. Sarcosporidiose spontanée lors de contamination naturelle.....	35
2.2.3. Lésions de myosite éosinophilique .....	35
2.3. <i>Importance économique</i> .....	37
2.3.1. Saisies pour « lésions de sarcosporidiose » .....	37
2.3.2. Saisies pour « couleur anormale : myosite éosinophilique » .....	38
2.3.3. Autres conséquences économiques de la sarcosporidiose bovine .....	38
2.4. <i>Importance en santé publique</i> .....	38
3. FACTEURS INFLUANT SUR LE NOMBRE DE SAISIES POUR SARCOSPORIDIOSE A L'ABATTOIR .....	41
3.1. <i>Facteurs de risque d'infection des bovins par Sarcocystis</i> .....	41
3.1.1. Facteurs de risque liés à l'hôte.....	41
3.1.1.1. Influence de l'âge .....	41
3.1.1.2. Influence du sexe.....	41

3.1.1.3.	Influence de la race.....	41
3.1.2.	Facteurs de risque liés à l'environnement.....	41
3.1.2.1.	Influence du climat.....	41
3.1.2.2.	Influence de la probabilité de rencontre hôte-parasite.....	42
3.1.3.	Facteurs de risque liés aux pratiques d'élevage.....	42
3.1.3.1.	Chargement.....	42
3.1.3.2.	Proximité des bovins et des bâtiments d'élevage.....	42
3.1.3.3.	Présence de carnivores domestiques et nature de leur régime alimentaire.....	42
3.1.3.4.	Faune sauvage et animaux errants.....	42
3.1.3.5.	Influence du partage de parcelles avec d'autres espèces de ruminants.....	43
3.1.3.6.	Influence de l'Homme.....	43
3.2.	<i>Facteurs de risque de développement de lésions de myosite éosinophilique suite à l'infection par Sarcocystis.....</i>	<i>43</i>
3.2.1.	Mécanismes pathogéniques proposés pour le développement de lésions de myosite éosinophilique suite à l'infection par <i>Sarcocystis</i> .....	43
3.2.1.1.	Ouverture de la paroi des sarcocystes.....	43
3.2.1.2.	Hypersensibilité de type I.....	43
3.2.1.3.	Une intervention des immunoglobulines G anti- <i>Sarcocystis</i> .....	44
3.2.2.	Facteurs de risque de développement de lésions de myosite éosinophilique suite à l'infection par <i>Sarcocystis</i> .....	45
3.2.2.1.	Facteurs de risque liés à <i>Sarcocystis</i> .....	45
3.2.2.2.	Facteurs de risque liés à l'hôte.....	46
3.3.	<i>Facteurs de risque de saisie à l'abattoir pour sarcosporidiose.....</i>	<i>47</i>
3.3.1.	Définitions réglementaires.....	47
3.3.2.	Compétence de l'observateur, nombre et nature des coupes musculaires.....	47
<b>2<sup>EME</sup></b>	<b>PARTIE : ETUDE PERSONNELLE.....</b>	<b>49</b>
1.	OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	51
2.	DETERMINATION DE PRATIQUES D'ELEVAGE A RISQUE VIS-A-VIS DES SAISIES DES BOVINS POUR SARCOSPORIDIOSE.....	53
2.1.	<i>Matériels et méthodes.....</i>	<i>53</i>
2.1.1.	Matériels : population cible et échantillon étudié.....	53
2.1.2.	Méthodes.....	53
2.1.2.1.	Collecte des données.....	53
2.1.2.2.	Définition des populations d'étude.....	55
2.1.2.3.	Définition des variables d'étude et traitement des données.....	56
2.2.	<i>Résultats.....</i>	<i>59</i>
2.2.1.	Description des bovins saisis pour sarcosporidiose issus des élevages ayant participé à l'enquête ( <i>population Ro</i> ).....	59
2.2.1.1.	Elevage d'origine des bovins saisis pour sarcosporidiose.....	59
2.2.1.2.	Race des bovins saisis pour sarcosporidiose.....	59
2.2.1.3.	Age des bovins saisis pour sarcosporidiose.....	60
2.2.2.	Description des élevages ayant eu un bovin au moins né dans l'élevage et saisi pour sarcosporidiose ( <i>population S</i> ).....	60

2.2.2.1.	Type de production des élevages .....	60
2.2.2.2.	Taille des élevages.....	61
2.2.2.3.	Relation entre le type de production et la taille des élevages.....	62
2.2.3.	Exposition des élevages rapportant au moins un bovin né dans l'élevage et saisi pour sarcosporidiose à diverses pratiques potentiellement à risque vis-à-vis de ces saisies .....	62
2.2.3.1.	Logement et accès aux pâtures .....	62
2.2.3.2.	Type d'alimentation.....	62
2.2.3.3.	Type d'abreuvement.....	63
2.2.3.4.	Risque d'infection des bovins par <i>S. cruzi</i> et <i>S. hirsuta</i> .....	63
2.2.3.5.	Risque d'infection des bovins par <i>S. hominis</i> .....	65
2.2.4.	Relations entre les pratiques d'élevage potentiellement à risque et le type de production .....	66
2.2.4.1.	Type d'aliment et source d'eau utilisés pour les bovins selon le type de production .....	66
2.2.4.2.	Risque d'infection des bovins par <i>S. cruzi</i> et <i>S. hirsuta</i> selon le type de production .....	67
2.2.4.3.	Risque d'infection des bovins par <i>S. hominis</i> selon le type de production.....	68
2.3.	<i>Discussion</i> .....	69
2.3.1.	Les biais possibles de l'analyse .....	69
2.3.1.1.	Choix de la base de sondage et modalités d'échantillonnage.....	69
2.3.1.2.	Les non-réponses.....	69
2.3.2.	Une méthodologie plus ou moins bien adaptée à la réalisation d'une enquête cas/témoin .....	69
2.3.2.1.	Utilisation d'un questionnaire postal .....	69
2.3.2.2.	Nombre de questionnaires envoyés .....	71
2.3.3.	Conclusions apportées et perspectives soulevées par cette étude.....	72
2.3.3.1.	Résultats et limites de l'étude.....	72
2.3.3.2.	Perspectives de l'étude : réalisation d'une enquête cas/témoin.....	72
3.	DETERMINATION DE FACTEURS DE PREDISPOSITION AU DEVELOPPEMENT DE LESIONS DE SARCOSPORIDIOSE.....	77
3.1.	<i>Matériels et méthodes</i> .....	77
3.1.1.	Matériels : définition des populations d'étude.....	77
3.1.1.1.	<i>Population S</i> : bovins saisis pour sarcosporidiose.....	77
3.1.1.2.	Populations de référence .....	77
3.1.2.	Méthodes .....	77
3.1.2.1.	Collecte des données .....	77
3.1.2.2.	Définition des variables d'étude .....	79
3.1.2.3.	Traitement des données .....	80
3.2.	<i>Résultats</i> .....	83
3.2.1.	Description générale de la <i>population S</i> .....	83
3.2.1.1.	Répartition géographique des saisies .....	83
3.2.1.2.	Caractéristiques épidémiologiques des bovins saisis pour sarcosporidiose .....	83
3.2.1.3.	Caractéristiques des carcasses saisis pour sarcosporidiose .....	85
3.2.1.4.	Type de saisie.....	86
3.2.1.5.	Caractéristiques des élevages derniers détenteurs des bovins saisis pour sarcosporidiose : les récidives.....	87

3.2.2.	Détermination de facteurs de risque : régression logistique .....	87
3.2.2.1.	Catégorie et sexe des bovins .....	87
3.2.2.2.	Age des bovins .....	88
3.2.2.3.	Race des bovins .....	89
3.2.2.4.	Etude conjointe des différents facteurs .....	90
3.3.	<i>Discussion</i> .....	93
3.3.1.	Type d'étude et qualité des populations utilisées .....	93
3.3.1.1.	Etude cas/témoin adaptée .....	93
3.3.1.2.	Représentativité des populations « cas » ( <i>S</i> ) et « témoin » ( <i>PL</i> ) .....	93
3.3.1.3.	Problèmes liés au manque de données pour certains bovins de la <i>population S</i> .....	94
3.3.2.	Exploitation des résultats .....	95
3.3.2.1.	Des conséquences économiques variables .....	95
3.3.2.2.	Un risque de saisie pour sarcosporidiose variable selon les bovins .....	95
4.	DISCUSSION GENERALE .....	99
	CONCLUSION .....	103
	BIBLIOGRAPHIE .....	105
	ANNEXES .....	111
	ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE .....	113
	ANNEXE 2 : RESULTATS DES QUESTIONNAIRES .....	117
	ANNEXE 3 : CATEGORIE, SEXE ET CLASSE D'AGE DES BOVINS ABATTUS EN REGION PAYS DE LA LOIRE EN 2007-2008 EN FONCTION DE LEUR RACE .....	121

# LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau I : caractères structuraux des sarcocystes trouvés chez les bovins (Dubey <i>et al.</i> , 1989a ; Dubey <i>et al.</i> , 1989b ) .....	28
Tableau II : techniques associées au diagnostic morphologique de la sarcosporidiose bovine .....	30
Tableau III : prévalence de la sarcosporidiose bovine dans divers pays du monde.....	33
Tableau IV : tonnage des abattages gros bovins et estimation des saisies dans les 8 abattoirs étudiés (Fradin, 2003).....	37
Tableau V : parts relatives des saisies totales et partielles pour sarcosporidiose dans les 8 abattoirs étudiés (Fradin, 2002).....	37
Tableau VI : répartition des saisies pour sarcosporidiose en fonction du type de production (Fradin, 2002).....	46
Tableau VII : motivations des saisies liées à la sarcosporidiose .....	47
Tableau VIII : présentation des effectifs dans une enquête cas/témoin .....	80
Tableau IX : distribution de l'exposition à une modalité chez les cas et chez les témoins .....	81
Tableau X : présentation des résultats des régressions logistiques.....	82
Tableau XI : risque de saisie pour sarcosporidiose en fonction du sexe.....	88
Tableau XII : risque de saisie pour sarcosporidiose en fonction de la catégorie.....	88
Tableau XIII : risque de saisie pour sarcosporidiose en fonction de la classe d'âge .....	89
Tableau XIV : risque de saisie pour sarcosporidiose en fonction de la race.....	90
Tableau XV : étude du facteur de risque « race » avec ajustement des odds ratio calculés à la catégorie d'une part, et à la classe d'âge et au sexe d'autre part.....	90
Tableau XVI : étude du facteur de risque « catégorie » avec ajustement des odds ratio calculés à la race .....	91
Tableau XVII : étude des facteurs de risque « sexe » et « classe d'âge » avec ajustement des odds ratio calculés respectivement à la race et à la classe d'âge, et à la race et au sexe .....	91
Tableau XVIII : Réponses au questionnaire des 64 élevages détenteurs depuis la naissance d'au moins un bovin saisi pour sarcosporidiose ayant participé à l'enquête. ....	117





## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : les espèces de <i>Sarcocystis</i> infectant les bovins (d'après Briggs et Foreyt, 1985).....	25
Figure 2 : sarcocystes observés dans des myocytes de veaux infectés expérimentalement par <i>S. cruzi</i> (Dubey <i>et al.</i> , 1989b).....	26
Figure 3 : cycle évolutif de <i>S. cruzi</i> (Dubey et Lindsay, 2006).....	27
Figure 4 : parois de sarcocystes de <i>S. cruzi</i> (A), <i>S. hirsuta</i> (B) et <i>S. hominis</i> (C) observées au microscope photonique (Dubey <i>et al.</i> , 1989b). ....	28
Figure 5 : parois de sarcocystes de <i>S. cruzi</i> (A), <i>S. hirsuta</i> (B) et <i>S. hominis</i> (C) observées au microscope électronique (Dubey <i>et al.</i> , 1989b).....	29
Figure 6 : lésions de myosite éosinophilique au sein des muscles de la cuisse d'une vache de 8 ans (Wouda <i>et al.</i> , 2006). ....	36
Figure 7 : répartition des élevages ayant eu un bovin au moins saisi pour sarcosporidiose en fonction du nombre de bovins saisis pour ce motif ( <i>Ro</i> , n = 100).....	59
Figure 8 : race des bovins saisis pour sarcosporidiose dans les élevages ayant eu au moins un bovin saisi pour ce motif (n = 111 bovins) .....	59
Figure 9 : origine des bovins saisis pour sarcosporidiose en fonction de la race (n = 111 bovins).....	59
Figure 10 : âge des bovins saisis pour sarcosporidiose dans les élevages de la <i>population Ro</i> (n = 109) .....	60
Figure 11 : âge des bovins saisis pour sarcosporidiose dans les élevages des <i>populations Ru</i> (n = 75) et <i>Rm</i> (n = 34) .....	60
Figure 12 : type de production des élevages ayant eu un bovin au moins né dans l'élevage et saisi pour sarcosporidiose .....	60
Figure 13 : nombre de bovins présents dans les élevages de la <i>population S</i> (n = 64).....	61
Figure 14 : nombre de bovins présents dans les élevages des <i>populations M</i> (n = 9) et <i>U</i> (n = 55).....	61
Figure 15 : taille d'élevage (nombre de bovins présents) en fonction du nombre de bovin(s) saisi(s) pour sarcosporidiose nés dans l'élevage .....	61
Figure 16 : relations entre le type de production et le nombre de bovins présents dans les élevages détenteurs depuis la naissance d'au moins un bovin saisi pour sarcosporidiose .....	62
Figure 17 : proportion d'élevages où est utilisé l'un ou l'autre des 5 types d'aliment étudiés en fonction du nombre de bovin(s) saisi(s) pour sarcosporidiose .....	62
Figure 18 : proportion d'élevages où est utilisé l'une ou l'autre des 4 sources d'eau étudiées pour l'abreuvement des bovins en fonction du nombre de bovin(s) saisi(s) pour sarcosporidiose .....	63
Figure 19 : exposition des élevages à un risque de contamination des bovins par <i>Sarcocystis</i> à partir de carnivores, domestiques ou sauvages (hôtes définitifs).....	63
Figure 20 : parts relatives des chiens et chats dans les élevages présentant un carnivore domestique, et proportion nourrie avec de la viande bovine .....	63
Figure 21 : exposition des élevages signalant des carnivores en liberté dans l'exploitation (n=55) à des pratiques favorisant la contamination de l'aliment et de l'eau des bovins par des sporocystes excrétés par ces carnivores .....	64
Figure 22 : exposition des élevages à un risque de contamination des bovins par <i>S. hominis</i> .....	65
Figure 23 : alimentation des bovins en fonction du type de production de l'élevage.....	66
Figure 24 : sources d'eau utilisées pour l'abreuvement des bovins en fonction du type de production de l'élevage .....	66

Figure 25 : exposition des élevages aux hôtes définitifs de <i>S. cruzi</i> et <i>S. hirsuta</i> en fonction de leur type de production .....	67
Figure 26 : accessibilité de l'eau de boisson et de l'aliment des bovins aux hôtes définitifs de <i>S. cruzi</i> et <i>S. hirsuta</i> en fonction du type de production des élevages rapportant la présence de ces hôtes en liberté .....	67
Figure 27 : exposition des élevages aux sources de contamination des bovins par <i>S. hominis</i> en fonction du type de production .....	68
Figure 28 : répartition géographique et nombre des saisies pour sarcosporidiose en Pays de la Loire de 2003 à 2008 .....	83
Figure 29 : race des bovins saisis pour sarcosporidiose de 2003 à 2008 ( <i>population S</i> , n = 654).....	83
Figure 30 : catégorie des bovins saisis pour sarcosporidiose de 2003 à 2008 ( <i>population S</i> , n = 654) .....	84
Figure 31 : parts relatives des différentes catégories parmi les bovins saisis pour sarcosporidiose en fonction de leur race .....	84
Figure 32 : classement des carcasses saisis pour sarcosporidiose de 2003 à 2008 ( <i>population S</i> ) .....	85
Figure 33 : classement des carcasses saisis pour sarcosporidiose de 2003 à 2008 ( <i>population S</i> ) en fonction de la race (n = 393) .....	85
Figure 34 : état d'engraissement des carcasses saisis pour sarcosporidiose de 2003 à 2008 ( <i>population S</i> ) .....	85
Figure 35 : poids fiscal des carcasses saisis pour sarcosporidiose de 2003 à 2008 ( <i>population S</i> ).....	86
Figure 36 : parts relatives des saisies partielles et totales lors de saisies pour sarcosporidiose (n = 614) .....	86
Figure 37 : type de saisie en fonction du classement de la carcasse (n = 614).....	86
Figure 38 : type de saisie en fonction de la race (n = 397) .....	86
Figure 39 : catégorie des bovins abattus en 2007-2008, non saisis pour sarcosporidiose ( <i>population PL</i> , n = 1 166 674) .....	87
Figure 40 : comparaison des parts relatives des différentes catégories au sein des <i>populations PL</i> (n = 1 166 674) et <i>S</i> (n = 654) .....	87
Figure 41 : race des bovins abattus en 2007-2008, non saisis pour sarcosporidiose ( <i>population PL</i> , n = 1 166 674).....	89
Figure 42 : parts relatives des différentes catégories en fonction de la race parmi les bovins abattus en 2007-2008 en région Pays de la Loire.....	121

## LISTE DES ABREVIATIONS ET DES SIGLES

---

ENVN : Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes

F.A.R. : Fond d'Assainissement Régional

Ig : immunoglobuline

INTERBEV : Association Nationale Interprofessionnelle du Bétail et des Viandes



## INTRODUCTION

---

La sarcosporidiose est une maladie parasitaire cosmopolite qui touche de nombreuses espèces animales ; elle est due à l'infestation des animaux par des coccidies du genre *Sarcocystis*. Ce parasite a un cycle hétérodixène c'est-à-dire que son cycle évolutif fait intervenir un hôte intermédiaire et un hôte définitif distincts. Les bovins interviennent comme hôtes intermédiaires pour trois espèces de *Sarcocystis* : *S. cruzi*, *S. hirsuta* et *S. hominis*, qui ont pour hôtes définitifs respectifs les canidés, les félidés et les primates. En France, 80 à 100% des bovins seraient contaminés par l'une au moins de ces trois espèces (Euzéby, 1997).

L'infection des bovins par ces *Sarcocystis* conduit à la formation de kystes dans les muscles où se sont localisés les parasites. Dans la majorité des cas, ces kystes sont sub-microscopiques, non visibles à l'œil nu sur la chaîne d'abattage. La détection de la sarcosporidiose bovine à l'abattoir est ainsi relativement rare ; elle intervient seulement lorsque les kystes sont coalescents ou lorsque leur dégénérescence caséo-calcaire aboutit à la formation de larges zones indurées et blanchâtres. Dans la majorité des cas, la totalité de la carcasse est alors saisie pour le motif « lésion de sarcosporidiose ». Par ailleurs, de nombreuses études (Ely et Fox, 1989 ; Gajadhar et Marquardt, 1992 ; Granstrom *et al.*, 1989 ; Granstrom *et al.*, 1990a ; Granstrom *et al.*, 1990b ; Jensen *et al.*, 1986 ; Mary, 2005 ; Wouda *et al.*, 2006) suggèrent l'implication des *Sarcocystis* dans le développement de lésions de myosite éosinophilique. La myosite éosinophilique est une inflammation spécifique des muscles striés faisant en particulier intervenir un grand nombre de polynucléaires éosinophiles, à l'origine de la coloration verdâtre des muscles atteints. Lors de l'inspection sanitaire *post-mortem* à l'abattoir, la mise en évidence de ces lésions peut conduire à des saisies, partielles ou totales, soit pour « couleur anormale : myosite éosinophilique », soit, par abus, pour « lésion de sarcosporidiose ». En effet, l'amalgame est souvent fait entre myosite éosinophilique et sarcosporidiose. Les saisies associées à la sarcosporidiose bovine constituent de lourdes pertes économiques pour les éleveurs. Les groupements de défense sanitaire et les autres groupements interprofessionnels indemnisent ainsi les éleveurs adhérents lors de saisie pour sarcosporidiose : le terme de sarcosporidiose englobe ici à la fois les saisies pour le motif « lésion de sarcosporidiose » et pour le motif « couleur anormale : myosite éosinophilique ».

Par ailleurs, l'homme peut intervenir comme hôte définitif de *S. hominis* suite à l'ingestion de viande contaminée, insuffisamment cuite. Les signes cliniques sont rares et restent mineurs ; en général, seuls des troubles digestifs modérés et transitoires sont rapportés. Cependant, dans le cadre de la gestion de la sécurité sanitaire des aliments, cette zoonose ne peut être négligée. D'autant plus que le risque d'infection est loin d'être anodin ; en effet, presque tous les bovins sont infectés par une espèce de *Sarcocystis*, mais comme seuls quelques uns développent des lésions à l'origine de saisies à l'abattoir, une grande quantité de viande destinée à la consommation humaine est contaminée par ce pathogène. Sur 67 échantillons de steaks hachés issus de 25 magasins de ventes au détail de toute la Belgique, 63 étaient contaminés, dont 97,3% par *S. hominis* (Vangeel *et al.*, 2007).

En tant que comité régional représentant Interbev (Association Nationale Interprofessionnelle du Bétail et des Viandes) en Pays de la Loire, Bovi-Loire est ainsi doublement concerné par la sarcosporidiose bovine. D'une part, cette association interprofessionnelle gère le Fond d'Assainissement Régional (F.A.R.) qui instaure une prise en charge des préjudices

liés à une dépréciation des carcasses suite à des saisies définies dans une liste exhaustive. Entre janvier 2003 et décembre 2008, elle a ainsi indemnisé 654 bovins saisis en Pays de la Loire pour sarcosporidiose, à hauteur de 80% des pertes, pour une valeur totale de plus de 530 000 € (soit près de 89 000 € / an). L'importance économique de la sarcosporidiose bovine est donc loin d'être négligeable. D'autre part, Bovi-Loire se doit de refléter la volonté des professionnels d'améliorer sans cesse la qualité des produits proposés aux consommateurs ; l'association interprofessionnelle est donc nécessairement préoccupée par les enjeux de santé publique qui découlent de la sarcosporidiose.

Le cycle évolutif des *Sarcocystis* est bien connu, notamment celui des trois espèces infectant les bovins (Dubey *et al.*, 1989b). De la connaissance de ces cycles, et en particulier des interactions hôtes intermédiaires/hôtes définitifs, découlent des facteurs de risque de contamination des bovins probables. Les principaux sont : la présence de carnivores domestiques en liberté, en particulier s'ils sont nourris avec de la viande bovine peu cuite, la présence de renards et la possible contamination de l'aliment ou de l'eau de boisson des bovins par des fèces humaines. Quelques études ont de plus été menées afin de quantifier l'importance relative de ces facteurs de risque et de déterminer les facteurs de risque sous-jacents ou associés (Carvalho 1993 ; Mohanty *et al.*, 1995 ; Ono et Ohsumi, 1999 ; Savini *et al.*, 1994).

En revanche, peu d'avancées ont été faites en ce qui concerne le développement des lésions de myosite éosinophilique. Si plusieurs auteurs ont mis en évidence une relation entre l'infection des bovins par *Sarcocystis* et le développement de telles lésions, de nombreuses interrogations subsistent quant à la pathogénie de ces lésions suite à l'infection (Ely et Fox, 1989 ; Gajadhar et Marquardt, 1992 ; Granstrom *et al.*, 1989 ; Granstrom *et al.*, 1990a ; Granstrom *et al.*, 1990b ; Jensen *et al.*, 1986 ; Mary, 2005 ; Wouda *et al.*, 2006). Dans ce contexte, la mise en évidence d'éléments favorisant le développement de lésions de myosite éosinophilique est difficile ; seules des hypothèses ont été soulevées (Gajadhar *et al.*, 1987 ; Gajadhar et Marquardt, 1992 ; Granstrom *et al.*, 1989 ; Granstrom *et al.*, 1990a) et une seule étude statistique a été réalisée (Reiten *et al.*, 1966).

L'objectif de cette étude est de mieux définir les facteurs de risque associés aux saisies de bovins pour sarcosporidiose dans les abattoirs de la région Pays de la Loire. Dans cette optique, cette étude vise d'une part à déterminer si certaines pratiques d'élevage sont à risque ou non vis-à-vis de ces saisies, et d'autre part à étudier s'il existe ou non des facteurs de prédisposition au développement de lésions de sarcosporidiose. La diffusion de ces informations par Bovi-Loire lors d'indemnisation de saisies pour sarcosporidiose à partir du F.A.R. pourra alors permettre d'affiner la prévention sanitaire de cette maladie au sein des élevages des Pays de la Loire afin d'en limiter les conséquences économiques et sanitaires.

**1<sup>ère</sup> PARTIE :**  
**ETUDE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**





# 1. Agent étiologique de la sarcosporidiose bovine

Les coccidies du genre *Sarcocystis* sont les agents de la sarcosporidiose, aussi appelée sarcocystose. Le genre *Sarcocystis* comporte plus d'une centaine d'espèces qui peuvent infecter mammifères, oiseaux, marsupiaux et animaux poïkilothermes. Tous les *Sarcocystis* ont un cycle hétérodixène ; leur développement complet nécessite en effet deux hôtes distincts. L'hôte intermédiaire est habituellement une proie et héberge le développement des stades asexués. L'hôte définitif est un carnivore et héberge le développement des stades sexués. Chaque espèce de *Sarcocystis* a une spécificité d'hôte. Les bovins interviennent comme hôtes intermédiaires dans le cycle de trois espèces de *Sarcocystis* : *S. cruzi*, *S. hirsuta* et *S. hominis* dont les hôtes définitifs sont respectivement les canidés, les félidés et les primates (cf. figure 1). Dans la suite de cette étude nous ne nous intéresserons qu'à ces trois espèces.

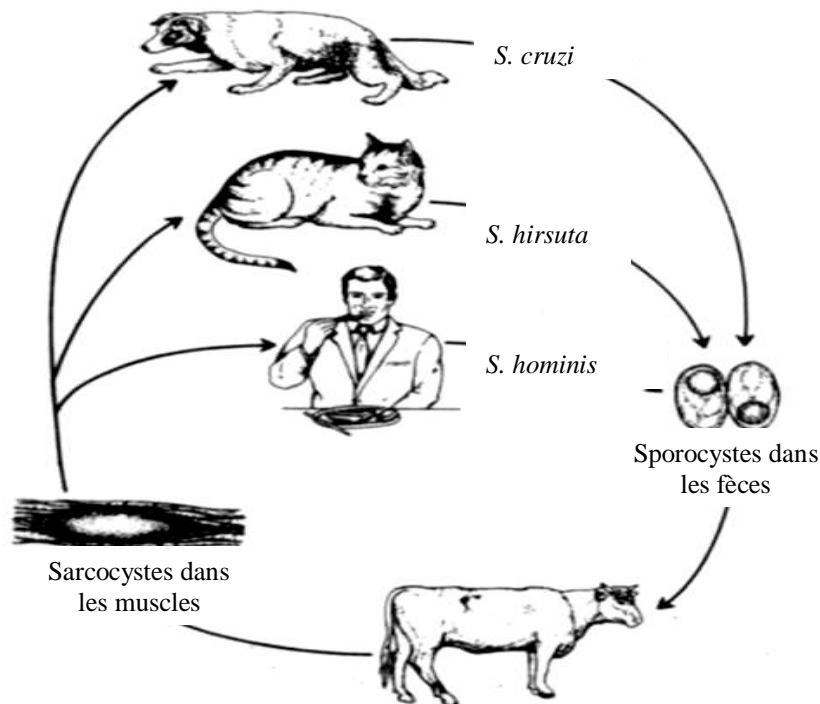


Figure 1 : les espèces de *Sarcocystis* infectant les bovins (d'après Briggs et Foreyt, 1985)

## 1.1. Cycle évolutif des *Sarcocystis* infectant les bovins

La description du cycle des *Sarcocystis* qui suit s'appuie sur celle faite par Dubey et Lindsay (2006). Le cycle de *S. cruzi* est illustré par la figure 3.

### 1.1.1. Infection de l'hôte intermédiaire

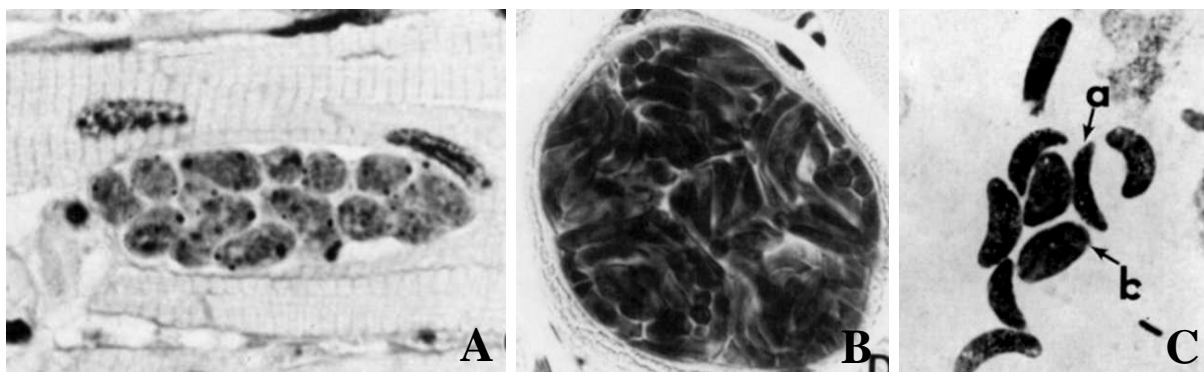
Exceptés les rares cas de transmission verticale (Moré *et al.*, 2009 ; Savini *et al.*, 1996), les bovins s'infectent de façon horizontale, par ingestion d'eau de boisson et/ou d'aliments contaminés par des ookystes ou des sporocystes. Ceux-ci sont excrétés dans l'environnement via les fèces des hôtes définitifs infectés.

Chaque sporocyste contient quatre sporozoïtes qui sont libérés dans la lumière de l'intestin grêle. Ces sporozoïtes migrent à travers l'épithélium intestinal et pénètrent dans les cellules endothéliales des vaisseaux sanguins du chorion. Ils forment alors la première généra-

tion de schizontes dans les cellules endothéliales des artères 7 à 15 jours après inoculation. Ces schizontes subissent une phase de multiplication rapide ; ils donnent naissance à une centaine de mérozoïtes (ou tachyzoïtes) par tachyendodyogénie. Les cellules endothéliales parasitées forment alors des pseudokystes qui vont finir par se rompre. Les mérozoïtes libérés infectent les cellules endothéliales des vaisseaux sanguins de l'ensemble de l'organisme, principalement des capillaires cette fois, et sont à l'origine de la seconde génération de schizontes, 19 à 46 jours après l'inoculation. Suite à une deuxième phase de tachyendodyogénie, des mérozoïtes de seconde génération sont libérés dans le courant sanguin et donnent naissance à une troisième génération de mérozoïtes, retrouvés dans les monocytes 24 à 46 jours après l'inoculation.

Ces mérozoïtes infectent alors le tissu musculaire et le tissu neuronal ; ils pénètrent dans les cellules, s'entourent d'une vacuole parasitophore et prennent une forme ronde à ovoïde : ce sont alors des métrocytes. Ces métrocytes subissent une phase de multiplication lente, appelée bradyendodyogénie, donnant naissance à d'autres métrocytes qui s'accumulent dans la cellule sans la détruire. La paroi de la cellule s'épaissit alors progressivement aboutissant à la formation d'un kyste, appelé sarcocyste, ou cellule de Miescher. Parallèlement la bradyendodyogénie donne ponctuellement naissance à des zoïtes en forme de banane, nommés bradyzoïtes (cf. figure 2). Ce n'est que lorsque le sarcocyste est rempli de bradyzoïtes qu'il est mature et qu'il devient infectant pour l'hôte définitif. Cela arrive environ 75 jours après l'infection ; cependant cette durée est variable en fonction de l'espèce de *Sarcocystis* considérée.

Les sarcocystes peuvent persister durant toute la vie de l'hôte intermédiaire ; cependant une grande partie commence à disparaître 3 mois après le début de l'infection.



(A) Sarcocyste immature contenant de nombreux métrocytes ; (B) sarcocyste mature avec des bradyzoïtes ; (C) bradyzoïte en forme de banane (a) et métrocyte (b). (Grossissement x1000).

**Figure 2 : sarcocystes observés dans des myocytes de veaux infectés expérimentalement par *S. cruzi* (Dubey *et al*, 1989b).**

### 1.1.2. Infection de l'hôte définitif

L'hôte définitif, carnivore ou omnivore, s'infecte par ingestion de tissus contenant des sarcocystes matures. Les bradyzoïtes sont libérés dans le tractus digestif sous l'effet de la digestion et pénètrent dans les cellules à mucus de la paroi de l'intestin. Ils se transforment alors en micro- et macrogamétocytes. Le microgamétocyte subit des divisions nucléaires et donne ainsi naissance à des microgamètes (mâles). Le macrogamétocyte se transforme directement en macrogamète (femelle) qui après fusion avec un microgamète, sécrète une

coque et devient un ookyste. Les ookystes poursuivent leur développement dans le chorion où a lieu la sporogonie.

Lorsque deux sporocystes sont formés, les ookystes rejoignent la lumière intestinale et sont éliminés avec les fèces. La fine paroi des ookystes, de moins d'un micron, est cependant souvent rompue avant l'excrétion, libérant ainsi deux sporocystes accolés contenant chacun quatre sporozoïtes. La période prépatente, variable d'une espèce de *Sarcocystis* à l'autre, est en moyenne de 7 à 14 jours.

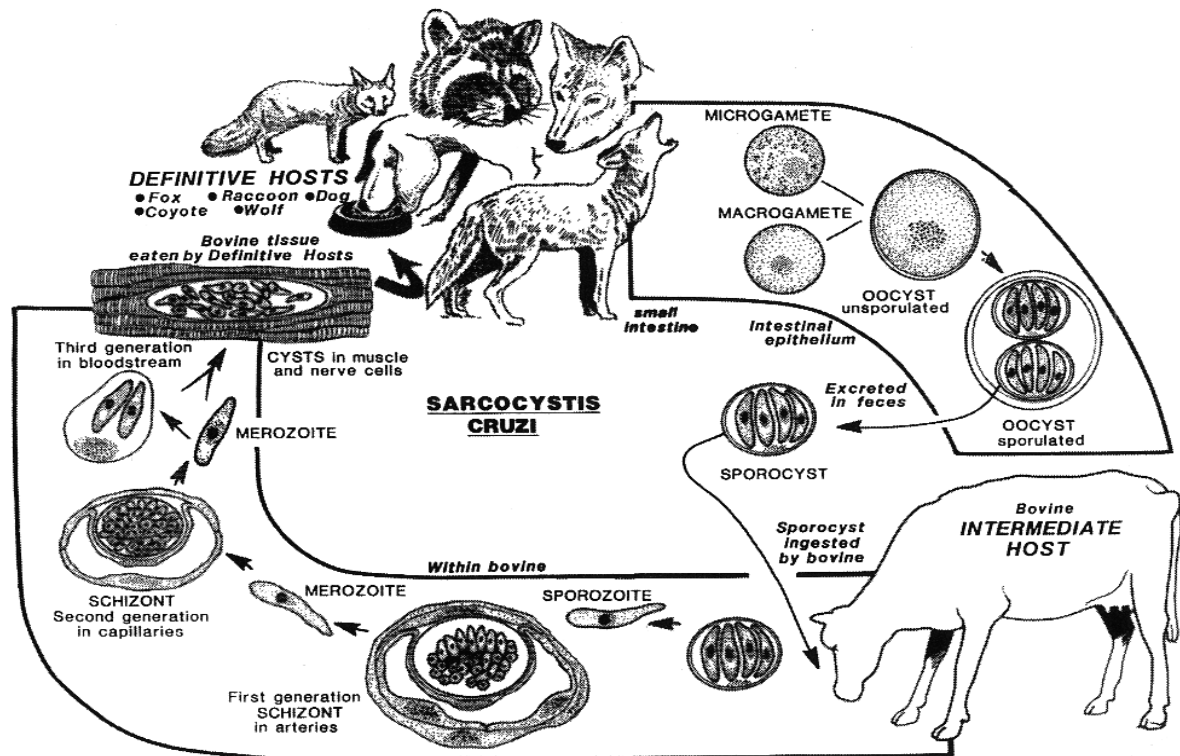


Figure 3 : cycle évolutif de *S. cruzi* (Dubey et Lindsay, 2006)

## 1.2. Caractères structuraux des sarcocystes

Les sarcocystes observés chez les bovins sont le plus souvent submicroscopiques et allongés dans le sens des fibres musculaires (Euzéby, 1997).

La paroi des sarcocystes est complexe et son développement requiert plusieurs jours (Dubey *et al.*, 1989b). Suite à l'entrée d'un mérozoïte au sein d'un myocyte, la membrane de la vacuole parasitophore se transforme très rapidement en paroi primaire, composée de la membrane de la vacuole parasitophore doublée d'une couche dense aux électrons sous-jacente. Puis une couche granuleuse se développe rapidement sur la face interne de cette paroi primaire ; la paroi des sarcocystes présente alors de multiples évaginations qui contiennent de nombreuses vésicules en provenance de la couche granuleuse.

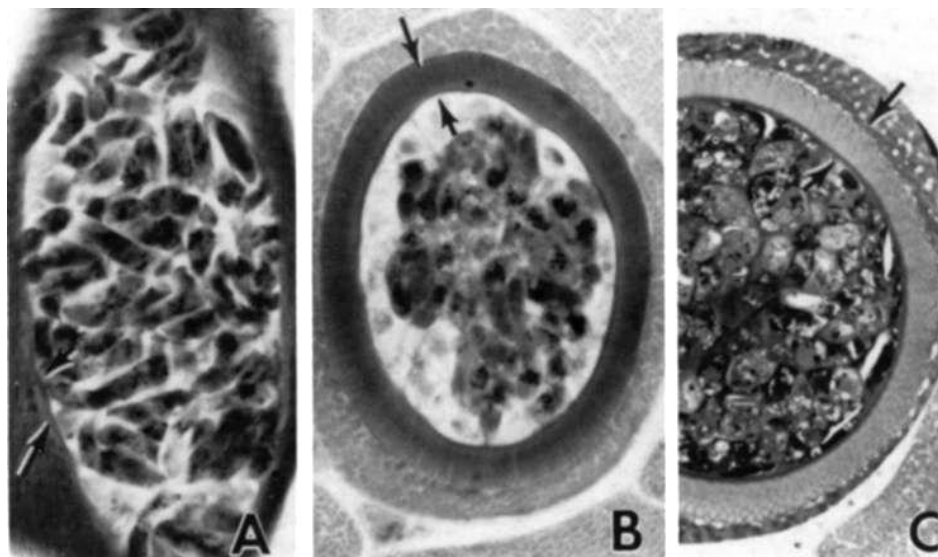
Au fur et à mesure du développement du sarcocyste, l'aspect et le contenu de ces villosités changent ; après s'être fortement allongées, les villosités deviennent plus trapues et irrégulières, et contiennent des granules à la place des petites vésicules.

La disposition et l'aspect de ces villosités et de leur contenu sont utilisés pour différencier les espèces de *Sarcocystis*. Pour cela, le recours à la microscopie électronique est in-

dispensable, la microscopie photonique ne permettant que d'objectiver l'épaisseur de la paroi des sarcocystes, et ainsi de différencier *S. cruzi* des deux autres espèces qui infectent les bovins. Les principales caractéristiques morphologiques de ces trois espèces sont résumées dans le tableau I et sont illustrées par les figures 4 et 5.

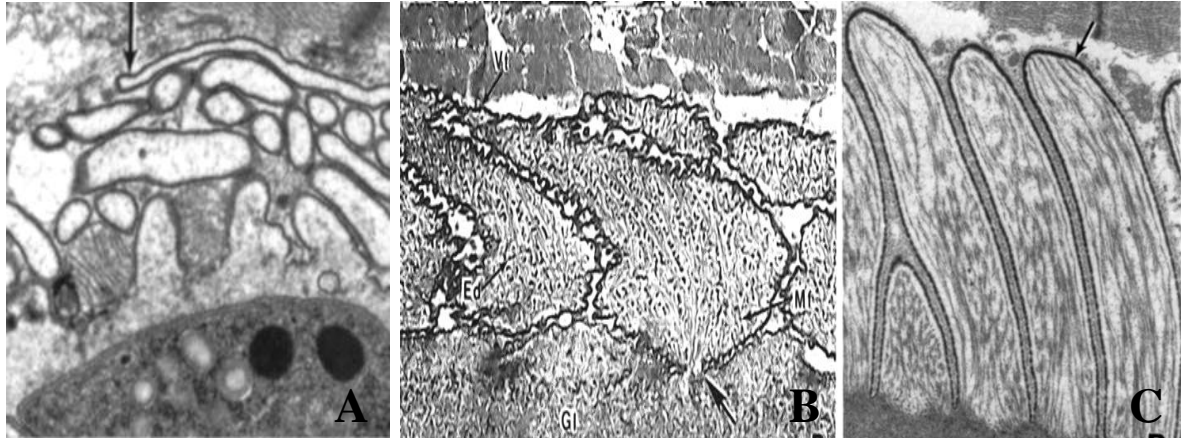
**Tableau I : caractères structuraux des sarcocystes trouvés chez les bovins (Dubey *et al.*, 1989a ; Dubey *et al.*, 1989b )**

Espèce de <i>Sarcocystis</i>	Taille moyenne des sarcocystes	Epaisseur de la paroi	Villosités
<i>S. cruzi</i>	0,5 mm de diamètre	Mince : <math><1\mu\text{m}</math>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• courtes</li> <li>• capilliformes</li> <li>• inclinées</li> </ul>
<i>S. hirsuta</i>	De 2 à 7 mm de long sur 1 mm de large	Epaisse : 3 à 6 $\mu\text{m}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• longues</li> <li>• étranglées à la base, élargies en partie médiane, effilées et parfois repliées pour former des projections coniques en région distale</li> <li>• inclinées en partie distale (45-90°)</li> <li>• contenant de nombreux microfilaments et des rangées de granules osmiophiles parallèles à l'axe des villosités</li> </ul>
<i>S. hominis</i>	De 0,7 à 1 mm de long sur 0,08 à 0,1 mm de large	Epaisse : 7 $\mu\text{m}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• longues</li> <li>• cylindriques</li> <li>• presque perpendiculaires à la surface de la paroi</li> <li>• contenant des microfilaments et une faible quantité de granules osmiophiles</li> </ul>



Les flèches indiquent les faces interne et externe de la paroi. [(A) et (C) : bleu de toluidine, (B) PAS, grossissement x1000].

**Figure 4 : parois de sarcocystes de *S. cruzi* (A), *S. hirsuta* (B) et *S. hominis* (C) observées au microscope photonique (Dubey *et al.*, 1989b).**



[Grossissement (A) x16 000, (B) x9900, (C) x12 000]

Figure 5 : parois de sarcocystes de *S. cruzi* (A), *S. hirsuta* (B) et *S. hominis* (C) observées au microscope électronique (Dubey *et al.*, 1989b).

### 1.3. Pouvoirs toxinique et antigénique de *Sarcocystis*

Il a été montré dès le début du XX<sup>e</sup> siècle que des extraits aqueux de sarcocystes, inoculés à des lapins, sont toxiques et peuvent même induire la mort de ces lapins (Bordjochki *et al.*, 1979 ; Dubey *et al.*, 1989b). En effet, les sarcocystes contiennent une toxine, nommée sarcocystine ; de nature protéique, la sarcocystine est thermolabile (Bordjochki *et al.*, 1979 ; Jalali *et al.*, 2008).

Les bovins infectés par des *Sarcocystis* présentent une réponse immunitaire (Gasbarre, 1984) : suite à l'inoculation de *S. cruzi*, une augmentation des immunoglobulines (Ig) M et des IgG1 dirigées contre ces *Sarcocystis* est observée respectivement 3 à 4 semaines et 5 à 6 semaines après l'inoculation. La réponse immunitaire associée aux IgM est brève : leur taux est comparable à celui de pré-infection 2 à 3 mois après l'inoculation. En revanche, le taux d'IgG1 reste élevé pendant au moins 6 mois. Une réponse immunitaire cellulaire de courte durée est aussi notée ; ainsi au cours des 15 premiers jours qui suivent l'inoculation, une augmentation de lymphocytes spécifiques dirigés contre *S. cruzi* est observée, puis le nombre de lymphocytes rejoint un taux normal.

Cette réponse immunitaire confère une protection partielle des bovins ; sans empêcher une ré-infection, elle limite le développement d'une sarcocystose aiguë (Fayer et Dubey, 1984). Cette protection est néanmoins sujette à variation en fonction de la première dose infectante et/ou du délai observé entre la première et la deuxième infection (Savini *et al.*, 1996).

### 1.4. Diagnostic expérimental de la sarcosporidiose bovine

#### 1.4.1. Diagnostic morphologique

Le diagnostic morphologique de la sarcosporidiose repose sur l'observation de sarcocystes et/ou de bradyzoïtes, et éventuellement sur l'observation de lésions de myosite éosinophile (cf. 1<sup>ère</sup> partie, 2.2.3). S'il peut être réalisé sur animal vivant à partir de biopsies musculaires, il est en général utilisé lors de l'examen *post-mortem* des bovins à l'abattoir. Diverses techniques ont été développées pour augmenter la sensibilité de ce diagnostic ; elles sont présentées dans le tableau II.

**Tableau II : techniques associées au diagnostic morphologique de la sarcosporidiose bovine**

<b>Technique</b> (Référence(s))	<b>Mode opératoire</b>	<b>Eléments recherchés</b>	<b>Commentaires</b>
<b>Inspection visuelle</b> (Latif <i>et al.</i> , 1999)	Observation de la surface des muscles et des surfaces de coupe à l'œil nu sur la chaîne d'abattage	Sarcocystes Couleur anormale : myosite éosinophilique	Sensibilité quasi nulle si absence de myosite éosinophilique Facile, faible coût
<b>Histologie</b> (Collins <i>et al.</i> , 1980 ; Dubey <i>et al.</i> , 1989b)	Observation au microscope photonique	Sarcocystes, mérozoïtes, bradyzoïtes  Myosite éosinophilique	Faible sensibilité  Distinction des sarcocystes à paroi épaisse de ceux à paroi mince
	Observation au microscope électronique	Sarcocystes, mérozoïtes, bradyzoïtes	Faible sensibilité  Détermination de l'espèce de <i>Sarcocystis</i>
<b>Trichoscopie</b> (Euzéby, 1987)	Ecrasement des fibres musculaires entre 2 plaques de verres : observation par transparence au microscope photonique	Sarcocystes, mérozoïtes, bradyzoïtes	Très faible sensibilité
<b>Digestion enzymatique</b> (Collins <i>et al.</i> , 1980)	Destruction des sarcocystes et libération des bradyzoïtes par utilisation de pepsine ou de trypsine	Bradyzoïtes, mérozoïtes	Forte sensibilité

Par ailleurs, le choix des muscles étudiés est aussi important à prendre en compte, notamment en fonction de la technique utilisée. Dans une étude réalisée en Belgique (Vercruysse *et al.*, 1989) la sensibilité de la digestion enzymatique était maximale avec l'étude des cœurs, tandis que celle de l'histologie était maximale avec l'étude des œsophages. Au contraire, de nombreuses études rapportent une sensibilité maximale de l'ensemble des techniques avec le cœur (Carvalho, 1993 ; Fukuyo *et al.*, 2002 ; Mohanty *et al.*, 1995 ; Ruas *et al.*, 2001).

#### **1.4.2. Diagnostic biologique**

Le diagnostic biologique recouvre l'ensemble des tests réalisés sur animal vivant et qui visent à mettre en évidence une réaction des bovins suite à l'infection par des *Sarcocystis*.

##### **1.4.2.1. Tests biochimiques et hématologiques**

Des examens biochimiques sont possibles lors de suspicion clinique, mais ils ne sont pas spécifiques. De même, un examen hématologique peut permettre la mise en évidence de tachyzoïtes circulants mais il s'agit d'une méthode peu sensible, fastidieuse et non utilisable en routine (Dubey *et al.*, 1989b).

#### 1.4.2.2. Tests sérologiques

Les examens sérologiques quant à eux semblent prometteurs (Savini *et al.*, 1997a).

Lors de la suspicion de sarcosporidiose aiguë, le dosage des IgM pourrait s'avérer intéressant. En effet, suite à une infection par des *Sarcocystis*, l'augmentation du taux de ces IgM est précoce et brève. Un taux élevé démontre donc une infection récente, et coïncide dans le temps avec les signes cliniques, lorsque ceux-ci sont présents. Cependant, le pic de ces IgM est trop court pour être utilisé en pratique.

Au contraire, le taux des IgG augmente plus tardivement, leur dosage peut ainsi être utile lors d'un diagnostic intervenant après la phase aiguë. Si un taux élevé des IgG anti-*Sarcocystis* ne permet que de conclure à une infection passée, une cinétique des IgG peut quant à elle démontrer le caractère récent de l'infection. Par ailleurs, l'utilisation d'antigènes de tachyzoïtes permet une détection plus précoce des IgG par rapport aux tests utilisant des antigènes de bradyzoïtes.

### 1.4.3. Diagnostic génomique

#### 1.4.3.1. Techniques d'hybridation

En 1991, Kibenge *et al.* ont développé une sonde ADN permettant la détection d'ADN de *S. cruzi*. Cette sonde est en effet capable de s'hybrider spécifiquement avec l'ADN de l'un des stades de *S. cruzi* (bradyzoïte, tachyzoïte et sporozoïte). En 1996, Ndiritu *et al.* développent une autre sonde ADN assurant une bien meilleure sensibilité de détection. Cependant, ces sondes ne permettent pas la distinction des espèces de *Sarcocystis*, et leur spécificité reste à prouver.

En 1992, Gajadhar *et al.* s'orientent sur l'utilisation de sonde ARN utilisant la séquence de l'ARN 18S de *Sarcocystis* (petite sous-unité des ribosomes). Cette technique serait beaucoup plus sensible ; en effet, 90% de l'ARN total des *Sarcocystis* correspond à de l'ARN ribosomique et 30% de cet ARN ribosomique correspond à l'ARN 18S. Cependant l'ARN est une molécule peu stable ce qui limite l'utilisation de cette technique d'hybridation, en raison du décalage qui existe entre le moment du prélèvement et celui de la réalisation du test. De plus, ces tests ne peuvent être réalisés que par des laboratoires spécialisés du fait du marquage radioactif des sondes.

#### 1.4.3.2. Technique PCR

En 2001, Yang *et al.* utilisent la Polymerase Chain Reaction (PCR) pour étudier les séquences codant pour l'ARN 18S des ribosomes de différentes espèces de *Sarcocystis*. Ces séquences sont par la suite utilisées pour diagnostiquer une infection par *Sarcocystis* et déterminer l'espèce en cause, selon le schéma général suivant :

- ✓ le muscle à tester est traité de façon à en extraire les éventuels sarcocystes (Markus, 1979 ; Vangeel *et al.*, 2007) ;
- ✓ ces sarcocystes sont traités afin d'en extraire l'ADN (Ndiritu *et al.*, 1996) ;
- ✓ une PCR est réalisée sur l'ADN extrait, à partir d'amorces spécifiques du genre *Sarcocystis* ;
- ✓ les produits issus de la PCR (les amplicons) sont séquencés et comparés aux séquences connues pour déterminer l'espèce de *Sarcocystis* en cause.

Par la suite Yang *et al.* (2002) s'intéressent à l'utilisation d'enzymes de restriction sur les amplicons obtenus par PCR. Cette technique, appelée PCR-RFLP, permet de déterminer l'espèce de *Sarcocystis* à un moindre coût. Si la technique de digestion enzymatique reste à l'heure actuelle le Gold Standard (i.e. la technique de référence) parmi les différentes techniques de diagnostic de sarcosporidiose, la PCR pourrait être utilisée en routine, notamment dans les abattoirs. Au delà de l'intérêt d'un diagnostic individuel, sa généralisation lors de suspicion de sarcosporidiose pourrait aider à mieux connaître l'épidémiologie des *Sarcocystis* et à préciser l'importance de cette maladie chez les bovins (cf. 1<sup>ère</sup> partie, 2).



## 2. Importance de la sarcosporidiose bovine

### 2.1. Prévalence de la sarcosporidiose bovine

La sarcosporidiose bovine est une maladie cosmopolite qui présente un aspect endémique dans presque tous les pays (cf. tableau III). En France, Euzéby (1997) rapporte que 80 à 100% des bovins sont parasités, et sur 37 bovins examinés par Mary (2005), 97% présentaient des sarcocystes.

**Tableau III : prévalence de la sarcosporidiose bovine dans divers pays du monde**

Localité	Référence	Nombre de bovins examinés	Technique(s) utilisée(s)	Muscle(s) examiné(s)	Prévalence en %
France	Mary, 2005	37	Digestion enzymatique, histologie, PCR <sup>[1]</sup>	Cœur, masséters diaphragme, et muscles squelettiques	97
Belgique	Vercruyse <i>et al.</i> , 1989	100	Digestion enzymatique et histologie	Œsophage, diaphragme et cœur	94
Lisbonne	Carvalho, 1993	128	Digestion enzymatique et histologie	Cœur	98
Mongolie	Fukuyo <i>et al.</i> , 2002	30	Trichinoscopie	Œsophage, diaphragme, cœur, langue et muscles intercostaux	90
Irak	Latif <i>et al.</i> , 1999	1080	Inspection visuelle, digestion enzymatique, trichinoscopie et immunofluorescence (IFAT <sup>[2]</sup> )	Œsophage, cœur et muscles squelettiques	98
<b>Brésil</b>					
Région du sud de Rio Grande	Ruas <i>et al.</i> , 2001	305	Inspection visuelle et histologie	Œsophage, diaphragme, cœur, masséters et muscles intercostaux	100
Pernambouco	Santana <i>et al.</i> , 2003	ND <sup>[2]</sup>	ND <sup>[3]</sup>	Cœur	100
<b>Inde</b>					
Orissa	Mohanty <i>et al.</i> , 1995	86	ND <sup>[3]</sup>	ND <sup>[3]</sup>	80
Tamilnadu	Pazhanivel <i>et al.</i> , 2006	75	Histologie	Cœur	5

[1] PCR : Polymerase Chain Reaction

[2] IFAT : Indirect fluorescent antibody test

[3] ND : Non déterminé

Malgré cette prévalence d'infection élevée, la détection à l'abattoir des bovins infectés reste faible ; en effet, cette détection repose sur la recherche à l'œil nu de sarcocystes sur les carcasses. Or cette technique est très peu sensible (cf. 1.4.1). Ainsi dans l'étude réalisée par Latif *et al.* en 1999 en Irak, 97,8 % des bovins présentaient des lésions microscopiques mais seulement 0,2% présentaient des sarcocystes visibles à l'examen macroscopique.

## **2.2. Importance médicale**

Toutes les espèces de *Sarcocystis* ne présentent pas la même pathogénicité pour leur hôte intermédiaire ; ce sont généralement les *Sarcocystis* transmis par les canidés qui sont les plus pathogènes, comme *S. cruzi* chez les bovins. Inversement, *S. hominis* et *S. hirsuta* sont considérés comme de pathogénicité moyenne pour les bovins (Dubey *et al.*, 1989b).

La sévérité des signes cliniques est dose-dépendante. Le poids et la taille de l'hôte ne semblent pas intervenir dans la résistance ou la sensibilité à la maladie clinique, contrairement aux stress tels que la gestation, la lactation, les carences alimentaires ou encore des conditions climatiques défavorables (Dubey *et al.*, 1989b).

### **2.2.1. Sarcosporidiose clinique et lésions associées lors de contamination expérimentale**

L'infection expérimentale de bovins par l'administration *per os* de fortes doses de sporocystes de *S. cruzi* conduit à l'apparition de divers signes cliniques couramment décrits dans la sarcosporidiose aiguë (Dubey *et al.*, 1982 ; Dubey *et al.*, 1989b ; Savini *et al.*, 1996) et présentés ci-dessous.

Deux pics d'hyperthermie sont couramment rapportés et coïncident avec la phase de maturation et de libération des mérozoïtes de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>nde</sup> générations. En 1996, Savini *et al.* rapportent un troisième pic de température ; ils le rattachent (1) soit à la maturation et à la circulation des mérozoïtes de 3<sup>ème</sup> génération, (2) soit à la maturation et à la circulation asynchrone des mérozoïtes de 2<sup>nde</sup> génération, (3) soit à une 2<sup>nde</sup> infection.

Une anémie normochrome normocytaire apparaît à la fin du développement de la 2<sup>nde</sup> génération de schizontes dans les cellules endothéliales et lors de la circulation des mérozoïtes de 2<sup>nde</sup> génération.

Parallèlement, anorexie, dépression, faiblesse, perte de poids, diarrhée, émaciation et alopecie, particulièrement marquée à la base de la queue, apparaissent à partir de trois semaines post infection. Une ataxie est aussi parfois observée (Savini *et al.*, 1996) et certains animaux peuvent mourir. Une amélioration clinique est observée au cours de la maturation des sarcocystes.

Les femelles gestantes peuvent donner naissance à des veaux prématurés, mort nés, ou avorter, et sont souvent sujettes à des rétentions placentaires (Dubey *et al.*, 1989b ; Lopes *et al.*, 2005 ; Savini *et al.*, 1996). Cependant la transmission verticale des *Sarcocystis* n'est qu'occasionnelle (Moré *et al.*, 2009 ; Savini *et al.*, 1996).

La production laitière est diminuée (Dubey *et al.*, 1989b) et la croissance des jeunes, suite à une infection horizontale, est fortement ralentie (Dubey *et al.*, 1982 ; Dubey *et al.*, 1989b).

Les animaux morts suite à une sarcosporidiose aiguë présentent généralement des œdèmes, des hémorragies, et une atrophie du tissu graisseux. Les hémorragies vont des

pétéchies aux ecchymoses de plusieurs centimètres de diamètre et sont particulièrement marquées au niveau des séreuses des viscères, du cœur, des muscles squelettiques et de la sclère de l'œil (Dubey *et al.*, 1989b).

### **2.2.2. Sarcosporidiose spontanée lors de contamination naturelle**

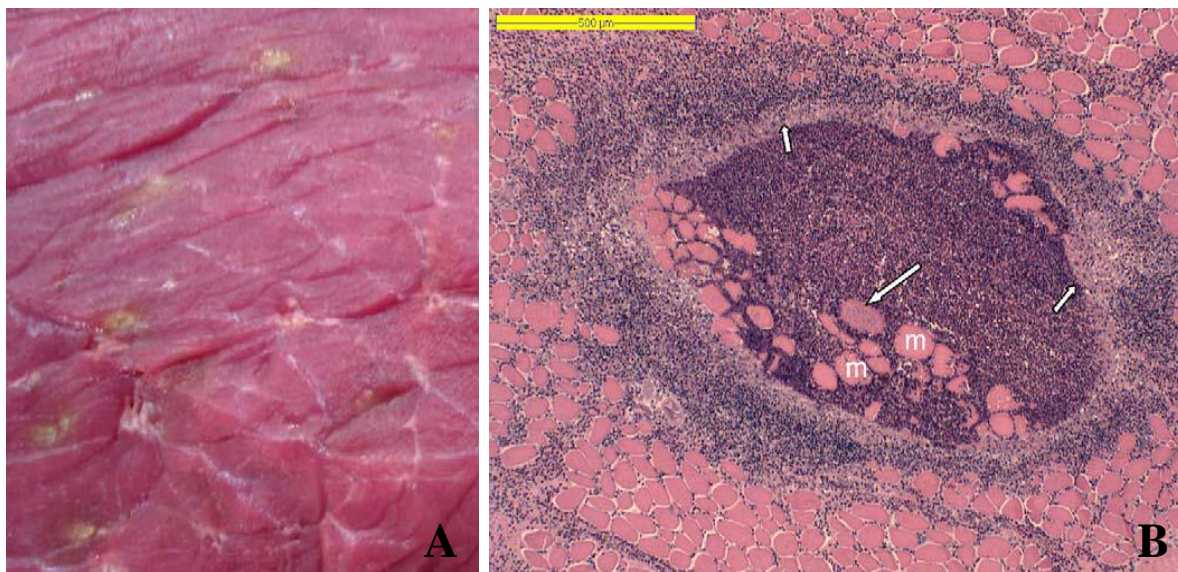
Un épisode de sarcosporidiose clinique a été décrit pour la première fois dans un troupeau bovin laitier en 1961 (Corner *et al.*, 1963 ; Dubey *et al.*, 1989b). Vingt-cinq animaux ont été atteints en 8 semaines et ont présenté anorexie, chute de la production lactée, diarrhée, fièvre, écoulement nasal, hypersalivation et vaginite hémorragique. Puis les bovins ont présenté une émaciation, des muqueuses pâles ou ictériques, une agalactie, un œdème sous mandibulaire, pour finir en décubitus avec une position rappelant la fièvre de lait. Dix-sept des 25 animaux atteints sont morts. Les lésions observées à l'autopsie correspondaient à celles décrites plus haut. De nombreux schizontes ont été retrouvés chez 75% des animaux examinés. La description de la sarcosporidiose n'étant pas encore faite, le nom de maladie de Dalmeny, ville où eut lieu cet épisode clinique, fut ainsi donné à cet épisode.

Par la suite des cas de sarcosporidiose bovine clinique ont été rapportés dans divers pays à travers le monde (Dubey *et al.*, 1989b). Cependant le nombre de cas décrits reste très faible en comparaison de la prévalence de l'infection qui, dans la majorité de cas, est subclinique. En effet, dans les conditions naturelles, l'infection n'est généralement pas suffisamment importante pour induire chez les animaux infectés des manifestations remarquées par les éleveurs ; de plus les signes cliniques ne sont pas spécifiques et ne sont donc que rarement rattachés à la sarcosporidiose. Pourtant, au vu de la prévalence de l'infection, il est probable que l'importance réelle des troubles occasionnés par les *Sarcocystis* chez les bovins soit sous-estimée.

### **2.2.3. Lésions de myosite éosinophilique**

La myosite éosinophilique est une inflammation spécifique des muscles striés, principalement liée à l'accumulation de polynucléaires éosinophiles. Elle est bien décrite chez les bovins (Gajadhar *et al.*, 1987 ; Gajadhar et Marquardt, 1992 ; Granstrom *et al.*, 1989 ; Granstrom *et al.*, 1990b ; Jensen *et al.*, 1986 ; Reiten *et al.*, 1966 ; Wouda *et al.*, 2006). Les bovins atteints de myosite éosinophilique sont généralement cliniquement sains ; la myosite éosinophilique n'est mise en évidence qu'à l'abattoir au cours de l'inspection sanitaire *post-mortem*. Deux types de lésions associées à la myosite éosinophilique sont couramment décrits.

Les lésions multifocales, de forme fuselée à ovoïde, de 5 à 15 mm sur 1 à 3 mm de diamètres, sont chez les bovins de très loin les plus courantes : elles représentent 92,5% des cas de myosite éosinophilique dans l'étude de Jensen *et al.* (1986). La couleur de ces lésions est variable ; une coloration verdâtre est habituellement décrite et est liée à l'accumulation des polynucléaires éosinophiles entre les myocytes. Au fur et à mesure de l'évolution de la myosite éosinophilique, les éosinophiles et les myocytes dégèrent et initient ainsi la formation d'un granulome centré sur une zone de nécrose. Cette zone de nécrose est progressivement entourée par des cellules géantes, des cellules épithélioïdes, des éosinophiles, des lymphocytes et des fibrocytes (cf. figure 6).



(A) Lésions multifocales, fuselées, de 2-3mm de large, verdâtres.  
 (B) Observation au microscope électronique d'un granulome, noter le sarcocyste (grande flèche) entouré de myocytes dégénérés (m), de polynucléaires éosinophiles, de cellules épithélioïdes (petites flèches) et de fibrocytes.

**Figure 6 : lésions de myosite éosinophilique au sein des muscles de la cuisse d'une vache de 8 ans (Wouda *et al.*, 2006).**

Le second type de lésion associé à la myosite éosinophilique chez les bovins est moins courant. Ces lésions sont beaucoup plus grandes, pouvant atteindre 15 cm de long, varient du vert clair au jaune pâle et sont de consistance ferme (Dubey *et al.*, 1989b, Jensen *et al.* 1986).

De nombreuses études suggèrent l'implication de la sarcosporidiose dans la formation des lésions myosite éosinophilique. Jensen *et al.* (1986) distinguent cependant les deux types de lésions décrits précédemment. Sans exclure la possibilité de l'intervention des *Sarcocystis* dans la formation des lésions de grande taille, ils nomment le second type de lésions « sarcocystose ». Au sein de ces lésions granulomateuses, ils retrouvent en effet systématiquement des sarcocystes dégénérés et/ou des fragments de parois de sarcocystes. Dans l'étude réalisée par Mary en 2005, 25 des 26 bovins saisis pour myosite éosinophilique étaient infectés par *Sarcocystis* et 35% de ceux-ci présentaient des sarcocystes au centre des lésions. Par ailleurs, Granstrom *et al.* (1990b) ont mis en évidence la présence d'antigènes de *S. cruzi* au sein de lésions granulomateuses de myosite éosinophilique. Le rôle des *Sarcocystis* dans ce type de lésion est ainsi généralement admis ; ces lésions sont à l'origine de saisies partielles ou totales en accord avec le règlement communautaire (CE) n°854/2004 (cf.1<sup>ère</sup> partie, 3.3.1).

Pourtant des doutes subsistent quant à la pathogénie du développement de ces lésions. En effet, alors que la prévalence de l'infection par des *Sarcocystis* dans les troupeaux bovins est proche de 100% (cf. tableau III), la prévalence des saisies liées à des lésions de myosite éosinophilique est très faible : dans une étude réalisée aux Etats-Unis au cours des années 1965 et 1966, seulement 0,06% des 1 622 402 bovins abattus présentaient de telles lésions (Dubey et Lindsay, 2006). De plus, ces lésions n'ont jamais été reproduites expérimentalement suite à l'administration *per os* de sporocystes de *Sarcocystis*, quelqu'en soit l'espèce, chez des bovins (Dubey *et al.*, 1982 ; Fayer et Dubey, 1984 ; Fayer et Dubey, 1986).

## 2.3. Importance économique

Parmi les pertes économiques imputables à la sarcosporidiose, ce sont celles liées aux saisies en abattoir (cf. 1<sup>ère</sup> partie, 3.3.1) qui sont les plus faciles à évaluer.

### 2.3.1. Saisies pour « lésions de sarcosporidiose »

Fradin (2003) a étudié la prévalence des différents motifs de saisies dans huit abattoirs français. Au cours de l'année 2002, ces huit abattoirs ont abattu 187 810 TEC (tonne équivalent carcasse) de gros bovins (cf. tableau IV) soit 13,11% de la production nationale de gros bovins de la même année : 1 433 000 TEC (Groupe Economie du Bétail, 2005).

Tableau IV : tonnage des abattages gros bovins et estimation des saisies dans les 8 abattoirs étudiés (Fradin, 2003)

Tonnage abattu en TEC	Taux de saisie en %	Tonnage saisi en TEC	Nombre d'animaux saisis	Dont saisie totale (en %)
187 810	0,36	684	12 061	1900 (15,75)

TEC : tonne équivalent carcasse

En raison du poids moyen d'une carcasse de gros bovins (360,5 kg/tête en 2004, Groupe Economie du Bétail, 2005), la quasi-totalité du tonnage saisi correspond aux saisies totales bien que celles-ci soient minoritaires en nombre.

Par ailleurs, l'étude réalisée par Fradin (2003) montre que les saisies pour sarcosporidiose sont non négligeables (cf. tableau V).

Tableau V : parts relatives des saisies totales et partielles pour sarcosporidiose dans les 8 abattoirs étudiés (Fradin, 2002)

Type d'animal	Nombre de saisies totales	Part relative de saisies totales pour sarcosporidiose en %	Nombre de saisies partielles	Part relative de saisies partielles pour sarcosporidiose en %
Veaux	2293	0,00	3932	0,00
Jeunes bovins	226	2,65	2637	0,04
Bovins de réformes	1674	2,27	7524	0,08
Total gros bovins	1900	2,32	10161	0,07
Total	4193	1,05	14093	0,05

Ces saisies n'ont lieu que sur les jeunes bovins et les bovins de réforme. Comme les saisies sont très majoritairement totales, leur impact économique est très important. En effet, en extrapolant les taux de saisie observés dans les huit abattoirs de l'étude à l'ensemble des abattages de gros bovins réalisés en France en 2002 (1 433 000 TEC d'après Groupe Economie du Bétail, 2005), on peut estimer que 5 158,8 TEC ont été saisies cette année suite à des saisies totales ; en considérant que 2,32% de ces saisies totales sont imputées à la

sarcosporidiose (cf. tableau V), celle-ci est à l'origine de la saisie de plus de 120 TEC de gros bovins. En 2002, le prix moyen annuel pondéré des gros bovins (entrée en abattoir, note d'engraissement de 3) était de 2,47 €/kg de carcasse (Groupe Economie du Bétail, 2005). Le coût brut des saisies liées à la sarcosporidiose peut donc être estimé à 295 620 € en 2002.

Les saisies répondant au motif « lésions de sarcosporidiose » correspondent normalement uniquement à des sarcosporidioses généralisées. Ces chiffres ne recouvrent donc pas *a priori* les saisies pour « couleur anormale : myosite éosinophilique » ; cependant les carcasses saisies suite à la présence de lésions de myosite éosinophilique le sont bien souvent sous l'intitulé « lésions de sarcosporidiose » par abus, ou encore « lésions de myosite éosinophilique évoquant la sarcosporidiose », tant il est généralement reconnu la correspondance entre les deux types de lésions.

### **2.3.2. Saisies pour « couleur anormale : myosite éosinophilique »**

Jensen *et al.* (1986) rapportent que sur environ 31 731 682 bovins abattus chaque année entre 1966 et 1983 aux Etats-Unis, 3,6% des carcasses ont été saisies pour myosite éosinophilique. Dans certains Etats, ce chiffre atteindrait même 5% des bovins abattus. En admettant le rôle de *Sarcocystis* dans le développement de telles lésions, il apparaît donc que les conséquences économiques des saisies en abattoirs pour sarcosporidiose (au sens large) sont bien supérieures à celles des seules saisies pour « lésions de sarcosporidiose ».

### **2.3.3. Autres conséquences économiques de la sarcosporidiose bovine**

L'impact économique des différents troubles cliniques et subcliniques occasionnés par *Sarcocystis* est plus difficile à estimer (Dubey *et al.*, 1989b). En effet, les signes cliniques de la maladie sont peu spécifiques et comme presque tous les bovins sont infectés sans nécessairement développer des signes cliniques ou subcliniques, il est difficile de faire le lien entre l'infection par des *Sarcocystis* et la sarcosporidiose. Des méthodes de diagnostic utilisables en pratique courante par le vétérinaire ont été recherchées afin de préciser une éventuelle relation entre infection récente par des *Sarcocystis* et apparition de troubles (Savini *et al.*, 1997a) mais ne sont toujours pas au point. Néanmoins, au vu de la très forte prévalence des infections à *Sarcocystis* dans le monde entier, et des signes cliniques observés lors d'infection expérimentale, il est très probable que l'impact économique de la sarcosporidiose bovine soit sous-estimé, en particulier en ce qui concerne les baisses de croissance, les chutes de production lactée et les avortements.

## **2.4. Importance en santé publique**

La sarcosporidiose à *S. hominis* est une zoonose. L'Homme, hôte définitif, s'infecte en consommant de la viande bovine insuffisamment cuite qui contient des sarcocystes infectants. *S. hominis* n'est que moyennement pathogène pour l'Homme ; il peut être à l'origine de nausée, de douleur abdominale et de diarrhée dans les heures qui suivent l'ingestion de la viande contaminée (Heydorn, 1977). Cependant, si l'ingestion de viande infectée par *S. hominis* conduit généralement à l'excrétion de sporocystes, l'apparition de signes cliniques n'est pas constante et ces signes sont souvent frustrés. Ainsi, parmi 7 volontaires ayant consommé des boulettes de viande infectées, 6 ont excrété des sporocystes dans les 10 à 14 jours suivant l'ingestion, mais seulement 2 ont souffert d'une diarrhée transitoire (Pena *et al.*, 2001). De même, dans une étude menée dans un hôpital français (Deluol *et al.*, 1980), sur 3 500 échantillons de fèces analysés, 70, soit 2%, présentaient des sporocystes de *S. hominis* ; cependant moins d'un quart des patients infectés présentait des signes cliniques, qui pouvaient

de plus généralement être rattachés à d'autres parasites intestinaux également mis en évidence chez ces patients.

Une étude menée de janvier à mars 2006 par Vangeel *et al.* (2007) révèle que sur 67 échantillons de steaks hachés issus de 25 magasins de ventes au détail de toute la Belgique, 63 contenaient des sarcocystes, dont 97,4% correspondaient à *S. hominis*. Dans une étude réalisée au Brésil (Pena *et al.*, 2001), cette espèce de *Sarcocystis* était présente dans 94% des boulettes de viandes testées (n=50). La prévalence de *S. hominis* semble donc être très importante.

Néanmoins, les infections de l'Homme par *S. hominis* semblent être relativement rares. Dans une étude menée en Allemagne 13,64% des patients souffrant de douleurs abdominales étaient infectés par des parasites intestinaux et 2% excrétaient des sporocystes de *Sarcocystis* sans que la distinction n'ait été faite entre *S. hominis* et *S. suihominis*, dont l'hôte intermédiaire est le Porc (Gauert *et al.*, 1983). En France, Deluol *et al.* (1980) font état de 2% d'infection par *S. hominis* parmi les 3 500 prélèvements de fèces analysées.

Malgré cela, et bien que l'infection de l'Homme par ce *Sarcocystis* soit souvent asymptomatique ou ne se manifeste que par des troubles intestinaux modérés et transitoires, la forte prévalence de *S. hominis* dans la viande destinée à la consommation humaine pousse à envisager cette infection comme un problème de santé publique non négligeable. Ceci est d'autant plus vrai dans les pays où la consommation de viande crue ou faiblement cuite est banale, tels que de nombreux pays d'Europe de l'Ouest. En particulier, il s'agit d'une pratique courante en Belgique ce qui laisse présager un risque important d'infection humaine par *S. hominis* dans ce pays, au vu de la forte contamination des steaks hachés mise en évidence par Vangeel *et al.* (2007).





### **3. Facteurs influant sur le nombre de saisies pour sarcosporidiose à l'abattoir**

Pour qu'un bovin soit saisi à l'abattoir pour sarcosporidiose, il faut (1) que ce bovin ait été infecté par des *Sarcocystis*, (2) que suite à cette infection il développe des lésions, (3) et enfin que ces lésions soient identifiées comme lésions de sarcosporidiose à l'abattoir.

#### **3.1. Facteurs de risque d'infection des bovins par *Sarcocystis***

Une enquête réalisée au Japon (Ono et Ohsumi, 1999) compare la prévalence des *Sarcocystis* dans les muscles de bovins japonais et de bovins importés d'Amérique et d'Australie : 36,6% des bovins importés d'Amérique et 29,5% des bovins importés d'Australie étaient infectés par des *Sarcocystis*, contre seulement 6,31% des bovins élevés au Japon. La variabilité de la prévalence de l'infection des bovins par *Sarcocystis* en fonction de l'origine raciale et géographique des bovins laisse supposer l'existence de facteurs de risque d'infection par des *Sarcocystis*.

##### **3.1.1. Facteurs de risque liés à l'hôte**

###### **3.1.1.1. Influence de l'âge**

Deux études mettent en évidence une corrélation positive entre l'âge des animaux et la prévalence de l'infection, objectivée dans ces études par la découverte de sarcocystes (Carvalho, 1993 ; Mohanty *et al.*, 1995). En effet, plus les bovins sont âgés et plus ils ont eu d'occasions d'être sujets à une infection par des *Sarcocystis*. De plus, les sarcocystes peuvent persister plusieurs années, et il est donc possible d'envisager une accumulation des parasites facilitant le diagnostic (cf. 1<sup>ère</sup> partie, 1.1.1).

###### **3.1.1.2. Influence du sexe**

Dans l'étude de Mohanty *et al.* (1995), l'infection par des *Sarcocystis* est significativement plus importante chez les bovins femelles, alors que dans l'étude de Carvalho (1993), aucune relation n'est mise en évidence entre le sexe et la prévalence de l'infection.

###### **3.1.1.3. Influence de la race**

Des différences de prévalence d'infection sont notées en fonction de la race des bovins (Ono et Ohsumi, 1999) : parmi les bovins élevés au Japon pris en compte dans l'étude, 12,96% des vaches laitières Prim'Holstein, 3,33% des Shorthorn japonaises et 11,58% des vaches noires japonaises sont ainsi respectivement infectées par *Sarcocystis* ; cependant cette étude ne permet pas de déterminer si la race intervient directement comme facteur de risque, ou indirectement, par le biais des pratiques d'élevage notamment.

##### **3.1.2. Facteurs de risque liés à l'environnement**

Dans une étude menée dans le Western Australia (Savini *et al.*, 1994), moins d'élevages sont infectés par *Sarcocystis* dans le nord de l'Etat. Plusieurs facteurs de variations sont avancés, sans avoir pu être prouvés, pour expliquer cette différence.

###### **3.1.2.1. Influence du climat**

La partie nord du Western Australia est une région très aride ; bien que les sporocystes de *Sarcocystis* soient résistants à la sécheresse et aux températures élevées, leur survie n'est

pas favorisée dans ce milieu aride (Bergler *et al.*, 1980). Dans la région de Madhya Pradesh, en Inde, la prévalence de l'infection des bovins par des *Sarcocystis* est ainsi maximale en Août et en Septembre, c'est-à-dire lors de la saison des pluies (Jain et Shah, 1985).

#### 3.1.2.2. Influence de la probabilité de rencontre hôte-parasite

Dans cette région aride du nord du Western Australia, l'élevage est plus extensif, la densité des hôtes intermédiaires et des hôtes définitifs est moins importante, et les rencontres entre bovins et canidés sont ainsi plus rares que dans le sud (Savini *et al.*, 1994). La pression d'infection est ainsi plus faible et de nombreux sporocystes présents dans l'environnement sont âgés ; or si les sporozoïtes issus de sporocystes âgés gardent leur capacité à envahir les cellules, seule une faible quantité est capable de produire des mérozoïtes. Ainsi des sporocystes âgés donnent naissance plus lentement et à de plus petites quantités de mérozoïtes que de jeunes sporocystes (Savini *et al.*, 1997b).

### 3.1.3. Facteurs de risque liés aux pratiques d'élevage

Plusieurs facteurs permettent ainsi de comprendre la plus faible prévalence de la sarcosporidiose dans les élevages bovins du nord ouest de l'Australie, mais l'importance relative de chacun de ces facteurs est difficile à estimer dans cette région. Pour mieux préciser les relations qui peuvent exister entre les pratiques d'élevage et la prévalence de l'infection des bovins par *Sarcocystis*, Savini *et al.* (1994) se sont intéressés aux élevages de la partie sud du Western Australia, où les conditions climatiques sont plus homogènes et tempérées.

#### 3.1.3.1. Chargement

Les élevages infectés par des *Sarcocystis* ont en moyenne un chargement (nombre d'animaux rapporté à la surface de l'exploitation) plus important que les élevages non infectés (Savini *et al.*, 1994).

#### 3.1.3.2. Proximité des bovins et des bâtiments d'élevage

Plus la durée durant laquelle les bovins sont en bâtiment est longue, plus le risque d'infection est important. Le pâturage sur des parcelles proches des bâtiments constitue aussi un facteur de risque important. Les auteurs de cette étude (Savini *et al.*, 1994) insistent sur le fait que ces deux facteurs de risque, durée de séjour en bâtiment et proximité des bâtiments, sont néanmoins conditionnés par la présence d'un chien qui peut aller contaminer les bâtiments et ses alentours. Les élevages infectés étaient ainsi majoritairement des élevages laitiers car en Australie les chiens sont souvent utilisés pour conduire le troupeau en salle de traite.

#### 3.1.3.3. Présence de carnivores domestiques et nature de leur régime alimentaire

Plus généralement, la présence d'animaux domestiques, chiens ou chats, libres de circuler au sein et à proximité des bâtiments de ferme constitue un important facteur de risque, d'autant plus important que ces animaux sont nourris avec de la viande crue, ou que des produits d'origine bovine (placenta, carcasses) leur sont accessibles (Savini *et al.*, 1994). Le rôle épidémiologique des chats semble néanmoins plus limité, étant donné qu'ils excrètent moins de sporocystes que le chien (Dubey *et al.*, 1989b).

#### 3.1.3.4. Faune sauvage et animaux errants

Par ailleurs, la faune sauvage et les chiens errants constituent un important réservoir. Leur infection est favorisée par l'accès aux carcasses de bovins non isolées dans un endroit

clos ; les renards seraient fortement infectés par des *Sarcocystis* dans cette région de l'Australie et constitueraient ainsi un moyen efficace de dissémination des sporocystes. A l'inverse, les chats sauvages, moins excréteurs que les canidés, permettraient un assainissement partiel des parcelles par compétition avec les renards et chien errants (Savini *et al.*, 1994).

#### 3.1.3.5. Influence du partage de parcelles avec d'autres espèces de ruminants

Le pâturage des moutons permettrait d'obtenir des parcelles saines, la spécificité des *Sarcocystis* pour les hôtes intermédiaires étant stricte ; dans cette étude, les fermes élevant à la fois des bovins et des ovins étaient en effet moins atteintes de sarcosporidiose bovine (Savini *et al.*, 1994)..

#### 3.1.3.6. Influence de l'Homme

La contamination des bovins peut aussi impliquer l'Homme. L'infection par *S. hominis* d'au moins un bovin a en effet été rapprochée de la vidange de la fosse septique des voisins de la ferme et de l'épandage des fèces humaines sur des parcelles pâturées par les bovins dans les mois suivants. L'eau de boisson des bovins a elle aussi pu être contaminée par ces fèces (Wouda *et al.*, 2006).

### **3.2. Facteurs de risque de développement de lésions de myosite éosinophilique suite à l'infection par *Sarcocystis***

Jensen *et al.* (1986) retrouvent dans de nombreuses carcasses des sarcocystes intacts, sans inflammation associée. La même observation a été faite par Mary (2005) qui retrouve des sarcocystes dans 91% des onze carcasses apparemment saines analysées. Seule une faible proportion de bovins infectés par des *Sarcocystis* développe des lésions granulomateuses de myosite éosinophilique.

#### **3.2.1. Mécanismes pathogéniques proposés pour le développement de lésions de myosite éosinophilique suite à l'infection par *Sarcocystis***

##### 3.2.1.1. Ouverture de la paroi des sarcocystes

Dans l'étude réalisée par Jensen *et al.* (1986), les lésions granulomateuses associées à une myosite éosinophilique contiennent systématiquement des sarcocystes et des myocytes dégénérés et sont le siège d'une importante réaction inflammatoire, avec une grande quantité de polynucléaires éosinophiles. L'hypothèse qu'un facteur éosinotactique soit synthétisé au sein du sarcocyste est alors émise. L'augmentation du nombre et de la taille des bradyzoïtes, l'accumulation de produits métaboliques et l'entrée de fluide suite à l'augmentation de la pression osmotique dans le sarcocyste seraient à l'origine de multiples ouvertures de la paroi de ce sarcocyste. Les toxines libérées diffuseraient tout autour du sarcocyste ouvert et induiraient la lyse des myocytes adjacents. Les antigènes exposés favoriseraient l'arrivée des cellules inflammatoires sur le site, et le facteur éosinotactique libéré attirerait une importante quantité de polynucléaires éosinophiles.

##### 3.2.1.2. Hypersensibilité de type I

Granstrom *et al.* (1989) réfutent la théorie de Jensen *et al.* (1986) ; selon eux, si les sarcocystes libéraient un facteur éosinotactique, ou s'ils stimulaient la production ou la libération d'un facteur éosinotactique endogène, la prévalence de la myosite éosinophilique devrait être bien plus importante.

En réalisant des tests anaphylactiques cutanés sur des veaux à partir d'antigènes de *S. cruzi*, ils mettent en évidence la présence d'IgE anti-*Sarcocystis* fonctionnelles chez les bovins atteints de myosite éosinophilique, mais pas chez les bovins infectés par *S. cruzi* et qui ne présentent pas ce type de lésion. Ils en concluent que la formation de granulomes serait la résultante d'une réaction anormale de l'hôte aux sarcocystes dégénérés, liée à une hypersensibilité de type I. Cette hypothèse a aussi été envisagée par Jensen *et al.* (1986). En revanche, les bovins atteints de myosite éosinophilique ne présentent ni un taux sanguin en IgE totales (Granstrom *et al.*, 1989), ni un taux sanguin en IgE anti-*S. cruzi* (Granstrom *et al.*, 1990a) supérieur à celui des bovins infectés sans lésion. L'hypothèse est faite que la majorité des IgE anti-*Sarcocystis* est fixée au niveau des granulomes et est donc inaccessible lors de dosage sanguin. Cette fixation au niveau des granulomes est par la suite démontrée par immunofluorescence (Granstrom *et al.*, 1990b). De plus, des mastocytes ayant libéré leurs granules sont habituellement retrouvés au niveau de ces granulomes (Jensen *et al.* 1986).

Les allergènes à l'origine d'une telle réaction d'hypersensibilité seraient spécifiques du stade bradyzoïte. En effet, dans le cadre d'ingestions répétées de *Sarcocystis* par les bovins dans les conditions naturelles, la circulation d'antigènes de mérozoïtes et/ou de sporozoïtes peut être considérée comme continue ; si ces antigènes étaient allergènes, une anaphylaxie généralisée se développerait chez les animaux atteints de myosite éosinophilique, ce qui n'est pas le cas (Granstrom *et al.*, 1989).

### 3.2.1.3. Une intervention des immunoglobulines G anti-*Sarcocystis*

Ely et Fox (1989) montrent que les bovins atteints de myosite éosinophilique présentent un taux d'IgG anti-*Sarcocystis* significativement supérieur à celui des bovins non sujets à ce type de lésion. Cependant, l'infection par des *Sarcocystis* de ces bovins sans myosite éosinophilique n'est pas analysée. Cette étude ne fait que suggérer l'intervention de ces IgG dans la formation des granulomes ; elle n'écarte pas la possibilité que l'augmentation de ces IgG soit seulement due à la réponse immunitaire classiquement observée lors d'une infection par *Sarcocystis* (cf. 1<sup>ère</sup> partie, 1.3).

Granstrom *et al.* (1990a, 1990b) quant à eux montrent que le taux d'IgG anti-*S. cruzi* est supérieur chez les bovins atteints de myosite éosinophilique que chez les bovins infectés par *Sarcocystis* mais sans lésion de sarcosporidiose. Par ailleurs, des IgG anti-*S. cruzi* sont retrouvées au niveau des granulomes (Granstrom *et al.*, 1990b). L'intervention des IgG anti-*Sarcocystis* dans la formation des lésions granulomateuses de myosite éosinophilique est ainsi fortement suspectée, mais leur rôle réel reste encore indéterminé.

<p>Ainsi, même si de nombreuses études suggèrent l'implication de <i>Sarcocystis</i> dans le développement des lésions de myosite éosinophilique (Ely et Fox, 1989 ; Granstrom <i>et al.</i>, 1989 ; Granstrom <i>et al.</i>, 1990a ; Granstrom <i>et al.</i>, 1990b ; Jensen <i>et al.</i>, 1986 ; Mary, 2005), celle-ci n'est toujours pas établie avec certitude ; l'équivalence entre sarcosporidiose et myosite éosinophilique reste ambiguë.</p>
--

### 3.2.2. Facteurs de risque de développement de lésions de myosite éosinophilique suite à l'infection par *Sarcocystis*

#### 3.2.2.1. Facteurs de risque liés à *Sarcocystis*

##### ➤ *Espèce de Sarcocystis*

En 1987, Gajadhar *et al.* suggèrent que les lésions granulomateuses de sarcosporidiose sont liées à l'infection des bovins par une espèce inhabituelle de *Sarcocystis*. En effet, ils n'ont pu mettre en évidence aucune des trois espèces infectant les bovins – *S. cruzi*, *S. hirsuta* et *S. hominis* – au sein des lésions granulomateuses d'une vache atteinte de myosite éosinophilique ; seuls des *Sarcocystis* d'espèce non identifiée ont été mis en évidence au sein de ces lésions. En revanche cette vache présentait des sarcocystes de *S. cruzi* et *S. hirsuta* dans des muscles, sans lésion inflammatoire associée. Gajadhar *et al.* (1987) suggèrent ainsi que les lésions de sarcosporidiose seraient liées à l'infection des bovins par une espèce de *Sarcocystis* qui ne les infecte pas habituellement, par exemple des *Sarcocystis* ayant pour hôte intermédiaire d'autres ruminants. Les lésions seraient liées à une inadéquation hôte-parasite et résulteraient d'une réaction exagérée de l'hôte aux sarcocystes.

Néanmoins, plusieurs observations permettent par la suite de confirmer l'implication des trois espèces infectant habituellement les bovins dans le développement des lésions de myosite éosinophilique (Gajadhar et Marquardt, 1992 ; Wouda *et al.*, 2006).

##### ➤ *Age des sarcocystes*

Avec l'âge, les sarcocystes subissent des changements de structure importants (Böttner *et al.*, 1987). La paroi des sarcocystes est recouverte de villosités ; il s'agit de protrusions de la paroi. Au fur et à mesure que le sarcocyste grossit, les protrusions deviennent de plus en plus larges et leur surface est de plus en plus irrégulière. Après un certain stade, le nombre de ces protrusions n'augmente plus, ces dernières s'espacent ainsi progressivement les unes des autres alors que le sarcocyste continue de se développer. Les fibrilles qui forment les protrusions se désorganisent petit à petit alors que des granules osmiophiles s'accumulent dans les villosités. Jensen *et al.* (1986) pensent que certains sarcocystes pourraient s'ouvrir au cours de leur développement, d'où le développement de lésions granulomateuses (cf. 1<sup>ère</sup> partie, 3.2.1.1).

Pourtant aucune étude à ce jour n'a permis de faire le lien entre les changements de structure des sarcocystes observés et le développement de telles lésions. Pour Gajadhar et Marquardt (1992), l'ouverture de la paroi des sarcocystes ne serait pas liée à l'âge de ces sarcocystes – auquel cas la prévalence de la myosite éosinophilique serait beaucoup plus importante chez les bovins – mais pourrait être la conséquence du caractère défectueux de certains sarcocystes.

##### ➤ *Spécificité génétique de certains sarcocystes*

Comme nous venons de le voir, Gajadhar et Marquardt (1992) émettent l'hypothèse que les lésions granulomateuses sont la conséquence de l'ouverture de la paroi de sarcocystes défectueux. Ceci pourrait être associé à une anomalie génétique des sarcocystes.

Cependant, l'analyse par western-blot d'extraits de sarcocystes de *S. cruzi* ne montre pas de différence significative entre les bovins atteints et les bovins non atteints de myosite éosinophilique (Granstrom *et al.*, 1990a).

### 3.2.2.2. Facteurs de risque liés à l'hôte

Aucune différence n'a pu être mise en évidence entre les extraits de sarcocystes issus de carcasses atteintes ou non de myosite éosinophilique. La myosite éosinophilique serait ainsi *a priori* liée à des facteurs dépendants de l'hôte plutôt qu'à des variations individuelles des *Sarcocystis* (Granstrom *et al.*, 1990a).

#### ➤ Prédilection génétique

Granstrom *et al.* (1989) émettent l'hypothèse que les bovins atteints de myosite éosinophilique pourraient être prédisposés génétiquement à produire des IgE suite à la reconnaissance par leur système immunitaire d'antigènes de bradyzoïtes de *Sarcocystis*, à l'image de ce qui a pu être observé dans d'autres espèces vis-à-vis de certains antigènes. Ceci pourrait expliquer la différence observée entre les prévalences respectives de l'infection à *Sarcocystis* et des lésions de sarcosporidiose chez les bovins. L'analyse par Western-Blot des protéines de l'hôte intervenant dans la reconnaissance des antigènes de bradyzoïtes n'a cependant révélé aucune différence (Granstrom *et al.*, 1990a).

#### ➤ Sensibilisation répétée de l'hôte aux antigènes de *Sarcocystis*

Pour Gajadhar et Marquardt (1992), l'hypothétique ouverture de la paroi des sarcocystes pourrait aussi résulter de la réponse immunitaire de l'hôte suite à des sensibilisations répétées de celui-ci à des antigènes de *Sarcocystis*.

#### ➤ Influence de l'âge

L'étude réalisée par Fradin en 2002 montre assez clairement une relation entre l'âge des animaux et le taux de saisies pour sarcosporidiose ; ainsi, sur l'ensemble des abattoirs étudiés, la quasi-totalité de ces saisies ont eu lieu sur des bovins de réforme, alors qu'aucun veau n'a été saisi pour ce motif (cf. tableau VI).

**Tableau VI : répartition des saisies pour sarcosporidiose en fonction du type de production (Fradin, 2002)**

Type d'animal	Saisies totales pour sarcosporidiose en % (n = 44)	Saisies partielles pour sarcosporidiose en % (n = 7)	Saisies pour sarcosporidiose en % (n=51)
veaux	0,0	0,0	0,0
Jeunes bovins	13,6	14,9	13,8
Bovins de réforme	86,4	85,1	86,2
Total gros bovins	100,0	100,0	100,0

#### ➤ Influence du sexe

Une étude réalisée de 1961 à 1963 dans le Colorado (Reiten *et al.*, 1966) montre que la prévalence de la myosite éosinophilique est significativement plus importante chez les femelles (vaches de réforme et génisses à l'engrais) que chez les mâles (jeunes bovins à l'engrais). Une relation entre le développement de myosite éosinophilique et les œstrogènes peut ainsi être envisagée. La conduite d'élevage comparée des mâles et des femelles, et la répartition des âges au sein de ces deux groupes, doivent aussi être prises en compte comme biais possible dans cette étude ; par ailleurs l'état d'engraissement peut aussi être envisagé comme facteur influençant le développement de myosite éosinophilique.

### 3.3. Facteurs de risque de saisie à l'abattoir pour sarcosporidiose

#### 3.3.1. Définitions réglementaires

L'arrêté du 17 mars 1992 précise les conditions auxquelles doivent satisfaire les abattoirs d'animaux de boucherie pour la production et la mise sur le marché de viandes fraîches et détermine les conditions de l'inspection sanitaire de ces établissements. L'article 31 de cet arrêté dresse la liste des viandes bovines déclarées impropres à la consommation humaine. Les viandes pouvaient ainsi être écartées de la consommation humaine pour deux raisons en relation avec une infection à *Sarcocystis* : premièrement en tant que viande provenant d'animaux atteints de sarcosporidiose généralisée visible macroscopiquement (art. 31, a), iii), deuxièmement en tant que viande présentant de graves anomalies en ce qui concerne la couleur, l'odeur, la consistance, et la saveur (art. 31, d).

Depuis l'entrée en application du Paquet Hygiène, cet arrêté ne peut plus être utilisé comme base juridique. C'est désormais le règlement communautaire (CE) n°854/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 qui précise dans son annexe I, section II, chapitre V, l'ensemble des motifs permettant de déclarer la viande impropre à la consommation humaine. Il définit les modalités de rédaction d'un certificat de saisie qui est une décision administrative défavorable, en conséquence de laquelle le vétérinaire officiel doit motiver sa décision en droit et en fait. La motivation en droit cite les fondements réglementaires, d'une part de l'acte de saisie, et d'autre part de la décision vis-à-vis des denrées. La motivation en fait explique à l'administré pourquoi il est nécessaire de procéder à la saisie des denrées concernées. La description lésionnelle participe à cette explication.

En admettant l'implication des *Sarcocystis* dans le développement des lésions de myosite éosinophilique, deux types de certificats de saisies peuvent ainsi être rédigés dans le cadre de la sarcosporidiose (cf. tableau VII).

Tableau VII : motivations des saisies liées à la sarcosporidiose

Motivation en fait : motif principal	Motivation en fait : motif secondaire	Motivation en droit	Ancienne réglementation nationale
Couleur anormale	Couleur anormale : myosite éosinophilique	Règlement (CE) 854/2004 du 29/04/04, Annexe I, Section II, Chapitre V, §1 alinéa p)	Arrêté Ministériel du 17/03/92, Article 31 d)
Lésions de sarcosporidiose		Règlement (CE) 854/2004 du 29/04/04, Annexe I, Section II, Chapitre V, §1 alinéa h)	Arrêté Ministériel du 17/03/92, Article 31 a) iii

#### 3.3.2. Compétence de l'observateur, nombre et nature des coupes musculaires

Dans de très rares cas, les *Sarcocystis* sont à l'origine de lésions musculaires géantes, alors facilement identifiables lors de l'inspection *post-mortem* à l'abattoir. Néanmoins, dans la très grande majorité des cas, les sarcocystes et les lésions de myosite éosinophilique sont submicroscopiques ; leur détection est alors difficile et peut varier en fonction de la compétence de l'observateur (Latif *et al.*, 1999).

Par ailleurs, les sarcocystes et les lésions de myosite éosinophilique ne sont pas nécessairement visibles en surface ; la coupe de masses musculaires et le choix de celles réalisées prennent alors toute leur importance (Latif *et al.*, 1999 ; Ruas *et al.*, 2001).





**2<sup>ème</sup> PARTIE :**  
**ETUDE**  
**PERSONNELLE**



# 1. Objectifs de l'étude

La sarcosporidiose bovine est très largement répandue au sein des populations de bovins domestiques du monde entier.

Dans la majorité des cas, aucune conséquence clinique n'est associée à l'infection des bovins par des *Sarcocystis*. Néanmoins, cette maladie n'étant jamais recherchée lors de signes cliniques non spécifiques et d'étiologie indéterminée, il est probable que son importance soit sous-estimée.

Parfois, les bovins infectés développent des lésions musculaires à l'origine de saisies à l'abattoir ; deux motifs sont alors couramment associée à ces saisies pour sarcosporidiose : « lésions de sarcosporidiose » et « lésions de myosite éosinophilique évoquant la sarcosporidiose ». Ce dernier motif, qui n'a aucune base juridique, reflète bien l'amalgame qui est généralement fait entre les lésions de myosite éosinophilique et la sarcosporidiose ; de nombreuses études suggèrent en effet l'implication des *Sarcocystis* dans le développement de ces lésions (Ely et Fox, 1989 ; Gajadhar et Marquardt, 1992 ; Granstrom *et al.*, 1989 ; Granstrom *et al.*, 1990a ; Granstrom *et al.*, 1990b ; Jensen *et al.*, 1986 ; Mary, 2005 ; Wouda *et al.*, 2006) ; pour autant de nombreuses incertitudes subsistent quant à la pathogénie de ces lésions, et le rôle réel des *Sarcocystis* reste à préciser.

Alors que la totalité des bovins sont infectés par *Sarcocystis* (Euzéby, 1997), ces lésions de sarcosporidiose apparaissent de manière sporadique et imprévisible. Dans ce contexte, la sarcosporidiose fait partie des six motifs de dépréciation des carcasses pris en charge par le Fond d'Assainissement Régional (F.A.R.). Le F.A.R. repose sur une adhésion volontaire des éleveurs ligériens, qui cotisent alors à hauteur de 0,80 € par bovin de plus de six mois ; ces cotisations permettent ainsi d'assurer une mutualisation des pertes associées aux saisies sanitaires suivantes : sarcosporidiose, tiquetage musculaire, myodystrophie : sclérose musculaire d'origine métabolique (au sens de la fibrolipomatose), mélanose, ictère et cysticercose. L'association interprofessionnelle Bovi-Loire, en tant que représentant régional d'Interbev (Association Nationale Interprofessionnelle du Bétail et des Viandes), est en charge de la gestion du F.A.R. ; elle a noté depuis 2003 une importante augmentation du nombre des saisies pour sarcosporidiose, qui sont de plus aujourd'hui presque toutes totales alors qu'elles étaient initialement majoritairement partielles. Cette évolution du nombre et de la typologie des saisies pour sarcosporidiose a pour conséquence une très forte augmentation des coûts engendrés par ces saisies, qui pèsent de plus en plus sur les caisses du F.A.R. ; ainsi, entre janvier 2003 et décembre 2008, Bovi-Loire a indemnisé 654 bovins saisis en Pays de la Loire pour sarcosporidiose, à hauteur de 80% des pertes, pour une valeur totale de plus de 530 000 € (soit près de 89 000 € / an). Dans ce contexte, l'association interprofessionnelle souhaitait avoir une meilleure connaissance de la sarcosporidiose, tant sur le plan du risque d'infection que sur le plan du risque de développer des lésions à l'origine de saisies à l'abattoir ; l'objectif finalisé étant de mieux définir les facteurs de risque inhérents au développement de telles lésions, afin d'informer au mieux les éleveurs quant à la prophylaxie la plus adaptée pour la sarcosporidiose, et de limiter au plus vite les conséquences économiques associées.

Par ailleurs, l'un des *Sarcocystis* parasitant les bovins, *S. hominis*, a pour hôte définitif l'Homme ; la sarcosporidiose bovine constitue donc aussi un sujet de préoccupation dans le domaine de la santé publique. La volonté de Bovi-Loire de mieux connaître les facteurs de risque de saisies pour sarcosporidiose, et donc indirectement d'infection des bovins par *Sarcocystis*, notamment *S. hominis*, a donc aussi été motivée par ces enjeux de santé publique,

puisque l'association a entre autres pour rôle de refléter la volonté des professionnels d'améliorer sans cesse la qualité des produits proposés aux consommateurs.

Afin de mieux définir les facteurs de risque associés aux saisies pour sarcosporidiose, deux axes d'étude ont été suivis. Le premier a porté sur les pratiques d'élevage : l'objectif était de déterminer si certaines de ces pratiques apparaissaient à risque vis-à-vis de ces saisies, notamment en favorisant l'infection des bovins par *Sarcocystis*. Le deuxième axe d'étude a porté sur les caractéristiques des bovins saisis, dans l'optique de définir de potentiels facteurs de prédisposition aux lésions de sarcosporidiose.

## 2. Détermination de pratiques d'élevage à risque vis-à-vis des saisies des bovins pour sarcosporidiose

D'après Bovi-Loire, certains élevages auraient plus de bovins saisis pour sarcosporidiose que d'autres, et ce à des intervalles plus ou moins longs. Ainsi, il semble opportun de s'intéresser à une éventuelle relation entre des pratiques d'élevage et un risque plus ou moins grand pour les bovins d'être saisis pour sarcosporidiose. Bien que les données publiées (cf. 1<sup>ère</sup> partie, 2.1) suggèrent que la quasi-totalité des bovins soit infectée par *Sarcocystis*, certaines pratiques d'élevage pourraient en effet être à l'origine d'une prévalence et/ou d'un degré d'infection des bovins par *Sarcocystis* plus ou moins important. La possibilité que certaines pratiques d'élevage, comme celles liées à l'alimentation des bovins par exemple, favorisent le développement de lésions de sarcosporidiose chez les bovins infectés peut aussi être envisagée.

Dans cette optique, il a été tenté de comparer les pratiques d'élevage mises en œuvre dans des exploitations aux statuts différents vis-à-vis de la sarcosporidiose (nombre de bovins saisis pour ce motif), afin de déterminer si certaines de ces pratiques apparaissaient à risque vis-à-vis de ces saisies. Cette étude a donc consisté en une étude rétrospective à visée explicative.

### 2.1. Matériels et méthodes

L'étude des pratiques d'élevage à risque vis-à-vis des saisies des bovins pour sarcosporidiose a été conduite à l'aide d'une enquête postale réalisée auprès des éleveurs de bovins de la région Pays de la Loire, cotisant au système du F.A.R. pour l'un au moins de leur bovin.

#### 2.1.1. Matériels : population cible et échantillon étudié

La population cible de l'étude était la population constituée de l'ensemble des élevages déclarés en région Pays de la Loire en 2008. L'étude de cette population a été réalisée à travers celle d'un échantillon de 102 élevages ayant participé à l'enquête. En effet, il semblait impossible dans le temps imparti et à partir des moyens humains et financiers déployés pour l'étude d'analyser les pratiques de l'ensemble des élevages de la population cible. La base de sondage était constituée de l'ensemble des élevages cotisant au F.A.R. pour l'un au moins de leurs bovins ; une telle base était détenue par Bovi-Loire.

Cet échantillon de 102 élevages a constitué la *population Rép.*

#### 2.1.2. Méthodes

##### 2.1.2.1. Collecte des données

###### ➤ *Réalisation du questionnaire*

L'étude des pratiques à risque vis-à-vis de l'infection par *Sarcocystis* a été conduite à l'aide d'un questionnaire envoyé par courrier postal. En effet, ce type de protocole de recueil de données semblait le plus adapté pour recouvrir une importante zone géographique tout en utilisant des ressources économiques et humaines raisonnables.

Le questionnaire utilisé a été réalisé à partir d'un modèle préexistant, envoyé aux éleveurs par Bovi-Loire, depuis janvier 2007, lorsque l'un de leur bovin a été saisi pour sarcosporidiose. Ce premier questionnaire a servi de test ; en effet, en analysant les réponses obtenues, des modifications dans le fond et dans la forme ont été réalisées afin d'obtenir un maximum de réponses, et des réponses les plus homogènes possibles.

➤ *Envoi du questionnaire*

C'est Bovi-Loire qui s'est chargé d'envoyer par courrier postal les questionnaires :

- ✓ d'une part aux 396 élevages qui ont été indemnisés à partir du F.A.R. suite à la saisie d'un leur bovin pour sarcosporidiose entre janvier 2007 et mai 2009 dans un abattoir de la région Pays de la Loire ;
- ✓ d'autre part à 22 élevages cotisant au F.A.R. qui n'ont jamais eu de bovin saisi pour sarcosporidiose. Ces élevages n'ont pas été choisis aléatoirement : seuls les plus susceptibles de répondre, selon Bovi-Loire, ont été contactés.

Sur les 418 élevages à qui a été envoyé le questionnaire, seuls 102 ont répondu, soit un taux de réponse de 25% environ. Ce sont ces 102 élevages, choisis de manière non aléatoire, qui ont constitué la *population Rép* ; il s'agit d'un échantillon de la population cible de l'étude, constituée de l'ensemble des élevages déclarés en région Pays de la Loire en 2008.

➤ *Présentation du questionnaire*

Le questionnaire réalisé en collaboration avec Bovi-Loire comportait plusieurs rubriques (cf. annexe 1) :

- ✓ Coordonnées de l'élevage
- ✓ Situation vis-à-vis de la sarcosporidiose

Lorsque les éleveurs déclaraient avoir eu au moins un bovin saisi pour sarcosporidiose, ils devaient préciser si ce bovin était né dans l'exploitation, et le cas échéant devaient indiquer à quel âge il avait été acheté.

Par ailleurs, cette rubrique visait à obtenir des informations épidémiologiques sur les bovins saisis, afin de compléter les informations obtenues en abattoir (cf. 2<sup>ème</sup> partie, 3). Il a ainsi été demandé aux éleveurs de préciser le numéro d'identification, l'âge à l'abattage, la race du ou de(s) bovin(s) saisi(s), et, lorsque plusieurs bovins avaient été saisis, s'il existait une relation génétique entre ces derniers.

- ✓ Questions générales sur l'élevage

Une succession de questions a permis de déterminer les principales caractéristiques de l'élevage : nombre de bovins présents dans l'élevage, type de production et race dominante, type de logement, d'alimentation et d'abreuvement des bovins.

- ✓ Questions sur le risque d'infection des bovins par *S. cruzi* et *S. hirsuta*

Cette rubrique a permis :

- de déterminer si des hôtes définitifs de *S. cruzi* et *S. hirsuta* étaient présents dans l'élevage (carnivores domestiques et sauvages) : présence de chiens (en liberté ou en chenil), présence de chats, présence de faune sauvage (en particulier de renards) ;
- d'estimer la probabilité d'infection des ces hôtes par des *Sarcocystis* (viande bovine, crue ou cuite, distribuée aux carnivores domestiques, accès aux délivrances) ;
- d'estimer la probabilité de contamination de l'eau et de l'aliment des bovins par des sporocystes de *S. cruzi* et *S. hirsuta* ;
- et ainsi d'estimer le risque d'infection des bovins par *S. cruzi* et *S. hirsuta*.

- ✓ Questions sur le risque d'infection des bovins par *S. hominis*

Les questions de cette rubrique visaient à définir si des matières fécales humaines avaient pu contaminer l'aliment et/ou l'eau de boisson des bovins, en particulier au niveau des pâtures.

- ✓ Questions sur les traitements antiparasitaires et la dératisation

Les questions sur les traitements antiparasitaires appliqués aux bovins ont été conservées de l'ancien modèle de questionnaire, sans objectif précis associé. En effet, la bibliographie ne semble pas orienter vers un rôle potentiel de tels traitements dans l'infection par *Sarcocystis*, puis le développement ou non de lésions de sarcosporidiose. Cependant, nous avons fait le choix de garder cette rubrique lors de la réalisation du questionnaire afin de ne pas écarter ces informations, qui pouvaient éventuellement se révéler intéressantes.

Par ailleurs, ces données couplées à celles relatives à la dératisation pouvaient orienter sur l'aspect sanitaire de l'élevage.

- ✓ Questions sur des événements pathologiques inexplicables pouvant être rattachés à la sarcosporidiose

Dans cette rubrique, il était demandé aux éleveurs s'ils avaient noté sur des bovins, qu'ils aient été ou non saisis pour sarcosporidiose, des signes cliniques inexplicables, non spécifiques mais couramment associés à l'infection par *Sarcocystis* : amaigrissement, avortement, chute de poil, raideur des membres.

- ✓ Informations complémentaires en question libre

Une dernière rubrique proposait aux éleveurs d'apporter tout renseignement complémentaire qui leur semblait opportun de préciser.

#### ➤ *Commentaires sur le questionnaire*

Le questionnaire comportait essentiellement des questions fermées (oui/non ou questions à choix multiples) afin d'homogénéiser au maximum les informations fournies et d'en faciliter le codage informatique puis l'exploitation statistique. Seules quelques questions étaient ouvertes ; elles venaient, exception faite de la dernière rubrique (informations complémentaires), compléter une question fermée et permettaient alors d'obtenir des précisions vis-à-vis de ces questions. Leur intitulé était alors très précis.

#### 2.1.2.2. Définition des populations d'étude

Dans le cadre de l'étude, des sous-populations ont été définies au sein de la *population Rép*, constituées des 102 élevages ayant répondu au questionnaire.

#### ➤ *Sous-populations au sein de la population Rép*

Quatre sous-populations ont été définies au sein de la *population Rép*, en fonction du nombre de bovins saisis pour sarcosporidiose rapporté par l'éleveur dans le questionnaire :

- ✓ **Population Rn (non)** : ensemble des élevages de la *population Rép* ne rapportant aucun bovin saisi pour sarcosporidiose. L'effectif de cette population était de 2 élevages.
- ✓ **Population Ro (oui)** : ensemble des élevages de la *population Rép* rapportant au moins un bovin saisi pour sarcosporidiose, elle-même divisée en deux sous-populations complémentaires :

- **Population Ru (unique)** : ensemble des élevages de la *population Rép* rapportant une seule saisie pour sarcosporidiose. L'effectif de cette population était de 76 élevages.
- **Population Rm (multiple)** : ensemble des élevages de la *population Rép* rapportant au moins deux saisies pour sarcosporidiose ; l'effectif de cette population était de 24 élevages.

L'effectif de la *population Ro* était donc de 100 élevages.

- *Populations constituées par les élevages rapportant au moins un cas de saisie pour sarcosporidiose sur un bovin né dans l'élevage*

Deux sous-populations ont été construites à partir des *populations Ru* et *Rm*, en ne gardant que les élevages rapportant au moins un cas de saisie pour sarcosporidiose sur un bovin né dans l'exploitation :

- ✓ **Population U** : ensemble des élevages de la *population Ru* où le cas rapporté correspondait à un bovin né dans l'élevage. Son effectif était de 55 élevages.
- ✓ **Population M** : ensemble des élevages de la *population Rm* où au moins deux des cas rapportés correspondaient à des bovins nés dans l'élevage. Son effectif était de 9 élevages.

Le fait que le bovin saisi pour sarcosporidiose fût né ou non dans l'élevage concerné par le questionnaire a ainsi constitué un critère d'inclusion ou d'exclusion des élevages ayant répondu au questionnaire dans les sous-échantillons que sont les *populations M* et *U*. L'infection des bovins par *Sarcocystis* peut en effet avoir lieu dès le plus jeune âge, et les lésions de sarcosporidiose peuvent persister pendant plusieurs années. Soit un bovin né à  $t_0$  et élevé pendant un temps  $t$  dans un élevage A, puis vendu à un temps  $t$  à un élevage B, où il est élevé jusqu'à l'abattage. Si ce bovin est saisi pour sarcosporidiose, il peut aussi bien :

- ✓ avoir contracté l'infection et développé les lésions responsables de la saisie dans son élevage de naissance A,
- ✓ avoir contracté l'infection dans son élevage de naissance A, et développé les lésions responsables de la saisie dans l'élevage B
- ✓ avoir contracté l'infection et développé les lésions responsables de la saisie dans l'élevage B,

Dans ce contexte il a donc été décidé de n'étudier que les pratiques des élevages détenteurs des bovins saisis de la naissance à l'abattage.

La réunion des élevages des *populations U* et *M* a constitué la population des élevages dont les pratiques ont été étudiées, nommée **population S** (saisie). Son effectif était de 64 élevages. De ce point de vue, on peut considérer que l'enquête sur les pratiques observées dans les élevages détenteurs des bovins saisis pour sarcosporidiose depuis la naissance a été exhaustive, puisque l'ensemble de ces élevages a normalement reçu le questionnaire. En revanche il sera par la suite important de prendre en compte les biais liés aux non-réponses, qui n'ont pas été analysées dans cette étude.

### 2.1.2.3. Définition des variables d'étude et traitement des données

Dans un premier temps, les bovins saisis pour sarcosporidiose et renseignés dans les questionnaires ont été présentés de manière descriptive, quant à leur race, leur âge à l'abattage, et leur élevage d'origine (élevage avec un seul cas, *population Ru* ou élevage avec



plusieurs cas, *population Rm*). Cette étude descriptive a porté ici sur l'ensemble des questionnaires retournés à Bovi-Loire ; il s'agissait donc d'une enquête exhaustive, exception faite des non-réponses, portant sur l'ensemble des bovins saisis pour sarcosporidiose issus des élevages ayant été indemnisés entre janvier 2007 et mai 2009 suite à la saisie d'un de leur bovin pour ce motif.

Dans un second temps, les pratiques des élevages de la *population S* ont été analysées. La volonté initiale de Bovi-Loire était de réaliser une enquête d'épidémiologie explicative sur les saisies de bovins pour sarcosporidiose, par le biais d'une étude cas/témoin. Dans cette optique, la variable expliquée était le nombre de bovins saisis pour sarcosporidiose. Les données recueillies dans le questionnaire devaient permettre d'étudier cette variable en relation avec diverses variables explicatives, correspondant aux pratiques d'élevage étudiées. Néanmoins, étant donné les modalités d'envoi du questionnaire et le nombre de réponses obtenues, une telle étude analytique n'a pas pu être réalisée. En effet, aucune population témoin, constituée uniquement d'élevages ne rapportant aucun bovin saisi pour sarcosporidiose, n'a pu être constituée. Or le principe de l'étude cas/témoin consistait justement à comparer la fréquence d'exposition des bovins à des pratiques d'élevage potentiellement à risque entre une population avec des cas de saisies pour sarcosporidiose et une population témoin. Cette étude n'ayant pas pu être réalisée, seule une analyse descriptive de la *population S* portant sur les variables suivantes a été faite :

- *Nombre de bovins saisis pour sarcosporidiose et élevage de naissance de ces bovins*

L'exploitation des résultats relatifs à la variable brute « nombre de bovins saisis pour sarcosporidiose » a permis de classer les élevages de la *population Rép* dans les différentes sous-populations *Rn*, *Ru* et *Rm*, ainsi que dans les sous-populations *U* et *M*, en confrontant ces résultats avec ceux relatifs à l'élevage de naissance du (des) bovin(s) saisi(s).

- *23 pratiques d'élevage*

Grâce aux informations recueillies par le biais des questionnaires, diverses pratiques d'élevage (axes d'étude) ont été décrites par une ou plusieurs variables qui correspondaient en général aux variables brutes du questionnaire (cf. annexe 1).

- ✓ Type de production de l'élevage, avec trois modalités : lait (élevage laitier), viande (élevage allaitant) et mixte.

La variable « présence de petits ruminants dans l'élevage » a aussi été étudiée, avec deux modalités possibles : oui et non (O/N).

- ✓ Taille de l'élevage ; cette variable a été décrite en tant que variable quantitative (variable brute), puis en tant que variable qualitative à quatre modalités :
  - petit : élevage comprenant de 1 à 50 bovins ;
  - moyen : élevage comprenant de 51 à 100 bovins ;
  - grand : élevage comprenant de 101 à 200 bovins ;
  - très grand : élevage comprenant plus de 200 bovins.
- ✓ Logement (stabulation) et accès aux pâtures : variables non exclusives à 2 modalités : O/N.
- ✓ Type d'alimentation : variable englobant en fait cinq variables non exclusives (fourrage, concentré, ensilage de maïs, ensilage d'herbe, pâturage) à deux modalités : O/N.

- ✓ Type d'abreuvement : variable englobant en fait quatre variables non exclusives (réseau, mare, puits, ruisseau) à deux modalités : O/N.
- ✓ Risque d'infection des bovins par *S. cruzi* et *S. hirsuta* décrit par onze variables non exclusives :
  - présence dans l'élevage : d'un chien (O/N), d'un chien en liberté (O/N), d'un chat (O/N), d'un carnivore domestique en liberté (O si au moins l'une des deux variables précédentes prend la modalité O, N sinon) ;
  - carnivores domestiques nourris avec de la viande bovine (O/N) ;
  - observation dans l'élevage : d'animaux sauvages (O/N), de renards (O/N) ;
  - présence d'hôtes définitifs de *S. cruzi* ou *S. hirsuta* en liberté dans l'élevage ; O si « présence d'un carnivore domestique en liberté = O » ou « observation de renards dans l'élevage = O », N sinon ;
  - accès possible à l'alimentation (O/N), à l'eau d'abreuvement (O/N), aux délivrances (O/N) des bovins d'autres animaux (carnivores domestiques et faune sauvage).
- ✓ Risque d'infection des bovins par *S. hominis* décrit par cinq variables non exclusives :
  - W.C. ; O si des toilettes sont présentes dans l'élevage, N sinon ;
  - fosse septique ; O si les toilettes de l'élevage, lorsque présentes, sont raccordées à une fosse septique, N sinon ;
  - épandage : O si des fèces humaines peuvent contaminer les pâtures accessibles aux bovins (épandages, ruissellement d'eau : cf. questions 8 c) et e) du questionnaire) ;
  - cours d'eau en bordure de pâture : O/N ;
  - présence de personnes extérieures à l'élevage (promeneurs, chasseurs...) sur les pâtures : O/N.

Pour chacune de ces variables, la *population S* d'abord, puis les sous-populations *U* et *M*, ont été décrites. Pour les pourcentages intégrés au texte, les effectifs des populations auxquelles ils se rapportaient ont été précisés entre parenthèses, sous la forme « n= » (l'ensemble de ces effectifs, et des pourcentages correspondants sont reportés dans l'annexe 2). Lorsque cela paraissait intéressant, des comparaisons très générales ont été apportées entre les populations *S*, *U* et *M*.

Enfin, les fréquences d'expositions aux différentes pratiques d'élevage étudiées ont été déterminées pour chaque type de production des élevages, et comparées entre elles.

## 2.2. Résultats

### 2.2.1. Description des bovins saisis pour sarcosporidiose issus des élevages ayant participé à l'enquête (*population Ro*)

#### 2.2.1.1. Élevage d'origine des bovins saisis pour sarcosporidiose

Les questionnaires ont permis de recueillir des informations épidémiologiques sur 113 bovins saisis pour sarcosporidiose, issus de 100 élevages (*population Ro*). Sur ces 113 bovins, 37 provenaient de 24 élevages ayant eu au moins 2 cas (*population Rm*).

Ainsi les saisies pour sarcosporidiose étaient multiples dans 1/3 des élevages concernés par ces saisies. Près de la moitié de ces élevages « récidivants » n'ont eu que 2 cas, et plus des 3/4, 3 cas au plus (cf. figure 7).

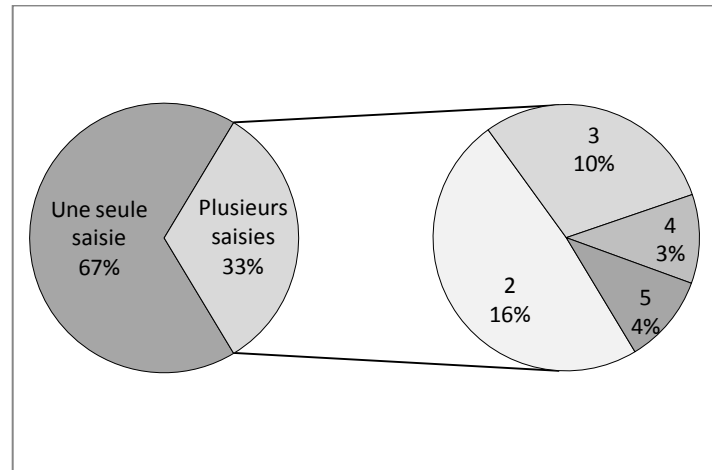


Figure 7 : répartition des élevages ayant eu un bovin au moins saisi pour sarcosporidiose en fonction du nombre de bovins saisis pour ce motif (*Ro*, n = 100)

#### 2.2.1.2. Race des bovins saisis pour sarcosporidiose

La race était connue pour 111 des 113 bovins saisis pour sarcosporidiose (provenant des élevages de la *population Ro*). Ces bovins étaient majoritairement de 4 races ; près de la moitié étaient de race Blonde d'Aquitaine, et 1/4 de race Prim'Holstein (cf. figure 8).

Cependant, la part des différentes races n'était pas identique entre les *populations Rm* et *Ru* (cf. figure 9). Ainsi, les bovins saisis pour sarcosporidiose issus des élevages « récidivants » (*population Rm*) étaient tous de race Blonde d'Aquitaine, sauf un de race Normande.

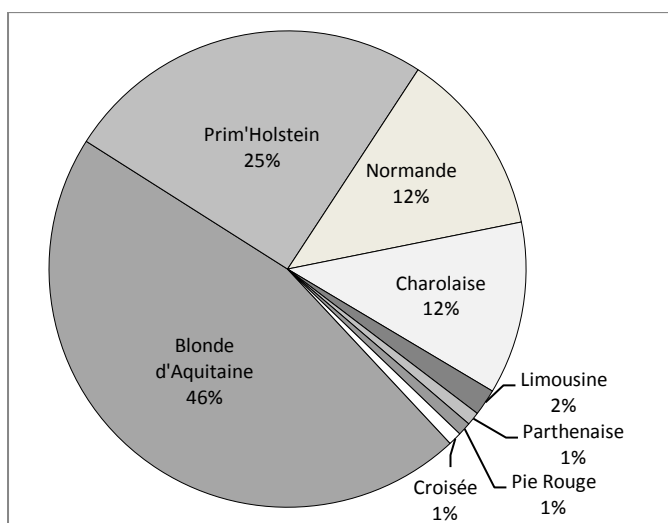


Figure 8 : race des bovins saisis pour sarcosporidiose dans les élevages ayant eu au moins un bovin saisi pour ce motif (n = 111 bovins)

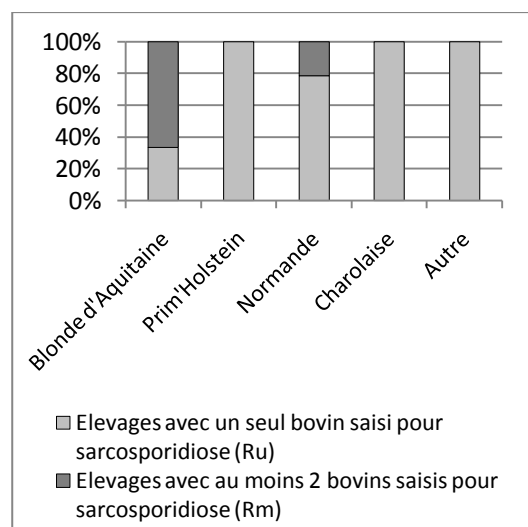


Figure 9 : origine des bovins saisis pour sarcosporidiose en fonction de la race (n = 111 bovins)

### 2.2.1.3. Age des bovins saisis pour sarcosporidiose

L'âge était connu pour 109 des 113 bovins renseignés (cf. figure 10). La moyenne d'âge de ces 109 bovins était de 5 ans. La dispersion des âges était assez faible avec une médiane proche de la moyenne (4,75 ans) et un 1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> quartiles respectivement de 3,5 et 6 ans. Les animaux les plus jeunes avaient tous plus de 1 an et ½. En revanche, un quart des bovins saisis étaient assez âgés, avec un maximum de 14 ans et ½. L'écart-type était d'environ 2 ans.

Par ailleurs la répartition des âges des bovins de la *population Ru* était assez homogène avec celle observée pour les bovins de la *population Rm* (cf. figure 11).

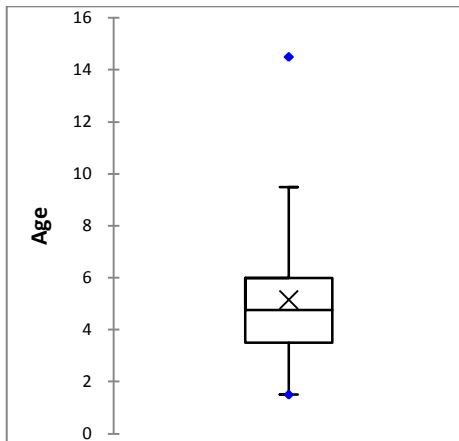


Figure 10 : âge des bovins saisis pour sarcosporidiose dans les élevages de la *population Ro* (n = 109)

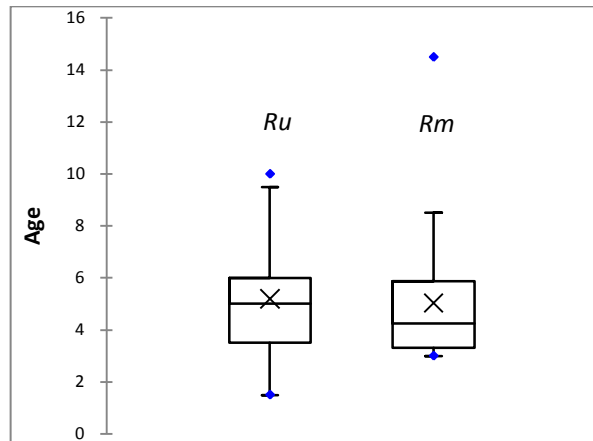


Figure 11 : âge des bovins saisis pour sarcosporidiose dans les élevages des *populations Ru* (n = 75) et *Rm* (n = 34)

## 2.2.2. Description des élevages ayant eu un bovin au moins né dans l'élevage et saisi pour sarcosporidiose (*population S*)

Les effectifs des différentes réponses aux questionnaires ont été reportés dans l'annexe 2.

### 2.2.2.1. Type de production des élevages

Vingt-deux pour cent des élevages de la *population S* (n = 64) étaient des élevages mixtes. Le reste se répartissait à parts à peu près équivalentes entre élevages laitiers (41%) et élevages allaitants (36%).

Dans la *population M* (n= 9), le type production « viande » était largement dominant (67%), contrairement à ce qui était observé dans la *population U* (n=55), où la production laitière représentait près de la moitié des élevages (cf. figure 12).

Ainsi la quasi-totalité des élevages laitiers (96%, n=52) et mixtes (93%, n=28) n'a rapporté qu'un seul bovin saisi pour sarcosporidiose, alors que 3/4 des élevages allaitants (n=46) en ont rapportés au moins deux (cf. figure 12).

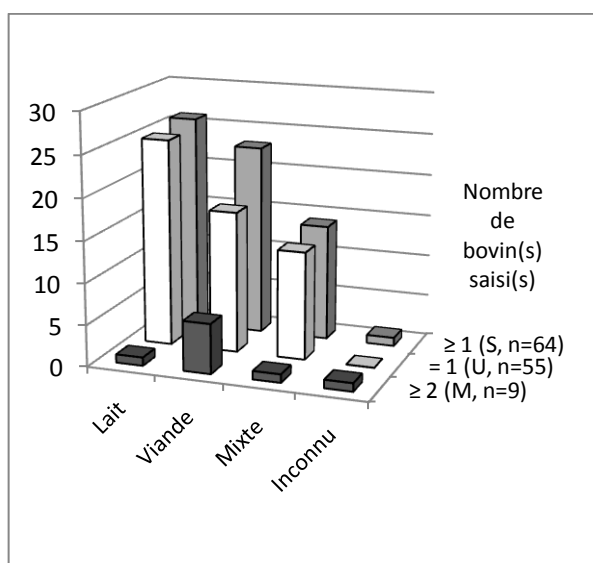


Figure 12 : type de production des élevages ayant eu un bovin au moins né dans l'élevage et saisi pour sarcosporidiose

### 2.2.2.2. Taille des élevages

Le nombre de bovins présents dans l'exploitation était connu pour 61 des 64 élevages de la *population S*. Très variable, il était compris entre 40 et 370, pour une moyenne et une médiane d'environ 167 bovins. L'écart-type valait 84 (cf. figure 13).

Cette importante dispersion dans la taille des élevages s'est retrouvée au sein de la *population U*, mais était plus mesurée dans la *population M* (cf. figure 14). Les élevages des *populations U* comptaient globalement moins de bovins que ceux de la *population M*.

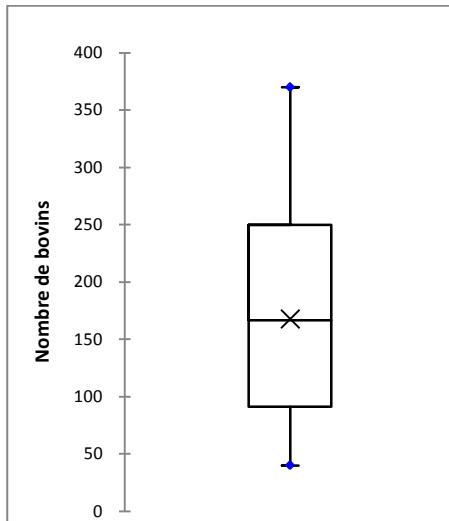


Figure 13 : nombre de bovins présents dans les élevages de la *population S* (n = 64)

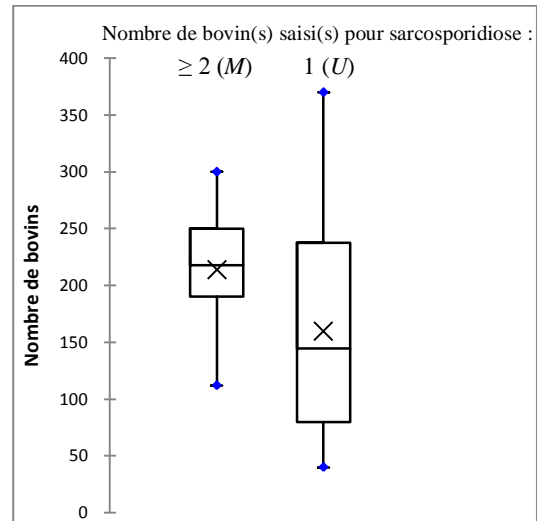


Figure 14 : nombre de bovins présents dans les élevages des *populations M* (n = 9) et *U* (n = 55)

Ainsi, la *population M* (n=9) était constituée uniquement de grands à très grands élevages ; ces derniers représentaient à eux-seuls 60% de cette *population M*. Au contraire, la *population U* était constituée majoritairement d'élevages de moyens à grands effectifs (cf. figure 15).

Le tiers des élevages de plus de 200 bovins (n=18) a rapporté plus de 2 bovins saisis pour sarcosporidiose, alors que la quasi-totalité des élevages de taille plus modérée (n=43) n'en n'a signalé qu'un seul (cf. figure 15).

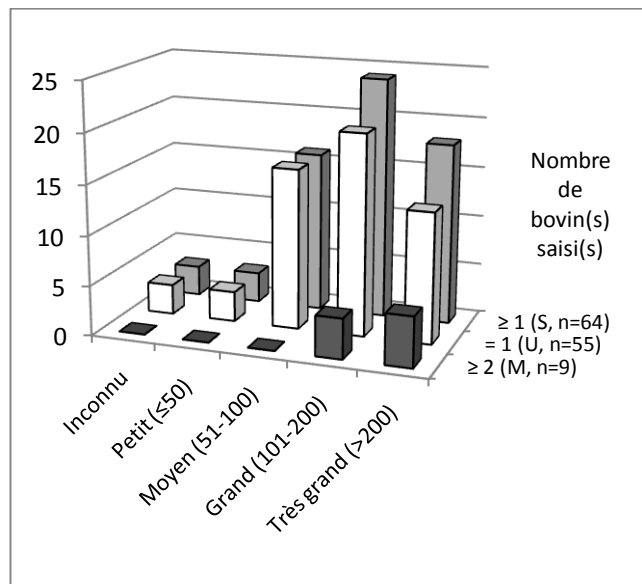


Figure 15 : taille d'élevage (nombre de bovins présents) en fonction du nombre de bovin(s) saisi(s) pour sarcosporidiose nés dans l'élevage

### 2.2.2.3. Relation entre le type de production et la taille des élevages

Le nombre de bovins présents dans l'exploitation était très variable en fonction du type de production des élevages, et inversement : les élevages allaitants et mixtes (n=37) étaient de taille importante (86% d'entre eux comprenant plus de 100 bovins), alors que les laitiers (n=26) étaient surtout de taille intermédiaire avec la moitié d'entre eux contenant entre 50 et 100 bovins. Ainsi, 50% des élevages de grande taille (plus de 100 bovins, n=41) étaient des élevages allaitants et 84% des élevages de taille modérée (moins de 100 bovins, n=19) étaient de type laitier (cf. figure 16).

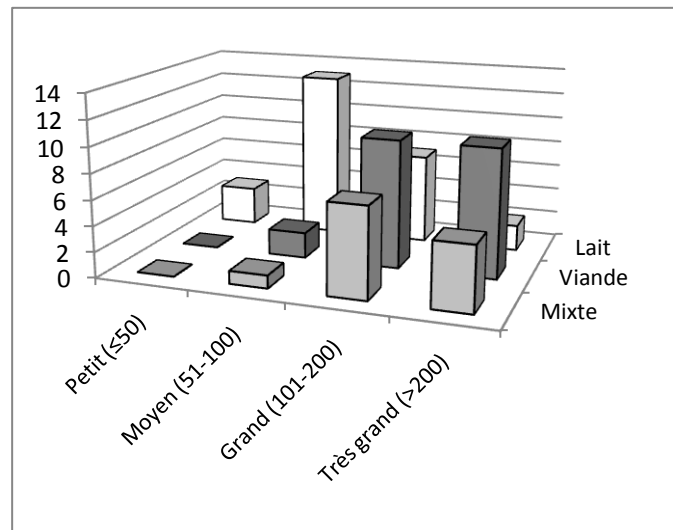


Figure 16 : relations entre le type de production et le nombre de bovins présents dans les élevages détenteurs depuis la naissance d'au moins un bovin saisi pour sarcosporidiose

### 2.2.3. Exposition des élevages rapportant au moins un bovin né dans l'élevage et saisi pour sarcosporidiose à diverses pratiques potentiellement à risque vis-à-vis de ces saisies

#### 2.2.3.1. Logement et accès aux pâtures

La quasi-totalité des élevages détenteurs de la naissance à l'abattage d'au moins un bovin saisi pour sarcosporidiose (n=64) présentait des stabulations (98%) et permettait aux bovins un accès au pré (80%). Cet accès au pré était plus souvent rapporté (89%) dans les élevages ayant eu de multiples saisies pour sarcosporidiose (n=9).

#### 2.2.3.2. Type d'alimentation

La figure 17 présente la proportion d'élevages distribuant chacun des 5 types d'aliment étudiés dans le questionnaire. Une très grande majorité des élevages rapportant au moins un bovin saisi pour sarcosporidiose et né dans l'élevage (n=64) ont répondu qu'ils distribuaient des concentrés (88%) et de l'ensilage de maïs (94%) à leurs bovins, qui ont par ailleurs généralement accès aux pâtures (77%). Près des 2/3 ont de plus rapporté qu'ils distribuaient du fourrage et de l'ensilage d'herbe.

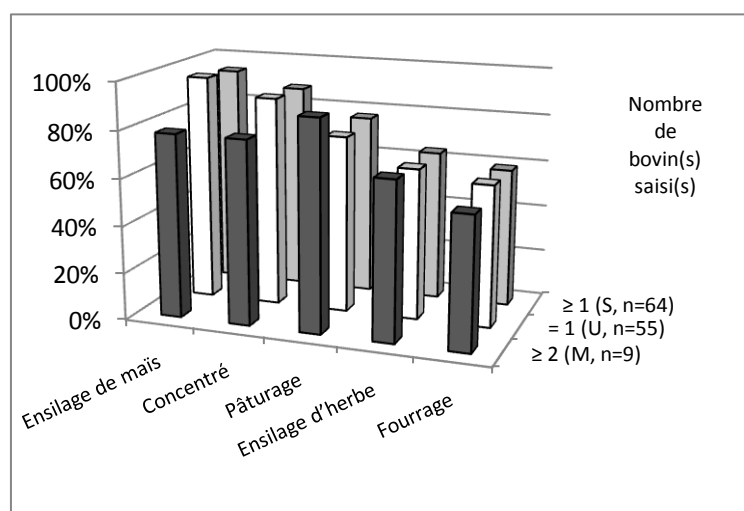


Figure 17 : proportion d'élevages où est utilisé l'un ou l'autre des 5 types d'aliment étudiés en fonction du nombre de bovin(s) saisi(s) pour sarcosporidiose

Globalement, peu de différences quant à l'alimentation des bovins ont été observées entre les élevages rapportant un ou plusieurs bovin(s) saisi(s) pour ce motif. La distribution d'ensilage de maïs et de concentré était moins souvent rapportée dans les élevages de la *population M* (n=9), mais restait néanmoins observée dans la majorité (78%) des élevages de cette population. Inversement, l'accès au pâturage était plus souvent signalé (89%) dans ces élevages « récidivants », que dans ceux ne rapportant qu'un seul cas (75%, n=55).

### 2.2.3.3. Type d'abreuvement

Dans 2/3 environ des élevages de la *population S* (n=64), l'eau d'abreuvement des bovins était issue d'un puits, et dans 1/3 environ il s'agissait d'eau du réseau (cf. figure 18); rappelons que ces pratiques n'étaient pas exclusives. Ainsi 19% des élevages utilisant un puits (n=44) distribuaient aussi de l'eau du réseau à leurs bovins. L'abreuvement des bovins à partir d'eau de ruisseau et de mare était assez rarement rapporté; en particulier ces pratiques étaient moins souvent décrites dans la *population M* (cf. figure 18).

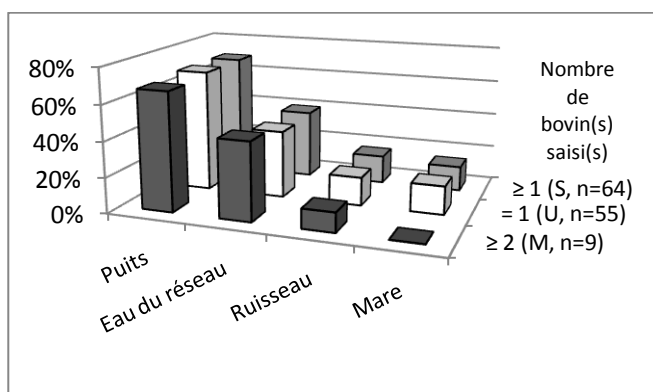


Figure 18 : proportion d'élevages où est utilisé l'une ou l'autre des 4 sources d'eau étudiées pour l'abreuvement des bovins en fonction du nombre de bovin(s) saisi(s) pour sarcosporidiose

### 2.2.3.4. Risque d'infection des bovins par *S. cruzi* et *S. hirsuta*

#### ➤ Présence des hôtes définitifs en liberté dans l'élevage

Un carnivore domestique était présent dans 51 des 64 (80%) des élevages de la *population S* (cf. figure 19); ces carnivores domestiques étaient moins souvent rapportés (67%) dans les élevages de la *population M* (n=9). Dans la majorité des cas (cf. figure 20), il s'agissait d'un chien (86%) mais les chats étaient aussi très souvent signalés (57%). Cependant, parmi ces élevages présentant un carnivore domestique, ceux ayant eu plusieurs bovins saisis (n=6) rapportaient plus souvent la présence d'un chat (67%) que celle d'un chien (50%). Un quart des élevages avec un chien (n=44) présentait aussi un chat. Dans environ 2/3 des cas, les chiens étaient en liberté dans les élevages lorsqu'ils étaient présents (n=44), aussi bien dans les élevages de la *population U* (60%, n=41) que de la *population M* (66%, n=3).

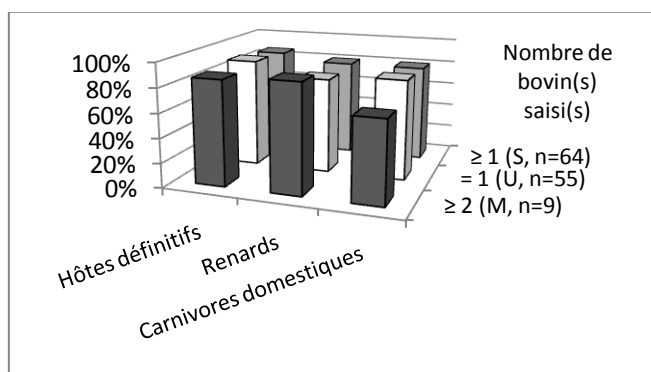


Figure 19 : exposition des élevages à un risque de contamination des bovins par *Sarcocystis* à partir de carnivores, domestiques ou sauvages (hôtes définitifs)

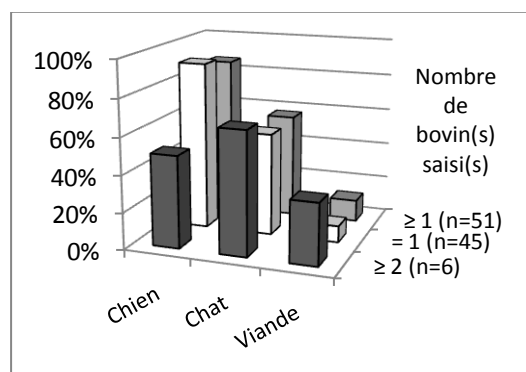


Figure 20 : parts relatives des chiens et chats dans les élevages présentant un carnivore domestique, et proportion nourrie avec de la viande bovine

Des animaux sauvages ont été signalés dans presque tous les élevages (84%) de la *population S* (n=64), quelque soit le nombre de bovin saisi pour sarcosporidiose, et correspondaient quasi systématiquement à des renards (cf. figure 19) ; quatre éleveurs ont rapporté la présence de rats musqués.

La majorité des éleveurs possédaient ainsi des chats et/ou des chiens. S'il semble illusoire de tenir les chats à l'écart des bovins et de leur milieu de vie, ceci est tout à fait possible pour les chiens mais n'était que rarement appliqué : seul un tiers des éleveurs interrogés ont en effet affirmé qu'ils attachaient leur chien ou l'isolaient dans un chenil.

Par ailleurs, la majorité des éleveurs ont rapporté avoir observé, à une ou plusieurs reprise(s) des renards à proximité des bâtiments et des pâtures des bovins.

Ainsi, 86% des éleveurs de la *population S* (n=64) ont signalé la présence d'un carnivore, domestique ou sauvage, en liberté dans leur élevage (cf. figure 19).

➤ *Risque d'infection des hôtes définitifs par S. cruzi ou S. hirsuta*

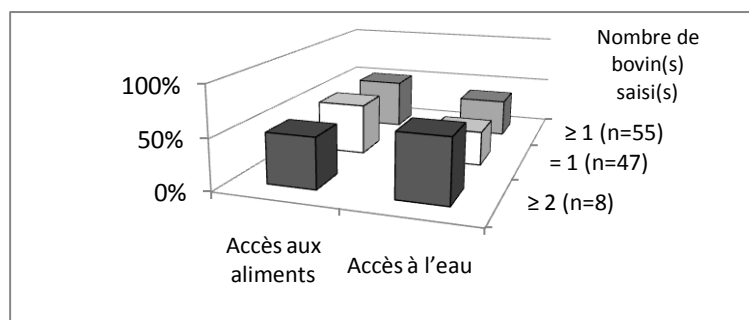
Seuls 12% des éleveurs de la *population S* détenteurs d'un carnivore domestique (n=51) ont déclaré distribuer de la viande bovine à leur animal domestique ; cette pratique était plus souvent rapportée dans des élevages ayant eu plusieurs cas de saisies pour sarcosporidiose (33%, n=6, contre seulement 9% dans les élevages de la *population U* présentant un carnivore domestique, n=45).

En revanche, l'accès possible des hôtes définitifs de *S. cruzi* et *S. hirsuta* aux délivrances des bovins était assez couramment rapporté, avec environ 2/3 des élevages de la *population U* et la moitié des élevages de la *population M* concernés (parmi ceux ayant signalé la présence de carnivores en liberté, n<sub>U</sub>=47 et n<sub>M</sub>=8).

Le risque d'infection des carnivores domestiques par *S. cruzi* ou *S. hirsuta* semblait assez faible en regard du faible nombre d'éleveurs ayant déclaré leur donner de la viande bovine ; cette pratique était plus souvent rapportée dans les élevages ayant eu plusieurs bovins saisis et pourrait ainsi constituer une clé d'explication à ce caractère « récidivant ». En revanche, le fait que près des 2/3 des élevages de la *population S* aient signalé que les délivrances des bovins n'étaient pas isolées dans un endroit clos, inaccessible aux animaux, nous amène à nous interroger sur la possibilité d'infection des hôtes définitifs de *S. cruzi* et *S. hirsuta* à partir de bovins morts, non isolés avant le passage du service d'équarrissage.

➤ *Risque de souillure de l'aliment et/ou de l'eau d'abreuvement des bovins par des fèces des hôtes définitifs de S. cruzi ou S. hirsuta*

Parmi les élevages où ont été observés des hôtes définitifs de *S. cruzi* et *S. hirsuta* en liberté (n=55), la moitié permettait à ceux-ci un accès à l'aliment des bovins, et plus d'un tiers à leur eau de boisson (cf. figure 21). Cet accès à l'eau était particulièrement fréquent dans les élevages « récidivants » (*population M*).



**Figure 21 : exposition des élevages signalant des carnivores en liberté dans l'exploitation (n=55) à des pratiques favorisant la contamination de l'aliment et de l'eau des bovins par des sporocystes excrétés par ces carnivores**



Ainsi, dans près de 2/3 des élevages concernés par des carnivores « errants » dans l'élevage, un accès à l'eau et/ou à l'aliment des bovins était possible. Le risque de contamination de cette eau et/ou de cet aliment à partir de fèces d'hôtes définitifs de *S. cruzi* et *S. hirsuta* semblait donc assez important dans l'éventualité où ces hôtes étaient excréteurs de sporocystes de *Sarcocystis*.

Les élevages ayant rapporté au moins un bovin saisi pour sarcosporidiose dans les questionnaires semblaient donc être fortement exposés à des pratiques favorisant le maintien du cycle évolutif des *Sarcocystis* infectant les bovins et dont les hôtes définitifs sont les carnivores domestiques et sauvages (*S. cruzi* et *S. hirsuta*).

### 2.2.3.5. Risque d'infection des bovins par *S. hominis*

Les élevages de la *population S* (n=64) présentaient presque tous (94%) des toilettes situées dans l'exploitation, reliées dans la très grande majorité des cas à une fosse septique (cf. figure 22) ; seuls 4 élevages, tous issus de la *population U*, avaient des toilettes non raccordées à une telle fosse.

Par ailleurs la pratique de l'épandage de matières fécales humaines, ou la possibilité d'écoulement d'eau contaminée par de telles fèces, n'ont presque jamais été rapportées (8% des élevages de la *population S*, n=64, cf. figure 22) ; seuls 5 élevages de la *population U* étaient concernés par ce risque de contamination des parcelles utilisées pour le pâturage des bovins.

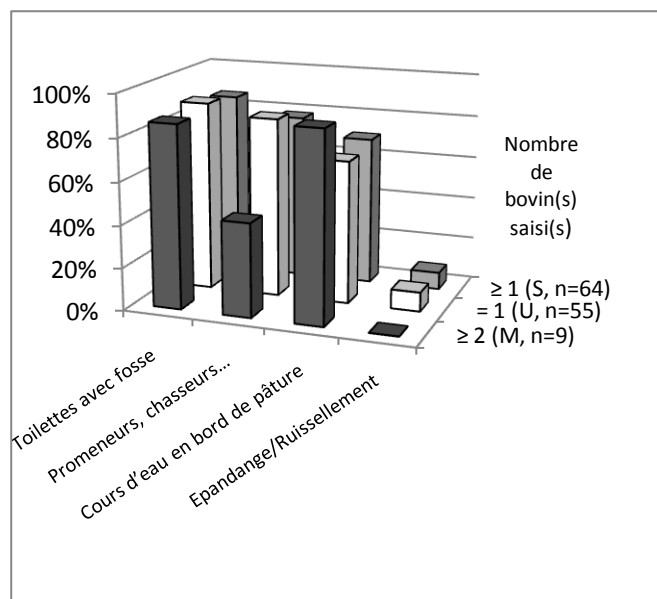


Figure 22 : exposition des élevages à un risque de contamination des bovins par *S. hominis*

En revanche, la présence de personnes extérieures à l'élevage (chasseurs, promeneurs...) sur les pâtures accessibles aux bovins, ainsi que la présence d'un cours d'eau en bordure de ces mêmes pâtures ont été rapportées dans respectivement 78% et 70% des élevages de la *population S* (n=64). Ces deux facteurs, tous deux potentiellement à risque vis-à-vis de la contamination des bovins par *S. hominis*, étaient inégalement rapportés par les élevages en fonction du nombre de saisies pour sarcosporidiose observé ; en particulier la présence de personnes extérieures sur les pâtures des bovins était moins souvent rapportée dans les élevages « récidivants » (cf. figure 22).

D'une manière générale, les éleveurs ne semblaient pas être eux-mêmes à l'origine d'une contamination par des fèces humaines des parcelles utilisées pour leurs bovins ; en effet, la majorité ont rapporté disposer de toilettes au sein de l'élevage, et dans la très grande majorité des cas, ces toilettes étaient raccordées à une fosse septique. Ce raccordement permet en effet d'exclure les risques de ruissellement sur les pâtures d'eaux usées en provenance de l'élevage et contenant des matières fécales humaines. Seul un éleveur a rapporté un tel ruissellement sur les pâtures ; il était lié selon lui, non pas à son élevage, qui possédait une fosse septique, mais à une maison voisine qui elle n'en possédait pas. Par ailleurs la pratique de l'épandage de telles matières fécales n'a été qu'exceptionnellement rapportée.

En revanche, le risque de contamination des pâtures des bovins par *S. hominis* à partir de sources extérieures à l'élevage ne semblait pas négligeable. En effet, dans plus des trois quarts des élevages de la *population S* (n=64) il a été rapporté la présence de personnes extérieures à l'élevage sur ces pâtures. Ces promeneurs, chasseurs, campeurs, etc., ont potentiellement pu déféquer dans la nature ; dans l'éventualité où ils étaient infectés par *S. hominis*, ils ont ainsi pu être à l'origine d'une dissémination de sporocystes dans l'environnement des bovins par le biais d'eaux de ruissellement. De même, les cours d'eau sont potentiellement souillés par des fèces humaines (ou animales d'ailleurs) ; leur présence en bordure de pâtures peut être à l'origine d'une contamination des bovins, soit directement (ingestion d'eau) soit indirectement par contamination des pâtures, lors de fortes pluies par exemple. De tels cours d'eau ont été rapportés dans un grand nombre d'élevages ayant eu au moins un bovin saisi pour sarcosporidiose ; les élevages « récidivants » étaient particulièrement exposés à ce danger, ce qui nous amène à suspecter ce dernier comme un potentiel facteur de risque vis-à-vis des saisies pour sarcosporidiose.

## 2.2.4. Relations entre les pratiques d'élevage potentiellement à risque et le type de production

Les différentes pratiques d'élevage étudiées n'étaient pas représentées de manière homogène par les élevages de type allaitant, laitier et mixte constituant la *population S*.

### 2.2.4.1. Type d'aliment et source d'eau utilisés pour les bovins selon le type de production

Le type d'aliment distribué aux bovins ne variait pas beaucoup en fonction du type de production (cf. figure 23). La distribution de concentré (respectivement la distribution de fourrage et l'accès au pré) était plus (respectivement moins) souvent rapportée dans les élevages laitiers, alors que celle d'ensilage d'herbe était plus souvent rapportée dans les élevages mixtes.

De même, les sources d'eau utilisées pour l'abreuvement des bovins étaient comparables dans les différents types d'élevages (cf. figure 24).

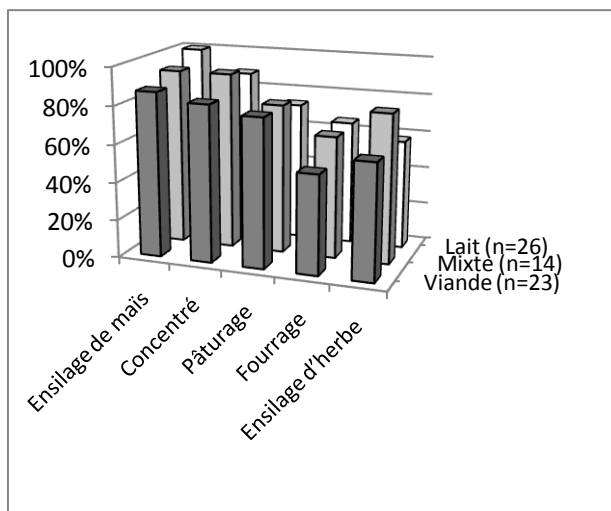


Figure 23 : alimentation des bovins en fonction du type de production de l'élevage

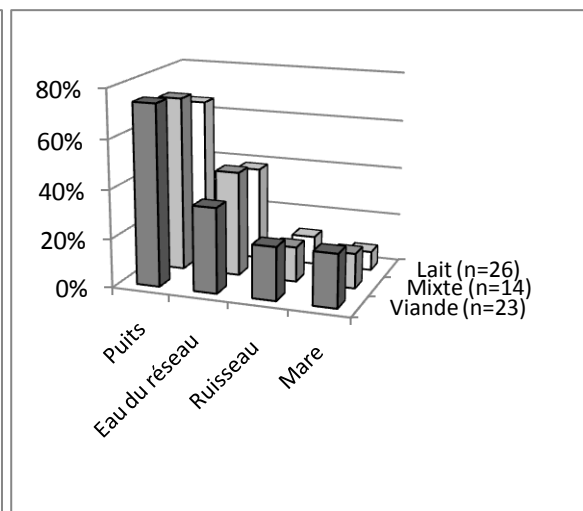


Figure 24 : sources d'eau utilisées pour l'abreuvement des bovins en fonction du type de production de l'élevage

#### 2.2.4.2. Risque d'infection des bovins par *S. cruzi* et *S. hirsuta* selon le type de production

##### ➤ *Présence des hôtes définitifs en liberté dans l'élevage*

Les pratiques favorisant la contamination des bovins par *S. cruzi* et *S. hirsuta* étaient assez différentes entre les élevages allaitants d'une part et les élevages laitiers et mixtes d'autre part. Ces derniers rapportaient ainsi plus souvent (cf. figure 25) :

- ✓ la présence de carnivores domestiques (chien ou chat) en liberté dans l'élevage ;
- ✓ l'observation de faune sauvage, et en particulier de renards, dans l'élevage.

Ainsi des hôtes définitifs de *S. cruzi* et *S. hirsuta* étaient présents et libres de divaguer dans 92% des élevages laitiers (25 sur 26) et 93% des élevages mixtes (13 sur 14). La fréquence de ces hôtes définitifs en liberté était certes plus faible dans les élevages allaitants mais atteignait tout de même 78% de ces élevages (18 sur 23).

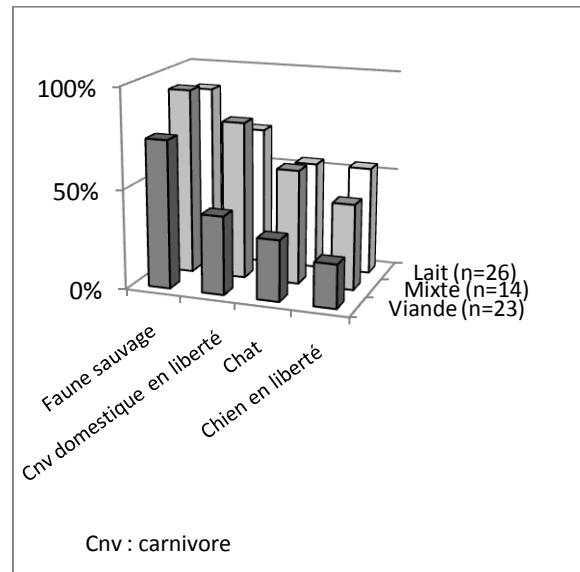
##### ➤ *Risque d'infection des hôtes définitifs par *S. cruzi* ou *S. hirsuta**

La probabilité d'infection par *Sarcocystis* des carnivores domestiques suite à l'ingestion de viande bovine semblait plus importante dans les élevages allaitants, avec 22% des éleveurs possédant un chien et/ou un chat en liberté (n=9) leur distribuant un tel aliment, contre 9% des éleveurs laitiers (n=18) et 6% des éleveurs mixtes (n=9).

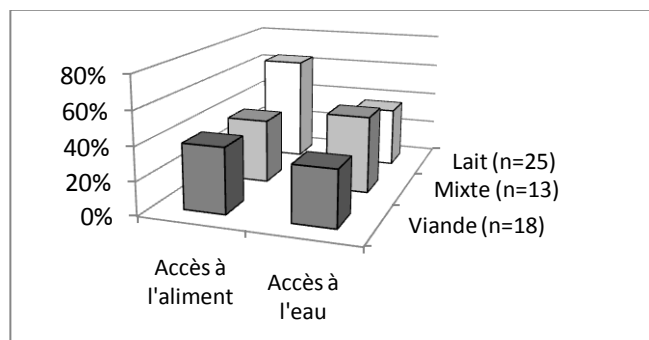
En revanche, plus des 3/4 des éleveurs laitiers (n=26) ont déclaré que les délivrances des bovins étaient accessibles à d'autres animaux, contre moins de la moitié des élevages allaitants (n=23) et mixtes (n=14). Ceci peut éventuellement révéler un plus faible « niveau sanitaire » de ces élevages laitiers, et ainsi un risque plus important de contamination des hôtes définitifs de *S. cruzi* et *S. hirsuta* à partir de bovins morts, non isolés dans l'attente du service d'équarrissage.

##### ➤ *Risque de souillure de l'aliment et/ou de l'eau d'abreuvement des bovins par des fèces des hôtes définitifs de *S. cruzi* ou *S. hirsuta**

Les élevages laitiers (respectivement mixtes) ayant signalé la présence d'hôtes définitifs de *S. cruzi* et *S. hirsuta* en liberté (n=25, respectivement n=13) semblaient plus exposés au risque de contamination de l'aliment (respectivement de l'eau) des bovins par des sporocystes de *Sarcocystis*, avec près des 2/3 (respectivement près de la moitié) rapportant un accès possible à cet aliment (respectivement à cette eau) à d'autres animaux (cf. figure 26).



**Figure 25 : exposition des élevages aux hôtes définitifs de *S. cruzi* et *S. hirsuta* en fonction de leur type de production**

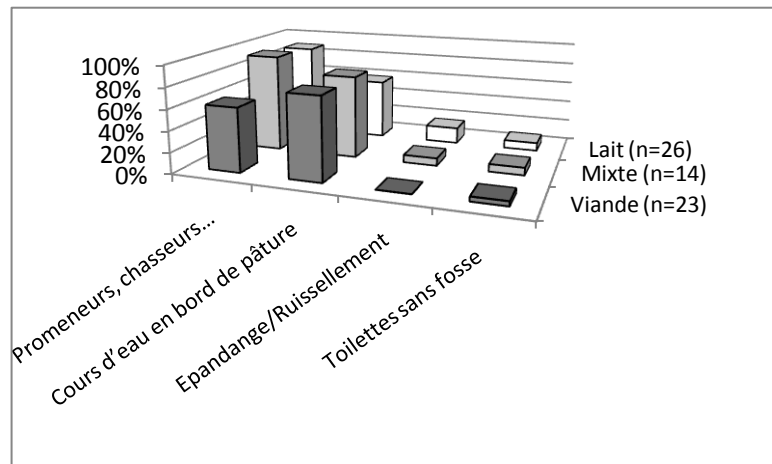


**Figure 26 : accessibilité de l'eau de boisson et de l'aliment des bovins aux hôtes définitifs de *S. cruzi* et *S. hirsuta* en fonction du type de production des élevages rapportant la présence de ces hôtes en liberté**

D'une manière générale, le risque de contamination des bovins par *S. hirsuta* ou *S. cruzi* semblait important dans les élevages ayant eu un bovin au moins saisi pour sarcosporidiose, et ce quelque soit le type de production. Néanmoins, ce risque ne semblait pas nécessairement lié aux mêmes pratiques d'élevage ; les fréquences d'exposition à telle ou telle pratique potentiellement à risque vis-à-vis de l'infection des bovins n'étaient en effet pas identiques dans les élevages allaitants, laitiers et mixtes.

#### 2.2.4.3. Risque d'infection des bovins par *S. hominis* selon le type de production

Les élevages laitiers semblaient globalement moins exposés aux facteurs pouvant être à l'origine d'une contamination de l'aliment et/ou de l'eau de boisson des bovins par *S. hominis*. La pratique de l'épandage de matières fécales humaines, ou le risque de contamination des parcelles accessibles aux bovins par de telles matières y étaient moins plus souvent rapportés (15%) que dans les autres élevages (cf. figure 27).



**Figure 27 : exposition des élevages aux sources de contamination des bovins par *S. hominis* en fonction du type de production**

Le risque d'infection des bovins par *S. hominis* dans les élevages ayant eu un bovin au moins saisi pour sarcosporidiose, quelque soit leurs types de production, semblait être principalement lié à un risque de contamination des pâtures par des sporocystes disséminés à partir de sources extérieures à l'élevage (personnes étrangères à l'élevage sur les pâtures, cours d'eau en bordure de pâtures). Néanmoins les fréquences d'exposition à telle ou telle source de contamination des pâtures, extérieure ou intérieure, n'étaient pas identiques dans les élevages allaitants, laitiers et mixtes.

## **2.3. Discussion**

### **2.3.1. Les biais possibles de l'analyse**

#### 2.3.1.1. Choix de la base de sondage et modalités d'échantillonnage

Le choix de la base de sondage semblait assez adapté. En effet Bovi-Loire rapporte que la totalité des élevages ligériens participent au système du F.A.R. pour au moins l'un de leurs bovins. Ainsi cette base de sondage correspondrait bien à l'ensemble des élevages ligériens.

En revanche, le choix des élevages, parmi ceux de la base de sondage, à qui a été envoyé le questionnaire n'a pas fait intervenir de tirage au sort.

Le questionnaire a été envoyé d'une part à l'ensemble des élevages indemnisés à partir du F.A.R. suite à la saisie d'un de leurs bovins pour sarcosporidiose ; aucun échantillonnage n'a été réalisé.

D'autre part, le questionnaire a été envoyé à 22 élevages cotisant au F.A.R. pour au moins un de leur bovin et n'ayant jamais eu d'indemnisation pour sarcosporidiose. Ces élevages n'ont pas été choisis au hasard mais en fonction de leur propension à répondre au questionnaire selon Bovi-Loire. L'échantillon qui en a résulté n'était donc probablement pas représentatif de l'ensemble des élevages cotisant au F.A.R. et n'ayant jamais été indemnisés pour sarcosporidiose.

#### 2.3.1.2. Les non-réponses

Seuls 25% des élevages contactés ont répondu au questionnaire. Etant donné que les caractéristiques générales des élevages ayant accepté de participer à l'étude et celles de ceux n'ayant pas répondu n'ont pas été comparées, il n'est pas possible de conclure quant à la représentativité de l'échantillon, qui n'incluait donc que des éleveurs volontaires. En effet, le refus des éleveurs à participer à l'enquête a peut être été motivé par un facteur particulier et non indépendant des variables étudiées, ce qui peut être à l'origine d'un biais de non-réponse.

### **2.3.2. Une méthodologie plus ou moins bien adaptée à la réalisation d'une enquête cas/témoin**

#### 2.3.2.1. Utilisation d'un questionnaire postal

Les questionnaires envoyés par courrier postal sont souvent utilisés dans la cadre d'études épidémiologiques, qu'ils s'agissent d'analyses explicatives ou simplement descriptives (Brøgger et al., 2002 ; Mork, 1970 ; Rönmark et al., 1999). En effet, ce type d'enquête permet de recouvrir une large zone géographique à des coûts humains et financiers raisonnables. Néanmoins leur utilisation nécessite de bien connaître les limites qui leurs sont associées, afin de prévenir au maximum les erreurs qui peuvent en découler. En particulier, comparé à un questionnaire réalisé en tête à tête avec un enquêteur, une plus grande attention doit être apportée à la clarté des questions ; en effet, seul face à une question ambiguë, l'enquêté est facilement amené soit à répondre de manière erronée, soit à ne pas répondre du tout (Mork, 1970 ; Siemiatycki et Campbell, 1984 ; O'Toole *et al.*, 1986 ).

En revanche, de nombreuses études rapportent un taux de réponse comparable entre une enquête postale et une enquête téléphonique ou en face à face. Dans le cadre d'enquête en santé humaine, ce taux de réponse est souvent élevé, compris entre 40 et 80% (Brøgger *et al.*, 2003 ; Mork, 1970 ; O'Toole *et al.*, 1986 ; Siemiatycki et Campbell, 1984 ). Les motifs de

non-réponse les plus couramment rapportés sont le manque d'intérêt et l'oubli du renvoi de la réponse (Bakke *et al.*, 1990 ; Kotaniemi *et al.*, 2001 ; Rönmark *et al.*, 1999). Pour minimiser ces non-réponses, il semble ainsi particulièrement important de bien expliquer, de manière claire et concise, aux enquêtés les tenants et aboutissants de l'étude et de préciser les organismes qui y participent (les logos de Bovi-Loire et de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes avaient ici été intégrés en en-tête du questionnaire, de même qu'un commentaire « motivant » à la fin de celui-ci, cf. annexe 1), afin que ces enquêtés se sentent concernés par l'étude et donc soient plus motivés à coopérer. Le nombre des réponses, mais aussi leur qualité sont ainsi maximisés. Par ailleurs, l'ajout au courrier d'une enveloppe préaffranchie et pré-adressée facilite aussi le retour des questionnaires (Mork, 1970).

D'une manière générale, la reproductibilité des questionnaires postaux semble être assez bonne si ceux-ci sont correctement réalisés (Mork, 1970). Dans le cadre de cette étude cinq élevages ont été contactés à deux reprises ; pour trois d'entre eux les réponses différaient pour certaines questions, qui pourtant ne semblaient pas ambiguës (nombre de bovins présents dans l'élevage, type d'abreuvement, accessibilité d'autres animaux à l'alimentation des bovins). Plusieurs hypothèses peuvent être émises quant à ces différences. Il est probable que le questionnaire ait été rempli par deux personnes distinctes de l'élevage, et que leurs interprétations des questions aient été différentes et/ou leurs estimations de l'exposition à un facteur de risque n'aient pas été la même. Ainsi, un éleveur très inquiet vis-à-vis de la sarcosporidiose a peut être eu tendance à penser qu'il est toujours possible que des animaux en liberté dans l'élevage accèdent à l'aliment des bovins et a ainsi maximisé ce risque, tandis qu'un autre a peut être eu tendance à le minimiser. Des facteurs psychologiques peuvent aussi intervenir (Mork, 1970) ; ainsi un éleveur pourrait se sentir juger sur ses pratiques et préfère dans le doute minimiser l'importance de pratiques à risque voire les nier si elles sont d'une manière générale jugées « anormales » dans un élevage « bien tenu ». De nombreuses autres hypothèses pourraient être proposées pour expliquer la divergence des réponses au sein d'un même élevage. Ces divergences permettent de bien souligner l'importance de questions claires et adaptées aux enquêtés lors de l'utilisation de questionnaires postaux. Dans cette étude, il aurait sûrement mieux valu proposer aux éleveurs d'estimer les risques sur une échelle variant de 1 à 4 (forçant l'enquêté à prendre position, ce qui peut être à l'origine d'une sur ou sous-estimation à l'image de ce qui est observé avec une question fermée oui/non) ou de 1 à 3 (avec le risque d'avoir un grand nombre de personnes restant assez neutres).

Concernant la comparabilité des résultats, de nombreuses études montrent que la qualité des réponses varie notamment en fonction du bagage scolaire et du type de travail des enquêtés (Brøgger *et al.*, 2003 ; Mork, 1970 ; Rönmark *et al.*, 1999). Dans cette étude, la population ciblée était constituée d'une seule classe sociale, les éleveurs. Les réponses obtenues étaient ainsi *a priori* peu ou pas influencées par la « classe socio-économico-culturelle » même si bien entendu tous les éleveurs ne sont pas tous issus du même milieu, n'ont pas tous les mêmes revenus et n'ont pas tous le même niveau d'étude.

Du fait des remarques faites précédemment, on peut en revanche se demander si le questionnaire postal était bien adapté à cette cible ; en particulier, une enquête avec des entretiens en face à face aurait peut être permis d'avoir des réponses plus fiables. Cependant il est impossible ici d'estimer si cela aurait véritablement eu une incidence sur les résultats. Dans de nombreuses études, les questionnaires postaux, téléphoniques et remplis avec un enquêteur apportent globalement les mêmes résultats même si des différences non statistiquement significatives sont parfois observées (Bakke *et al.*, 1990 ; Brøgger *et al.*, 2003 ; Siemiatycki et Campbell, 1984 ; O'Toole *et al.*, 1984). Par ailleurs les coûts associés ainsi que le temps nécessaire sont bien plus importants avec une enquête en face à face qu'avec une enquête postale. Les intérêts de l'une ou l'autre des techniques sont donc à

envisager en rapport avec les objectifs de l'étude, et les moyens financiers et humains qui lui sont accordés.

#### 2.3.2.2. Nombre de questionnaires envoyés

Si le choix de l'utilisation d'un questionnaire postal n'est pas remis en cause de manière catégorique, il est certain que le nombre de questionnaires envoyés était largement insuffisant, d'autant plus lorsqu'il est mis en parallèle avec les modalités d'échantillonnage.

En effet l'envoi de 418 questionnaires, dont seulement 22 à des élevages n'ayant pas eu d'indemnisation pour sarcosporidiose, couplé à un faible taux de réponse (25% en général, et seulement 5% pour ces 22 élevages), n'a pas permis d'obtenir une population d'élevages témoins, ne rapportant aucun bovin saisi pour sarcosporidiose. Or l'objectif initial de cette étude était de réaliser une analyse d'épidémiologie explicative visant à déterminer des pratiques d'élevage à risque vis-à-vis des saisies pour sarcosporidiose. Cette étude s'est donc limitée à une analyse descriptive, ce qui ne correspond pas aux objectifs initialement définis.

Les faibles taux de réponse observés dans cette étude nous amènent à nous interroger sur les raisons associées.

Il est probable que les éleveurs n'ayant jamais eu de bovin saisi pour sarcosporidiose ne se soient pas sentis très concernés par cette maladie dont ils n'ont par ailleurs probablement jamais entendu parler. En plus d'un commentaire « motivant » concluant le questionnaire<sup>1</sup>, une fiche expliquant de manière très générale la sarcosporidiose bovine était pourtant systématiquement jointe aux questionnaires. Néanmoins, elle n'insistait pas du tout sur les conséquences économiques d'une saisie pour ce motif. Signaler aux éleveurs qu'une saisie totale peut survenir sur un animal en parfait état de santé et d'excellente conformation, et ce dans tous les élevages, puisque la quasi-totalité des bovins en France sont infectés par *Sarcocystis*, permettrait sûrement de plus les sensibiliser à la problématique ; et leur expliquer que le but du questionnaire est de mieux définir les modalités de développement de lésions de sarcosporidiose, encore très mal connues, afin de les prévenir au mieux permettrait sûrement de les motiver à répondre au mieux au questionnaire, même si eux même n'ont jamais eu de bovin saisi pour sarcosporidiose.

Le taux de réponse observé pour les élevages ayant eu un bovin au moins saisi pour sarcosporidiose, bien que nettement supérieur à celui observé dans l'échantillon des « témoins », est lui aussi globalement assez faible en comparaison de ceux observés dans de nombreuses études publiées (cf. 2.3.2.1.). Il est important de garder à l'esprit que ces élevages ont été indemnisés à hauteur de 80% des pertes suite à la saisie du ou des bovin(s) pour sarcosporidiose. Dans ce contexte, il est probable que même les éleveurs concernés par ces saisies ne portent pas grand intérêt à la sarcosporidiose bovine. D'ailleurs il est intéressant de noter qu'un des éleveurs contactés par Bovi-Loire en tant qu'élevage ayant eu un bovin indemnisé pour sarcosporidiose en 2007, a déclaré n'avoir jamais eu de telle saisie.

---

<sup>1</sup> « Ce questionnaire [...] est conduit à titre confidentiel dans le cadre d'une étude avec le concours de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes. La réponse à ces questions constitue un apport de connaissance fondamentale pour expliquer les raisons des saisies des carcasses en abattoirs pour le motif de la sarcosporidiose » (cf. annexe 1).

### 2.3.3. Conclusions apportées et perspectives soulevées par cette étude

#### 2.3.3.1. Résultats et limites de l'étude

L'exposition des élevages détenteurs de la naissance à l'abattage d'au moins un bovin saisi pour sarcosporidiose à diverses pratiques potentiellement à risque vis-à-vis de ces saisies a été déterminée. Ainsi ces élevages semblaient assez fortement exposés à des pratiques favorisant le maintien des cycles évolutifs de *S. cruzi* et *S. hirsuta*, et dans une moindre mesure celui de *S. hominis*. En revanche, étant donné qu'aucune analyse explicative n'a pu être réalisée, il est impossible de conclure sur une éventuelle relation de cause à effet entre ces pratiques et l'existence ou non de saisie d'un bovin au moins pour sarcosporidiose.

Par ailleurs cette étude a permis de comparer de manière qualitative l'exposition à ces pratiques des élevages ayant eu une seule saisie pour sarcosporidiose et des élevages ayant eu au moins deux bovins saisis pour sarcosporidiose. Néanmoins, l'effectif de l'échantillon d'élevages ayant eu de multiples saisies était assez faible (n=9), et la précision des résultats concernant ces élevages est donc insuffisante.

Enfin l'exposition réelle des bovins à tel ou tel facteur est difficile à objectiver. En effet, l'utilisation d'une enquête rétrospective pose le problème de savoir si les informations recueillies à un temps t sont représentatives des pratiques d'élevage auxquelles a été soumis le bovin saisi. Par exemple, l'alimentation des bovins a pu être modifiée ; de nouveaux bâtiments d'élevage ont pu être construits et par là les risques d'infection par *S. cruzi* et *S. hirsuta* animale ont pu fortement changer... Ces limites sont d'autant plus importantes à envisager que les saisies pour sarcosporidiose ont lieu sur des animaux assez âgés. De plus, les élevages peuvent aussi être exposés aux facteurs étudiés par le biais du voisinage. Or cette exposition via des sources extérieures à l'élevage n'a pas été suffisamment prise en compte, en particulier en ce qui concerne le risque d'infection des bovins par *S. cruzi* et *S. hirsuta* ; ainsi si un éleveur déclarait ne pas posséder de chat, il était de fait « non exposé au facteur chat », alors qu'il est tout à fait possible qu'un chat du voisinage soit venu de temps à autre faire un tour dans son élevage. L'exposition réelle aux différents facteurs peut ainsi être faussée, dans le sens d'une sous-estimation.

Le but initial de cette étude était de déterminer si certaines pratiques d'élevage apparaissent à risque, ou non, vis-à-vis des saisies pour sarcosporidiose, par le biais d'une enquête cas/témoin. Une telle analyse explicative n'a pas pu être réalisée dans cette étude, étant donné l'absence de population témoin, et pourrait être ainsi être envisagée lors d'une prochaine étude.

#### 2.3.3.2. Perspectives de l'étude : réalisation d'une enquête cas/témoin

➤ *Matériels et méthodes à envisager*

✓ Nombre de réponses au questionnaire nécessaires

Les prévalences d'exposition des élevages ayant eu au moins un bovin saisi pour sarcosporidiose à diverses pratiques potentiellement à risque vis-à-vis de ces saisies déterminées par cette étude permettent d'avoir une idée sur le nombre de questionnaires à envoyer pour réaliser une enquête cas/témoin. En effet, ce nombre est fonction des pourcentages d'exposition des cas et des témoins aux facteurs potentiellement à risque que l'on souhaite étudier. Prenons par exemple le facteur « accès possible d'hôtes définitifs de *S. cruzi* ou *S. hirsuta* à l'alimentation des bovins » ; quarante-cinq pour cent des élevages « cas » (ayant eu au moins un bovin saisi pour sarcosporidiose) étaient exposés à ce facteur. Si l'on estime le risque relatif associé à ce facteur à deux par exemple, cela signifie qu'entre



20 et 25% des élevages « témoins » (n'ayant jamais eu de bovin saisi pour sarcosporidiose) sont exposés à ce facteur. D'après les tables fournies par Rumeau-Rouquette *et al.* (1993), le nombre d'élevages nécessaires pour chacune des populations (cas/témoin) devrait être compris entre 74 et 121, si l'on choisi d'avoir des effectifs identiques pour les deux populations. Ce nombre augmente si l'exposition au facteur et/ou le risque relatif associé diminue(nt).

✓ Méthode d'échantillonnage

Gardons l'exemple « accès possible d'hôtes définitifs de *S. cruzi* ou *S. hirsuta* à l'alimentation des bovins », avec un risque relatif associé estimé à deux. Comme nous venons de le voir une enquête cas/témoin nécessiterait deux échantillons, représentatifs des populations cibles de cas et de témoins, d'effectifs compris entre 74 et 121 élevages.

La représentativité des échantillons repose sur un tirage au sort. Etant donné que le statut des élevages vis-à-vis des saisies pour sarcosporidiose est renseigné dans la base de sondage (élevages adhérents au F.A.R. pour au moins l'un de leur bovin, base représentative de la population cible.), un tel tirage au sort peut être réalisé d'une part parmi les élevages ayant eu au moins un bovin indemnisé pour sarcosporidiose, et d'autre part parmi les élevages n'en ayant jamais eu.

Etant donné le fort taux de non-réponses, il peut être envisagé de sélectionner dès le départ un nombre plus important d'élevages afin d'obtenir au final un nombre suffisant de questionnaires renvoyés dans chaque échantillon. Ainsi, si l'on se base sur un taux de réponse de 25%, il faudrait tirer au sort entre 296 et 484 élevages parmi les cas et autant parmi les témoins. Dans un souci de minimisation des coûts de l'analyse, il peut aussi être envisagé d'envoyer dans un premier temps seulement le nombre nécessaire de questionnaires. Face aux non-réponses, deux stratégies peuvent alors être adoptées :

- Soit le questionnaire est envoyé à des élevages choisis au hasard dans une liste complémentaire d'élevages eux aussi tirés au sort dans la base de sondage, au prorata des non-réponses. Néanmoins, ceci pose le problème du risque de non-représentativité lié au fait que le refus des éleveurs à participer à l'enquête est peut être motivé par un facteur particulier.
- Soit les élevages ne répondant pas sont relancés, par téléphone par exemple.

Néanmoins, nous avons pu voir au travers de cette étude que l'exposition aux facteurs potentiellement à risque vis-à-vis des saisies pour sarcosporidiose était parfois variable en fonction du type de production de l'élevage. Dans ce contexte il serait intéressant d'envisager la réalisation d'un échantillonnage stratifié en fonction de ce type de production, et éventuellement d'envisager d'autres strates importantes à considérer. La technique de sondage suivrait alors la même méthodologie que celle exposée précédemment mais serait appliquée à chacune des strates ; le nombre d'élevages nécessaires serait alors différent, en fonction des taux d'exposition des cas et témoins dans chaque strate.

➤ *Intérêts et limites attendus d'une telle enquête*

Une enquête cas/témoin se heurterait à de nombreuses difficultés dont les plus importantes sont envisagées ici :

▪ **Une exposition réelle aux différents facteurs difficile à objectiver**

Pour les mêmes raisons que celles explicitées précédemment, l'exposition réelle des élevages à tel ou tel facteur semble difficile à objectiver. Il faudrait dans le cadre d'une nouvelle enquête prendre en compte l'exposition par le biais du voisinage.

- **Une classification cas/témoin difficile à réaliser : risque de faux positifs et faux négatifs**

La classification d'un élevage en « cas » ou en « témoin » repose sur la déclaration, ou non, d'au moins un bovin saisi pour sarcosporidiose. La recherche de la « maladie » est donc très tardive ; au-delà des problèmes associés à l'objectivation de l'exposition passée des bovins à tel ou tel facteur qui en découle, ce diagnostic tardif peut être, entre autres causes, à l'origine de faux positifs et de faux négatifs :

- ✓ Faux négatifs et faux positifs associés aux mouvements des bovins d'un élevage à l'autre avant leur abattage

Prenons l'exemple d'un bovin, né et élevé pendant un temps  $t$  dans l'élevage A, puis vendu à un élevage B. Si le bovin est saisi pour sarcosporidiose à un temps  $t+t'$ , et que  $t'$  est très court, il est probable que l'infection du bovin par *Sarcocystis* et le développement des lésions associées n'aient pas eu le temps d'avoir lieu dans l'élevage B mais soit le fait des pratiques de l'élevage A. Cet élevage A sera alors faussement négatif (faux témoin), s'il n'a pas eu d'autre bovin saisi pour sarcosporidiose. Si l'on ne prend pas en compte l'élevage de naissance du bovin dans la classification (pris en compte dans cette étude), l'élevage B pourrait de la même manière être faussement positif et classé à tort parmi les élevages « cas ».

- ✓ Faux négatifs associés à un abattage tardif

On peut envisager que certains bovins développent des lésions de sarcosporidiose, mais sont abattus suffisamment âgés pour que ces lésions aient le temps de disparaître.

- ✓ Faux positifs et faux négatifs associés aux erreurs de motifs de saisie en abattoir :

Lorsqu'un bovin est saisi pour sarcosporidiose, le motif de saisi évoqué est assez souvent « lésions de myosite éosinophilique évoquant la sarcosporidiose ». Ce motif de saisie n'a aucune base juridique, et laisse envisager qu'un grand nombre de bovins saisis pour sarcosporidiose le sont en fait pour « couleur anormale : myosite éosinophilique ». Or même s'il est généralement admis que les lésions de myosite éosinophilique sont associées à *Sarcocystis* (Ely et Fox, 1989 ; Granstrom *et al.*, 1989 ; Granstrom *et al.*, 1990a ; Granstrom *et al.*, 1990b ; Jensen *et al.*, 1986 ; Mary, 2005), l'équivalence « myosite éosinophilique et sarcosporidiose » n'est toujours pas prouvée. Inversement, il est possible que certaines carcasses saisies car présentant des lésions de sarcosporidiose, le soient sous un motif différent (manque de sensibilité), mais cette éventualité semble moins probable.

La spécificité et la sensibilité du « diagnostic » restent donc à déterminer.

De plus, dans le cadre de la sarcosporidiose, de nombreuses inconnues subsistent quant aux mécanismes pathogéniques des lésions associées. Les hypothèses explicatives restent très floues, et s'orientent plus sur des facteurs propres aux bovins favorisant une réaction d'hypersensibilité. Or le questionnaire utilisé dans cette étude permet plus d'obtenir des informations sur le risque d'infection des bovins par *Sarcocystis* que sur le risque de développement de lésions de sarcosporidiose. Son utilisation pour une enquête cas/témoin à visée explicative pourrait ainsi permettre de mettre en évidence des facteurs de risque

d'infection des bovins par ces *Sarcocystis* ; dans ce cadre, les cas devraient être définis en relation avec une infection et non plus en relation avec une saisie. Mais étant donné que la quasi-totalité des bovins sont infectés en France, une telle étude semble difficile à mettre en œuvre (absence de population témoin).

En revanche, une enquête cas/témoin où les cas seraient définis en relation avec les saisies pour sarcosporidiose pourrait être envisagée dans une optique pragmatique, visant davantage à prévoir la maladie qu'à l'expliquer. Une telle recherche pragmatique conduirait à déterminer des indicateurs de risque permettant d'isoler des groupes « à haut risque » auxquels seraient appliquées des mesures visant à prévenir la maladie et/ou ses effets, ce qui semble adapté aux motivations de Bovi-Loire.

Néanmoins, une étude pragmatique n'a de sens que si ses résultats permettent de mettre en place une stratégie de prévention adaptée sur les populations « à risque ». Or dans le cadre de la sarcosporidiose, il est nécessaire de s'interroger sur la possibilité de telles mesures de prévention. En effet, si la quasi-totalité des bovins est infectée par des *Sarcocystis*, seule une très faible proportion d'entre eux développe des lésions de sarcosporidiose. Même si l'on arrivait à mettre en évidence un élevage « à haut risque » vis-à-vis des saisies pour sarcosporidiose, car combinant un ensemble d'indicateurs de risque, il n'en restera pas moins qu'un ou deux bovins de cet élevage au maximum risque(nt) d'être saisi(s) pour ce motif. Dans ce contexte, il ne semble pas possible de justifier la mise en place de mesures de prévention sur l'ensemble des bovins de cet élevage « à haut risque », d'autant plus qu'aucune prophylaxie médicale et/ou traitement n'existe pour la sarcosporidiose bovine. Quant à la prophylaxie sanitaire, elle fait intervenir dans la majorité des cas des mesures de biosécurité qui relèvent des bonnes pratiques sanitaires d'élevage<sup>2</sup>. Il serait donc plus logique et plus économique de motiver les éleveurs à les appliquer directement, sans qu'il ne soit nécessaire de démontrer leur intérêt dans le cadre d'une prévention de la sarcosporidiose ; d'autant plus que le non-respect de ces mesures s'est révélé être à risque vis-à-vis d'autres maladies autrement plus néfastes, comme par exemple la néosporose. La Visite Sanitaire Obligatoire, mise en place depuis 2005 suite à l'entrée en application du Paquet Hygiène, va dans ce sens.

---

<sup>2</sup> Délimitation de l'élevage avec mise en place de mesures de protection limitant la circulation d'autres personnes dans l'exploitation, pâturages inclus ; animaux domestiques de l'élevage autres que les bovins tenus à l'écart des bâtiments et matériels d'élevage ; limitation de la circulation des chiens et chats dans le voisinage, mesures de protection vis-à-vis de la faune sauvage et des animaux errants ; mesures de protection de l'aliment, ainsi que du matériel utilisé pour sa distribution, et des sources d'abreuvement des bovins ; etc..



### 3. Détermination de facteurs de prédisposition au développement de lésions de sarcosporidiose

Comme nous l'avons déjà vu, il existe une très forte disparité entre la prévalence de l'infection des bovins par *Sarcocystis* d'une part, et la prévalence des saisies de bovins pour sarcosporidiose à l'abattoir d'autre part. En considérant les hypothèses relatives à la pathogénie des lésions de sarcosporidiose, cette observation suggère l'existence de facteurs de prédisposition au développement de telles lésions. Cette étude vise à mettre en évidence de tels facteurs.

#### 3.1. Matériels et méthodes

##### 3.1.1. Matériels : définition des populations d'étude

###### 3.1.1.1. Population S : bovins saisis pour sarcosporidiose

La population d'étude principale correspondait à l'ensemble des bovins :

- ✓ saisis pour sarcosporidiose,
- ✓ entre janvier 2003 et décembre 2008,
- ✓ dans l'un des abattoirs des Pays de la Loire,
- ✓ et dont la saisie a donné lieu à une indemnisation par Bovi-Loire à partir du F.A.R..

Cette population, constituée uniquement de gros bovins, a été appelée *population S* (S pour sarcosporidiose). Son effectif était de 654 bovins.

###### 3.1.1.2. Populations de référence

###### ▪ *Population PL*

Une première population de référence, la *population PL*, a été définie ; elle correspondait à l'ensemble des gros bovins abattus en région Pays de la Loire entre janvier 2007 et décembre 2008, auquel ont été soustraits les bovins de la *population S* saisis pour sarcosporidiose pendant cette même période. L'effectif de cette *population PL* était de 1 166 674 gros bovins.

###### ▪ *Population R*

En parallèle a été définie la *population R*, constituée par l'ensemble des gros bovins abattus en région Pays de la Loire entre janvier 2007 et décembre 2008 et appartenant à l'une des cinq races suivantes : Blonde d'Aquitaine, Charolaise, Limousine, Normande et Prim'Holstein, auquel ont été soustraits les bovins de la *population S* appartenant à l'une de ces races et saisis pour sarcosporidiose pendant cette même période. L'effectif de *R* était de 616 023 gros bovins.

##### 3.1.2. Méthodes

###### 3.1.2.1. Collecte des données

###### ▪ *Populations S*

Lorsqu'une carcasse est saisie en abattoir par les services vétérinaires pour l'un des six motifs sujets à indemnisation à partir du F.A.R., le fournisseur ou l'abatteur, informé de la

saisie par les opérateurs conventionnés, envoie un avertissement par Fax à Bovi-Loire dans les 24 à 48h. Cet avertissement précise la nature de la saisie. Le vétérinaire en charge des dossiers du F.A.R. peut alors éventuellement demander des informations supplémentaires au sujet de la saisie auprès des services vétérinaires, voire réaliser un déplacement en abattoir pour constater les lésions observées par ces services, avant de valider l'avertissement. Par la suite, les pièces nécessaires à l'instruction du dossier doivent être transmises sous 8 jours à Bovi-Loire ; il s'agit du bordereau d'achat ou d'enlèvement, de l'original du certificat de saisie, de la copie du passeport de l'animal, de la copie acceptée du bordereau de règlement et de la fiche individuelle de règlement. A réception des ces pièces, Bovi-Loire émet un avis favorable, défavorable ou de mise en instance motivée sous 10 jours. Diverses données concernant la saisie sont ensuite saisies informatiquement par la secrétaire-comptable en charge du F.A.R. à Bovi-Loire dans un fichier Excel<sup>®</sup>, afin de faire correspondre :

➤ *Des données d'ordre administratif :*

Sont ainsi enregistrés :

- ✓ le numéro de dossier ;
- ✓ la date de réception de la demande d'indemnisation, la date d'abattage, la date du versement de l'indemnisation ;
- ✓ le code F.A.R. ;
- ✓ le nom de l'adhérent, de l'abattoir, de l'abatteur, et du fournisseur.

Ces informations sont utiles à Bovi-Loire pour classer et gérer les dossiers.

➤ *Des données relatives au bovin saisi*

Sont ainsi enregistrés :

- ✓ le numéro d'élevage (du dernier détenteur), et le numéro d'I.P.G. du bovin (Identification Pérenne Généralisée) ;
- ✓ le numéro de tuerie du bovin ;
- ✓ la race du bovin ;
- ✓ la catégorie du bovin : A (Jeune Bovin), B (Taureau), C (Bœuf), D (Vache), E (Génisse) ;
- ✓ le poids fiscal de la carcasse, le prix du kilo de carcasse, la valeur initiale de la carcasse ;
- ✓ la conformation de la carcasse : E (Excellente), U (Très bonne), R (Bonne), O (Assez bonne), P (Médiocre) ;
- ✓ l'état d'engraissement de la carcasse, noté de 1 à 5.

➤ *Des données relatives à la saisie*

Sont ainsi enregistrés :

- ✓ le motif de saisie : sarcosporidiose, tiquetage musculaire, fibrolipomatose, mélanose, ictère ou cysticercose. Lorsqu'un bovin a été saisi pour plusieurs de ces motifs, le motif principal de saisie est précisé ;
- ✓ le type de saisie : saisie partielle ou saisie totale ;
- ✓ le nombre de quartiers saisis, le poids total saisi, le poids saisi pour chacun des quatre quartiers (arrières droit et gauche, avants droit et gauche), le poids saisi non couvert par Bovi-Loire ;
- ✓ le montant de l'indemnité versée par Bovi-Loire à l'éleveur.

Un fichier Excel<sup>®</sup>, nommé « FAR 2003-2008 », a ainsi été créé et fourni par Bovi-Loire ; il comportait l'ensemble des données relatives aux saisies de bovins indemnisés par Bovi-Loire à partir du F.A.R. entre janvier 2003 et décembre 2008 inclus.

C'est ce fichier qui contenait les informations sur la *population S*.

#### ▪ **Populations PL et R**

Bovi-Loire a de plus fourni les informations relatives aux abattages ayant eu lieu en région Pays de la Loire en 2007 et en 2008. Ces informations ont été recueillies sur le site internet de Normabev qui est une structure technique interprofessionnelle nationale du bétail et des viandes. Suite à l'accord interprofessionnel d'Interbev du 16 avril 2003, cette structure a pour mission d'assurer l'indépendance du classement, du marquage ainsi que de la vérification de la présentation des carcasses et de la pesée fiscale des gros bovins dans tous les abattoirs de France. Dans le cadre de l'accord interprofessionnel relatif à l'achat et à l'enlèvement des gros bovins, elle doit par ailleurs, depuis le mois de février 2006, organiser la circulation des informations d'abattage.

Les données suivantes ont ainsi été transmises par Bovi-Loire, pour les années 2007 et 2008 :

- le nombre de bovins abattus dans chacune des catégories (A, B, C, D et E), toutes races confondues (informations relatives à la *population PL*);
- des données relatives aux abattages de bovins de race Blonde d'Aquitaine, Charolaise, Limousine, Normande et Prim'Holstein (informations relatives à la *population R*), à savoir :
  - ✓ le nombre de bovins abattus pour chaque catégorie ;
  - ✓ le poids moyen des carcasses pour chaque catégorie ;
  - ✓ l'âge moyen des bovins abattus pour chaque catégorie.

#### 3.1.2.2. Définition des variables d'étude

##### ➤ *1 variable expliquée*

La variable expliquée était à la variable qualitative « saisie pour sarcosporidiose » à deux modalités : « oui » et « non ».

Cette variable a été construite à partir de la variable brute présentant le motif principal de saisie dans le fichier Excel<sup>®</sup> « FAR 2003-2008 » : sarcosporidiose, tiquetage musculaire, fibrolipomatose, mélanose, ictère ou cysticerose.

##### ➤ *10 variables explicatives*

Parmi les données transmises par Bovi-Loire (fichier Excel<sup>®</sup> « FAR 2003-2008 »), huit variables brutes ont été utilisées – en plus de la variable « motif principal de saisie » – comme variables d'étude :

- ✓ l'abattoir où a eu lieu la saisie ;
- ✓ la catégorie du bovin saisi : A, B, C, D ou E ;
- ✓ la race du bovin saisi ;
- ✓ le classement de la carcasse saisie : E, U, R, O ou P ;
- ✓ l'état d'engraissement de la carcasse saisie : 1, 2, 3, 4 ou 5 ;

- ✓ le poids fiscal de la carcasse saisie ;
- ✓ le type de saisie : partielle ou totale ;
- ✓ le caractère récidivant : oui ou non, selon si l'élevage dernier détenteur a déjà eu un bovin saisi pour sarcosporidiose avec indemnisation par Bovi-Loire à partir du F.A.R..

Deux variables d'étude supplémentaires ont de plus été créées à partir de la variable « catégorie du bovin » :

- ✓ le sexe du bovin saisi : mâle (A, B ou C) ou femelle (D ou E) ;
- ✓ la classe d'âge du bovin saisi, d'après les données relatives à l'âge moyen des bovins abattus dans chaque catégorie (A, B, C, D et E), données disponibles uniquement pour la *population R*. Ainsi, pour chacune des catégories, la moyenne des âges moyens observés pour chacune des cinq races a été calculée, en intégrant les données de 2007 et de 2008. A partir des résultats obtenus, trois classes d'âge ont alors été définies, d'âges moyens à l'abattage respectifs de 17, 33 et 71 mois :
  - les jeunes, correspondant aux jeunes bovins, d'âge moyen à l'abattage de 17 mois ;
  - les jeunes adultes, incluant les bœufs et les génisses, d'âges moyens à l'abattage respectifs de 32 et 33 mois ;
  - les adultes âgés, incluant les taureaux et les vaches, d'âges moyens à l'abattage respectifs de 54 et 72 mois.

Cette étude a donc porté sur dix variables explicatives. Une seule correspondait à une variable quantitative, le poids fiscal de la carcasse ; les neuf autres étaient des variables qualitatives.

### 3.1.2.3. Traitement des données

#### ➤ *Description épidémiologique de la population S*

La *population S* a été décrite vis-à-vis des dix variables explicatives définies précédemment. Ainsi sont présentées successivement la répartition géographique des saisies et les caractéristiques des bovins et des carcasses saisis pour sarcosporidiose ; enfin le caractère récidivant observé dans certains élevages a été étudié.

#### ➤ *Détermination de facteurs de risque vis-à-vis des saisies pour sarcosporidiose par comparaison de la population S aux populations PL et R : étude cas/témoin*

Cette étude visait à déterminer de potentiels facteurs de risque vis-à-vis de la sarcosporidiose par le biais d'une analyse cas/témoin. La *population S* correspondait ainsi aux cas et les *populations PL* et *R* aux témoins. Pour chaque variable étudiée, un tableau pouvait être créé sur le modèle du tableau VIII.

**Tableau VIII : présentation des effectifs dans une enquête cas/témoin**

Exposition	Cas	Témoin	Total
Modalité 0	$a_0$	$b_0$	$a_0 + b_0$
Modalité 1	$a_1$	$b_1$	$a_0 + b_0$
Modalité i	$a_i$	$b_i$	$a_0 + b_0$
Modalité n	$a_n$	$b_n$	$a_0 + b_0$
Total	$a$	$b$	$n$



▪ **Présentation de la régression logistique**

Les données relatives aux *populations S* d'une part, et *PL* et *R* d'autre part, ont permis d'étudier la probabilité de saisie pour sarcosporidiose ( $p(S=1)$ ) en fonction des variables catégorie, sexe, classe d'âge et race par le biais de régressions logistiques binaires réalisées avec le logiciel SAS version 8.2<sup>®</sup> (procédure Logistic<sup>®</sup>) ; la variable cible était donc « saisie pour sarcosporidiose » à deux modalités (0 si le bovin n'a pas été saisi pour sarcosporidiose : *population PL* ou *R* ; 1 si le bovin a été saisi pour sarcosporidiose : *population S*). Les variables explicatives étaient la variable binaire sexe (mâle : 0 et femelle : 1), et les variables qualitatives catégorie, race et classe d'âge dont les modalités ont été étudiées de manière binaire (par exemple la variable classe d'âge à trois modalités a donné trois variables à deux modalités). Plusieurs modèles ont été réalisés :

- ✓ D'une part les effets de chacune des variables explicatives ont été analysés successivement, indépendamment les uns des autres : cette analyse a reposé sur la réalisation de quatre modèles successifs de régression logistique binaire, simple pour la variable sexe (deux modalités), et multiple pour les variables catégorie, classe d'âge et race (qui présentaient toutes trois plus de deux modalités).
- ✓ D'autre part ces effets ont été analysés de manière conjointe à l'aide de deux modèles :
  - un modèle analysant  $p(S=1)$  en fonction de la race et de la catégorie ;
  - un modèle analysant  $p(S=1)$  en fonction de la race, de la classe d'âge et du sexe.

Les effectifs de la *population S* n'étaient en revanche pas suffisants pour réaliser une régression logistique généralisée (pas de convergence des modèles proposés).

Pour chacun des modèles, la régression logistique consistait à déterminer pour chaque modalité  $x$  (valant 0 ou 1) d'une variable  $X$  la probabilité  $p(S=1)$ , soit  $\pi(x) = p(S=1/X=x)$  ; plus exactement, il s'agissait de modéliser le logit de  $\pi(x)$  comme combinaison linéaire des variables explicatives (où logit est une fonction de lien définie par  $f(p) = \log [1/(1-p)]$ ) :

$\log \frac{\pi(x)}{1-\pi(x)} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_P x_P$	soit	$\pi(x) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_P x_P}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_P x_P}}$
--	------	--

▪ **Calcul des odds ratio**

Pour chaque modalité étudiée, les odds ratio, assortis de leurs intervalles de confiance à 95% (calculés par la méthode de Wald) ont été calculés dans chacun des modèles.

L'odd ratio associé à une modalité correspond au rapport entre les fréquences de la modalité (fréquence d'exposition) chez les cas et chez les témoins (cf. tableau IX) :

$OR = \frac{a}{a+c} / \frac{b}{b+d} = ad/bc$
--

**Tableau IX : distribution de l'exposition à une modalité chez les cas et chez les témoins**

	Cas	Témoin	Total
<b>Exposé</b>	a	b	a+b
<b>Non exposé</b>	c	d	c+d
<b>Total</b>	a+c	b+d	n

Dans le cadre de cette étude, les variables étudiées, exception faite du sexe, avaient au moins trois modalités. Dans ce contexte les odds ratio ont été calculés par rapport à une modalité de référence. Dans cette étude, les modalités de référence choisies étaient celles pour lesquelles la prévalence des saisies pour sarcosporidiose était la plus faible ; chaque odd ratio a alors été testé par rapport à 1 (référence) et défini comme suit (cf. tableau VIII) :

$$OR_i = \frac{a_i b_0}{b_i a_0}$$

Par ailleurs, les effectifs de la *population S* étaient très faibles par rapport à ceux des *populations PL* et *R*, pour l'ensemble des modalités étudiées. Ainsi, la valeur du risque relatif (RR) associé à une modalité, défini comme le rapport de la fréquence des saisies chez les exposés à la fréquence des saisies chez les non exposés était proche de la valeur de l'odd ratio correspondant. En effet, en utilisant les notations du tableau IX, *a* était négligeable devant *b* et *c* devant *d*, d'où :

$$RR = \frac{\frac{a}{a+b}}{\frac{c}{c+d}} \approx \frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{d}} \text{ soit } RR \approx OR$$

Les odds ratio calculés ont donc permis d'apprécier correctement le risque de saisie pour sarcosporidiose en fonction des différentes modalités étudiées.

#### ▪ Présentation des résultats

Les résultats des différents modèles de régression logistique sont présentés sous forme de tableaux construits sur le modèle du tableau X :

**Tableau X : présentation des résultats des régressions logistiques**

Variable	Effectif dans la population témoin	Effectif dans la population cas (dont en 2007-2008)	Prévalence des saisies pour sarcosporidiose (moyenne sur 2007-2008 en ‰)	Odd ratio OR [intervalle de confiance]
Référence	$a_0$	$b_0 (b'_0)$	$p_0 = [b'_0 / (a_0 + b'_0)] \times 10^3$	1,000
Modalité 1	$a_1$	$b_1 (b'_1)$	$p_1 = [b'_1 / (a_1 + b'_1)] \times 10^3$	$OR_1 [ \ ]$
Modalité i	$a_i$	$b_i (b'_i)$	$p_i = [b'_i / (a_i + b'_i)] \times 10^3$	$OR_i [ \ ]$
Modalité n	$a_n$	$b_n (b'_n)$	$p_n = [b'_n / (a_n + b'_n)] \times 10^3$	$OR_n [ \ ]$

La population témoin est la *population PL*, ou la *population R* (quand la variable race est intégrée au modèle de régression logistique), et la population cas, la *population S*.

## 3.2. Résultats

### 3.2.1. Description générale de la population S

Entre janvier 2003 et décembre 2008, Bovi-Loire a instruit 654 dossiers en vue d'une indemnisation par le F.A.R. suite à des saisies de bovins pour sarcosporidiose dans les abattoirs de la région Pays de la Loire. Sur les 1 167 029 bovins abattus dans l'un de ces abattoirs entre janvier 2007 et décembre 2008, 355 ont été saisis pour sarcosporidiose ; la prévalence de ces saisies était ainsi de 0,304‰ en moyenne sur ces deux ans (soit environ un bovin tous les 3290 abattus).

#### 3.2.1.1. Répartition géographique des saisies

L'ensemble de ces saisies a eu lieu dans 12 des 13 abattoirs des Pays de la Loire. Seul l'abattoir de Pré en Pail n'a pas signalé de saisie pour sarcosporidiose. En revanche, le nombre de cas rapporté a été très hétérogène selon les abattoirs (cf. figure 28).

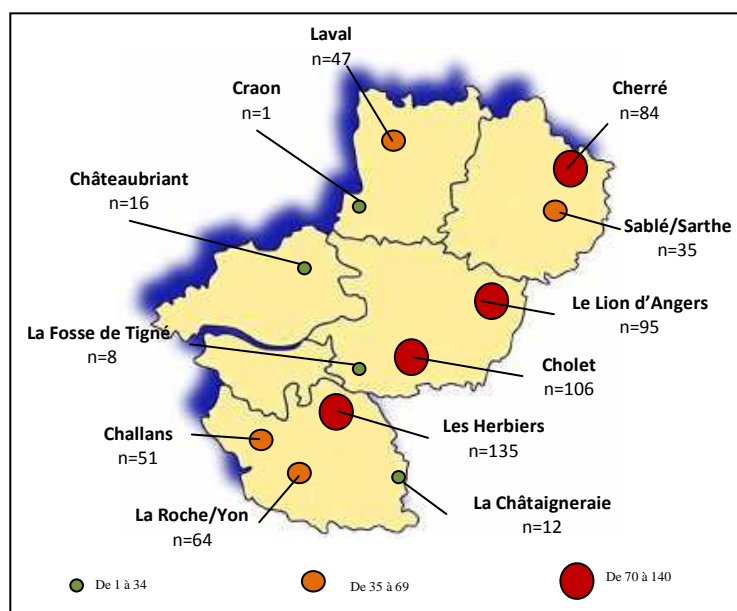


Figure 28 : répartition géographique et nombre des saisies pour sarcosporidiose en Pays de la Loire de 2003 à 2008

#### 3.2.1.2. Caractéristiques épidémiologiques des bovins saisis pour sarcosporidiose

##### ➤ Race

La race était renseignée pour 429 des 654 bovins de la population S : 92% de ces bovins étaient représentés par 5 races (Blonde d'Aquitaine, Prim'Holstein, Charolaise, Normande et Limousine). Les races Blonde d'Aquitaine et Prim'Holstein représentaient à elles seules plus des deux tiers de ces bovins, à parts à peu près équivalentes. De plus la majorité des bovins saisis étaient de races allaitantes (cf. figure 29).

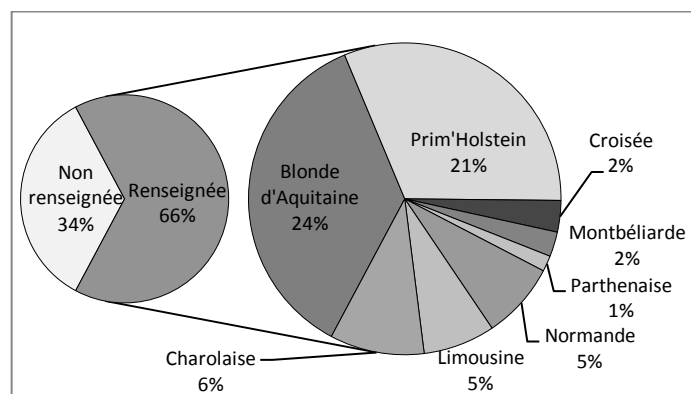
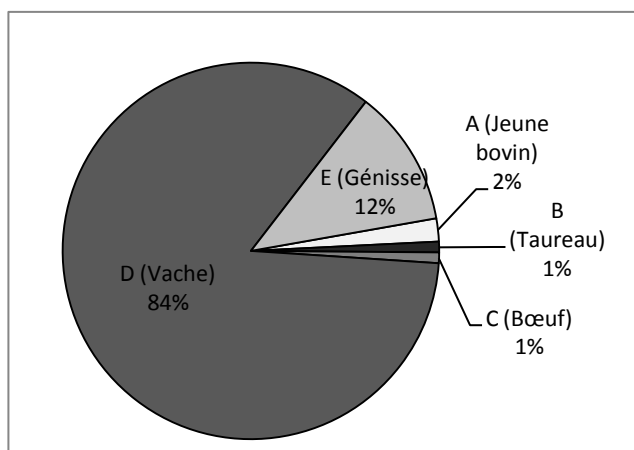


Figure 29 : race des bovins saisis pour sarcosporidiose de 2003 à 2008 (population S, n = 654)

Parmi les bovins abattus entre janvier 2007 et décembre 2008, 616 157 étaient d'une des 5 races citées précédemment ; sur ces 616 157 bovins, 134 au moins ont été saisis pour sarcosporidiose (au moins car pour cette période, 213 bovins ont été saisis pour sarcosporidiose, sans que leur race n'ait été enregistrée). Ainsi la prévalence des saisies pour sarcosporidiose chez ces 5 races était d'au moins 0,217‰ en moyenne sur 2007-2008.

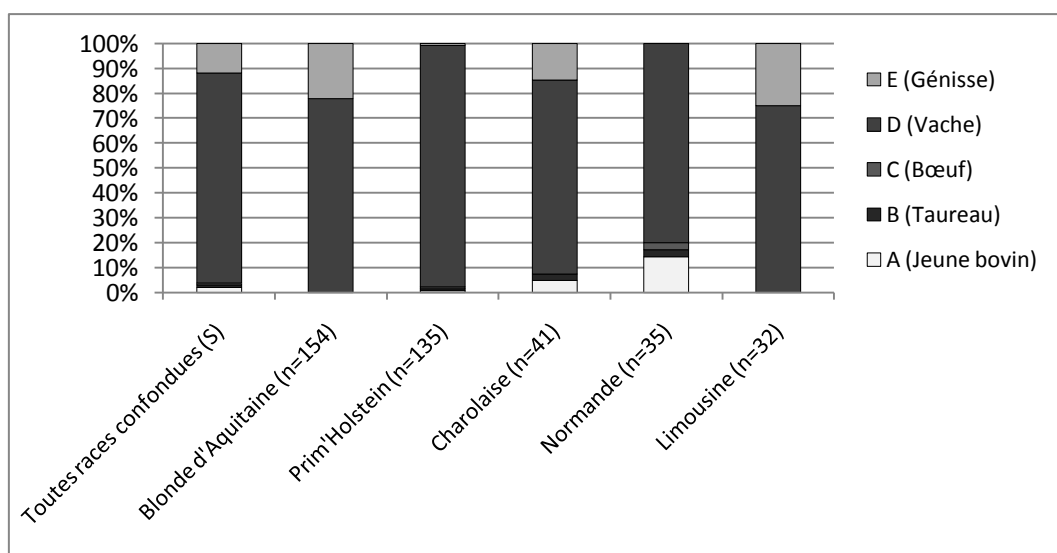
➤ *Catégorie, sexe et classe d'âge*

Les bovins saisis pour sarcosporidiose étaient quasiment exclusivement des femelles, représentées en très grande majorité par des vaches. Les mâles, qui ne représentaient que 4% de ces bovins, se répartissaient à parts à peu près égales entre les jeunes bovins, les taureaux et les bœufs (cf. figure 30). Ainsi, les jeunes ne représentaient que 2% des ces saisies, alors que les bovins de réforme (adultes âgés) en représentaient 85%.



**Figure 30 : catégorie des bovins saisis pour sarcosporidiose de 2003 à 2008 (population S, n = 654)**

Les parts relatives des différentes catégories, et donc des différents sexes et classes d'âge parmi les bovins saisis n'étaient pas identiques entre les différentes races (cf. figure 31). En particulier, les bovins saisis pour sarcosporidiose de race Blonde d'Aquitaine et Limousine étaient tous des femelles, et ceux de race Prim'Holstein quasiment uniquement représentés par des vaches. Aucune génisse saisie n'était de race Normande, qui représentait en revanche près des 2/3 des jeunes bovins saisis de race connue (5 sur 8).



**Figure 31 : parts relatives des différentes catégories parmi les bovins saisis pour sarcosporidiose en fonction de leur race**

### 3.2.1.3. Caractéristiques des carcasses saisies pour sarcosporidiose

#### ➤ *Classement, état d'engraissement et poids fiscal*

Le classement et l'état d'engraissement étaient connus respectivement pour 649 et 528 des 654 bovins de la *population S*.

Le classement des carcasses des animaux saisis pour sarcosporidiose était assez hétérogène (cf. figure 32) :

- ✓ la majorité des carcasses étaient très bien classées : ainsi plus de la moitié étaient classées au moins R (bonne conformation, 24%), et le tiers était classée U (très bonne conformation, 33%) ;
- ✓ en revanche, 18% de ces carcasses étaient classées P (médiocre).

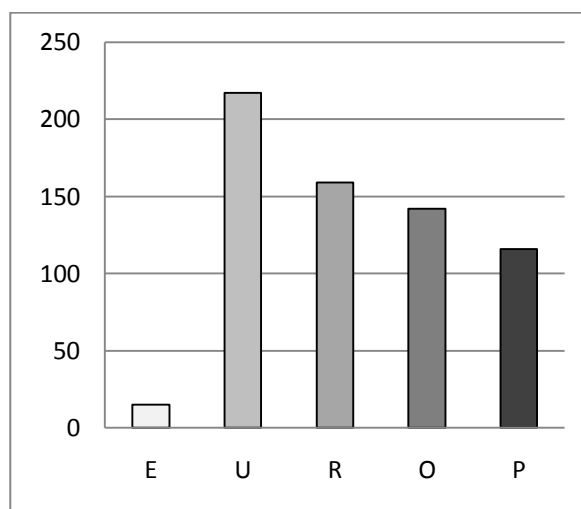


Figure 32 : classement des carcasses saisies pour sarcosporidiose de 2003 à 2008 (*population S*)

Ce classement était notamment très variable en fonction de la race (cf. figure 33). Ainsi, les carcasses saisies pour sarcosporidiose :

- ✓ étaient bien classées pour les races allaitantes, à savoir les races Blonde d'Aquitaine, Charolaise et Limousine,
- ✓ contrairement à celles des races laitière et mixte étudiées, à savoir la race Prim'Holstein et dans une moindre mesure la race Normande.

En revanche, l'état d'engraissement des carcasses était assez homogène, avec une très grande majorité (87%) des animaux se situant à 3 sur une échelle allant de 1 à 5 (cf. figure 34)

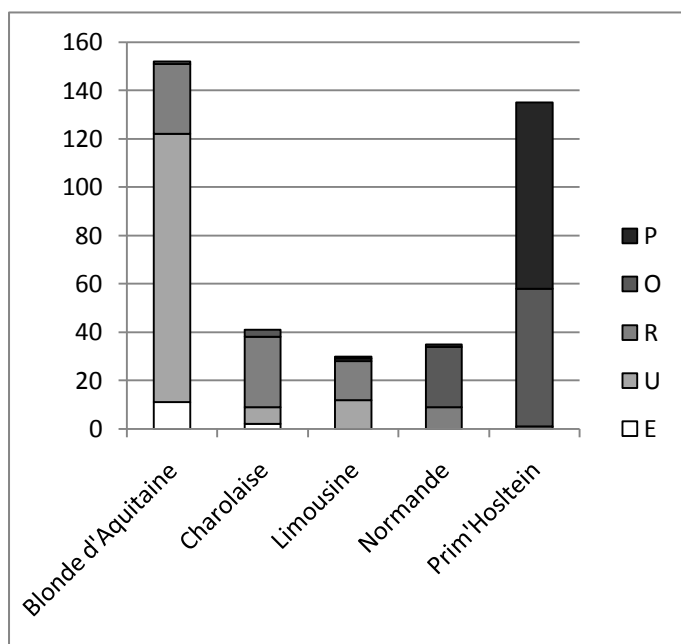


Figure 33 : classement des carcasses saisies pour sarcosporidiose de 2003 à 2008 (*population S*) en fonction de la race (n = 393)

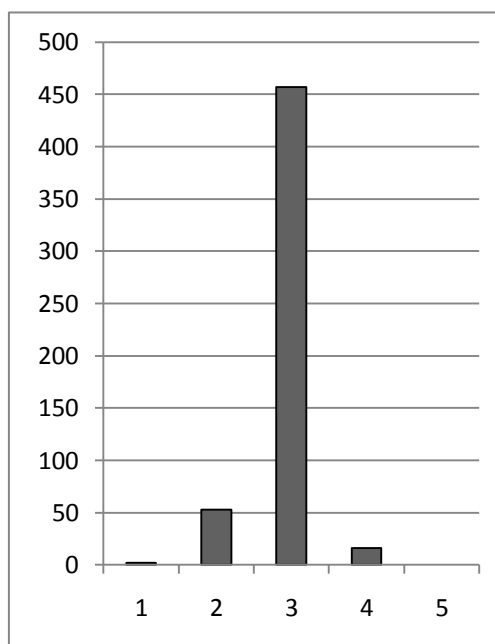
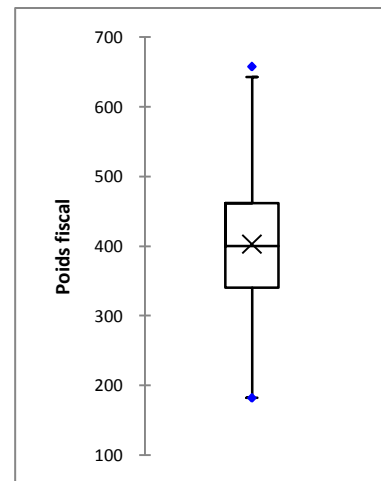


Figure 34 : état d'engraissement des carcasses saisies pour sarcosporidiose de 2003 à 2008 (*population S*)

Le poids fiscal des carcasses saisies pour sarcosporidiose (cf. figure 35) était en moyenne d'environ 400kg. La dispersion autour de cette moyenne était assez faible pour la moitié de la *population S*, puisque la médiane se situait elle aussi autour de 400 kg, pour un 1<sup>er</sup> et un 3<sup>ème</sup> quartiles respectivement d'environ 340 et 460 kg.

Néanmoins, l'autre moitié de la population d'étude, qui sortait de cet intervalle [340 ; 460] kg, présentait de grandes différences de poids. L'amplitude de variation du poids fiscal de la *population S* était ainsi de 475kg. Cette amplitude était liée au fait que les bovins étudiés appartenaient à différentes catégories, aux poids fiscaux moyens très différents. La faible dispersion de plus de la moitié de la *population S* était inversement à rapprocher de la composition de cette population (83% de vaches).

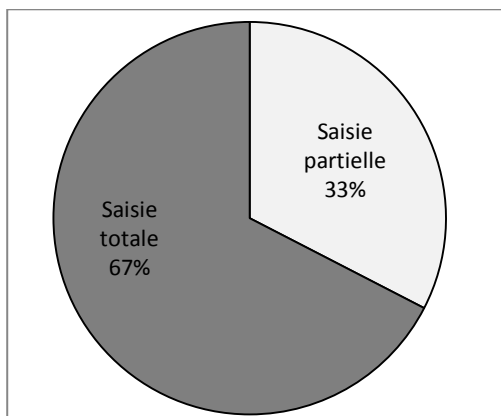


**Figure 35 : poids fiscal des carcasses saisies pour sarcosporidiose de 2003 à 2008 (*population S*)**

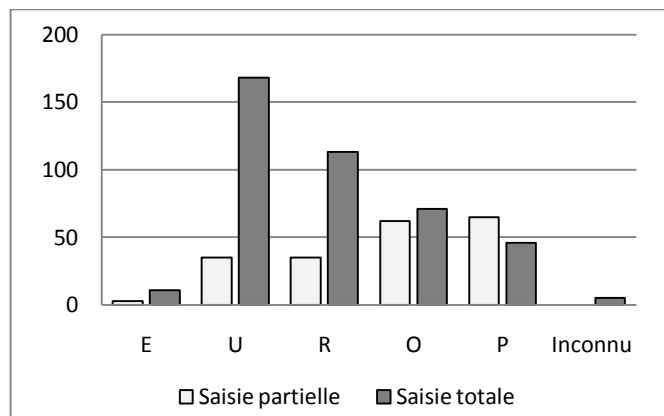
#### 3.2.1.4. Type de saisie

Le type de saisie était renseigné pour 614 des 654 cas de saisies pour sarcosporidiose : les deux tiers étaient totales (cf. figure 36).

Les saisies partielles (n=200) concernaient en majorité des carcasses mal classées : 64% ont ainsi eu lieu sur des carcasses classées O et P. A l'inverse, près des 3/4 des saisies totales (n=414) ont eu lieu sur des carcasses classées au moins R, et 41% sur des carcasses classées U (cf. figure 37).

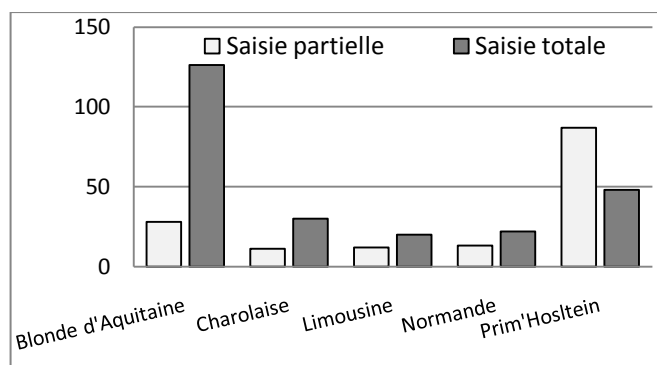


**Figure 36 : parts relatives des saisies partielles et totales lors de saisies pour sarcosporidiose (n = 614)**



**Figure 37 : type de saisie en fonction du classement de la carcasse (n = 614)**

Par ailleurs le type de saisie majoritaire variait selon la race (cf. figure 38). Les saisies pour sarcosporidiose étaient majoritairement totales pour les races Normande, Limousine, Charolaise et Blonde d'Aquitaine. Chez cette dernière (n=154), la part des saisies totales atteignait 82%. A l'inverse, les saisies étaient majoritairement (64%) partielles chez la race Prim'Holstein (n=135).



**Figure 38 : type de saisie en fonction de la race (n = 397)**

Sur les 429 bovins de race connue saisis pour sarcosporidiose entre janvier 2003 et décembre 2008 :

- 36% étaient des Blondes d'Aquitaine, aux carcasses très bien classées et saisies généralement totalement. Ces saisies se chiffraient en moyenne à 1850 € par bovin saisi pour ce motif chez cette race (moyenne sur 114 bovins) ;

- 31% étaient des Prim'Holstein, aux carcasses mal classées et saisies aux 2/3 partiellement. Ces saisies se chiffraient en moyenne à 440 € par bovin saisi pour ce motif chez cette race (moyenne sur 126 bovins) ;

Le reste de ces saisies se répartissaient globalement entre les races Charolaise, Limousine et Normande, aux carcasses assez bien classées et saisies aux 2/3 totalement.

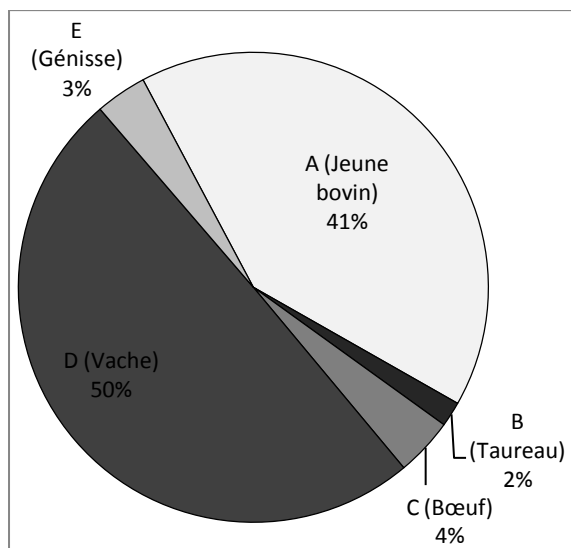
### 3.2.1.5. Caractéristiques des élevages derniers détenteurs des bovins saisis pour sarcosporidiose : les récidives

Sur les 654 bovins saisis pour sarcosporidiose entre janvier 2003 et décembre 2008, 170 provenaient d'élevages ayant déjà eu au moins un autre bovin saisi pour ce même motif. Ces 170 bovins seront par la suite nommés « récidives » ou « récidivants », bien que la récidive s'applique plus à l'élevage qu'au bovin. Les cas de « récidives » étaient plus fréquemment observés sur des animaux de race Blonde d'Aquitaine.

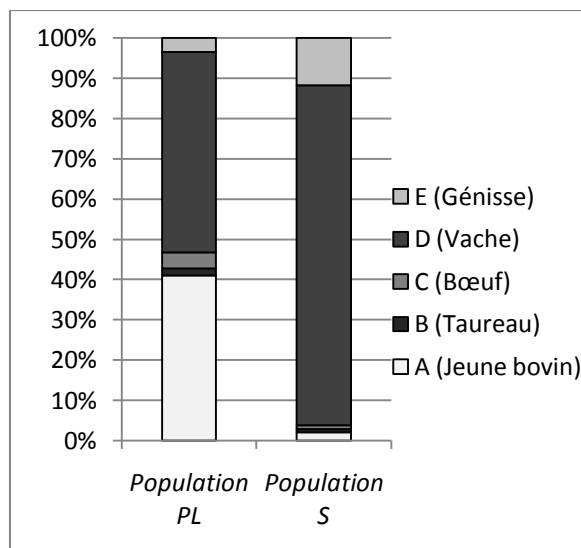
## 3.2.2. Détermination de facteurs de risque : régression logistique

### 3.2.2.1. Catégorie et sexe des bovins

La *population PL* était constituée en majorité de vaches et de jeunes bovins (cf. figure 39). La répartition entre mâles et femelles était à peu près équivalente.



**Figure 39 : catégorie des bovins abattus en 2007-2008, non saisis pour sarcosporidiose (*population PL*, n = 1 166 674)**



**Figure 40 : comparaison des parts relatives des différentes catégories au sein des *populations PL* (n = 1 166 674) et *S* (n = 654)**

Les parts relatives des différentes catégories étaient ainsi très différentes entre les *populations PL* et *S* (test de khi-deux avec un seuil de signification de 5%, p-value = 1,92<sup>E-116</sup>). Les femelles, et plus particulièrement les vaches étaient très largement sur-représentées au détriment des jeunes bovins dans la *population S* (cf. figure 40).

Ainsi le risque de saisie pour sarcosporidiose était environ 22 fois plus important chez les femelles que chez les mâles (OR = 22,062 ; [14,794 ; 32,901], cf. tableau XI).

**Tableau XI : risque de saisie pour sarcosporidiose en fonction du sexe**

Sexe	Effectif dans la <i>population PL</i>	Effectif dans la <i>population S</i> (dont en 2007-2008)	Prévalence des saisies pour sarcosporidiose (moyenne sur 2007-2008 en ‰)	Odd ratio OR [intervalle de confiance]
Mâle	545 043	25 (13)	0,024	1,000
Femelle	621 631	629 (342)	0,550	22,062 [14,794 ; 32,901]

Parmi les mâles, les jeunes bovins étaient les moins sujets à ce type de saisie ( $p = 0,015\%$  ; référence pour le calcul des odds ratio entre les différentes catégories). En comparaison, les bœufs et les taureaux apparaissaient plus à risque vis-à-vis de ces saisies, mais la prévalence de celles-ci restait assez faible, inférieure à la prévalence globale de 0,304‰ observée sur 2007-2008. Parmi les femelles, le risque de saisie pour sarcosporidiose paraissait encore plus important pour les génisses que pour les vaches, avec près d'une génisse saisie pour sarcosporidiose sur 1000 abattues. L'ensemble de ces résultats est résumé dans le tableau XII.

**Tableau XII : risque de saisie pour sarcosporidiose en fonction de la catégorie**

Catégorie	Effectif dans la <i>population PL</i>	Effectif dans la <i>population S</i> (dont en 2007-2008)	Prévalence des saisies pour sarcosporidiose (moyenne sur 2007-2008 en ‰)	Odd ratio OR [intervalle de confiance]
A (Jeune bovin)	478 364	13 (7)	0,015	1,000
B (Taureau)	20 045	6 (3)	0,150	11,016 [4,187 ; 28,985]
C (Bœuf)	46 634	6 (3)	0,064	4,735 [1,799 ; 12,457]
D (Vache)	580 453	552 (303)	0,522	35,008 [20,198 ; 60,675]
E (Génisse)	41 178	77 (39)	0,946	68,870 [32,261 ; 123,965]

### 3.2.2.2. Age des bovins

L'âge moyen pondéré des bovins abattus dans la *population S* était de 46 mois.

Les parts relatives des trois classes d'âge étaient significativement différentes entre la *population PL* et la *population S* (test de khi-deux avec un seuil de signification de 5%,  $p\text{-value} = 4,66^{E-90}$ ).

Les « jeunes », représentés par les jeunes bovins, n'étaient qu'exceptionnellement saisis pour sarcosporidiose ( $p = 0,015\%$  ; référence pour le calcul des odds ratio entre les différentes classes d'âge), contrairement aux adultes chez qui la prévalence de ces saisies étaient d'environ 0,5‰ sur la période 2007-2008. En revanche, le risque de ces saisies n'était pas significativement différent entre les jeunes adultes et les adultes âgés, comparativement aux jeunes bovins (cf. tableau XIII).

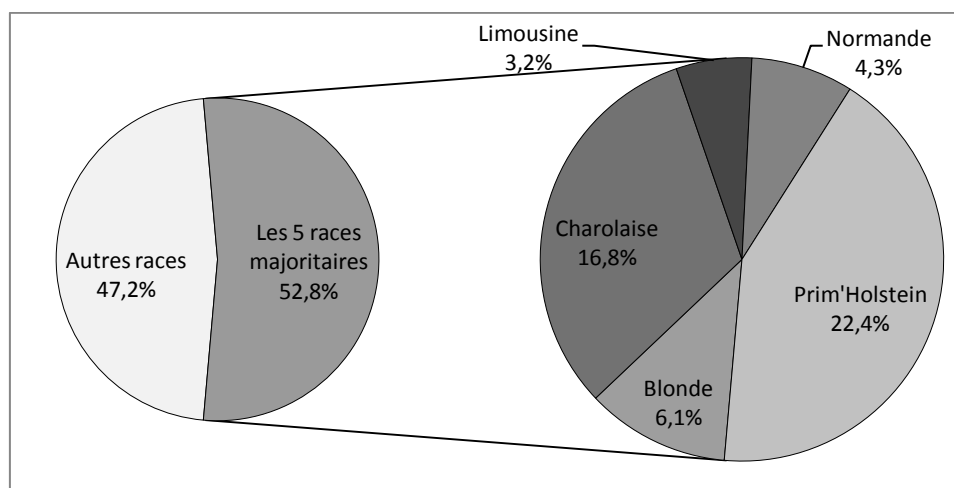


**Tableau XIII : risque de saisie pour sarcosporidiose en fonction de la classe d'âge**

Classe d'âge (âge moyen en mois)	Effectif dans la <i>population PL</i>	Effectif dans la <i>population S</i> (dont en 2007-2008)	Prévalence des saisies pour sarcosporidiose (moyenne sur 2007- 2008 en ‰)	Odd ratio OR [intervalle de confiance]
<b>Jeune</b> (17)	608 868	13 (7)	0,015	1,000
<b>Jeune adulte</b> (33)	114 317	83 (42)	0,478	34,796 [19,392 ; 62,437]
<b>Adulte âgé</b> (71)	784 425	558 (306)	0,509	34,206 [19,737 ; 59,283]

### 3.2.2.3. Race des bovins

Les informations transmises vis-à-vis de la race des bovins de la *population PL* ne concernaient que les races Prim'Holstein, Charolaise, Blonde d'Aquitaine, Limousine et Normande. L'ensemble des bovins de la *population PL* appartenant à l'une de ces 5 races a constitué la *population R* ; cette *population R* était composée de 616 023 bovins (cf. figure 41), c'est-à-dire qu'elle correspondait à plus de la moitié de la *population PL*.



**Figure 41 : race des bovins abattus en 2007-2008, non saisis pour sarcosporidiose (*population PL*, n = 1 166 674)**

La prévalence des saisies pour sarcosporidiose chez les bovins abattus entre janvier 2007 et décembre 2008 et appartenant à l'une de ces 5 races était d'au moins 0,217‰ (cf. 3.2.1.2). Cette prévalence était ainsi plus faible que la prévalence observée pendant la même période chez l'ensemble des bovins abattus, toutes races confondues. Néanmoins, étant donné que la race n'était pas systématiquement renseignée lors d'une telle saisie, les prévalences réelles de ces saisies chez les bovins de ces 5 races étaient probablement sous-estimées. Il a ainsi semblé plus intéressant de les comparer à une prévalence fictive calculée à partir des seules saisies pour lesquelles la race du bovin était connue. Sur la période janvier 2007-décembre 2008, sur les 1 166 674 gros bovins abattus, 355 ont été saisis pour sarcosporidiose : la race n'était renseignée que pour 134 d'entre eux. Cette prévalence fictive valait donc 0,122‰.

Les bovins de race Charolaise sont ainsi apparus particulièrement peu à risque vis-à-vis des saisies pour sarcosporidiose ( $p = 0,071‰$ , référence pour le calcul des odds ratio). A l'inverse, les prévalences de ces saisies chez les bovins des 4 autres races étudiées, abattus en 2007-2008, étaient assez élevées, et dépassaient la prévalence fictive définie précédemment. En particulier, les bovins de race Blonde d'Aquitaine, et dans une moindre mesure de race

Limousine semblaient particulièrement à risque vis-à-vis de ces saisies avec des prévalences dépassant la prévalence globale des saisies pour sarcosporidiose, toutes races confondues, de 0,304‰ ; comparativement aux bovins de race Charolaise, ces bovins présentaient ainsi respectivement un risque environ 10 fois et 4 fois plus important d'être saisis pour sarcosporidiose. L'ensemble de ces résultats sont présentés dans le tableau XIV.

**Tableau XIV : risque de saisie pour sarcosporidiose en fonction de la race**

Race	Effectif dans la population R	Effectif dans la population S (dont en 2007-2008)	Prévalence des saisies pour sarcosporidiose (moyenne sur 2007-2008 en ‰)	Odd ratio OR [intervalle de confiance]
<b>Blonde d'Aquitaine</b>	70 977	154 (59)	0,831	10,375 [7,351 ; 14,642]
<b>Prim'Holstein</b>	261 227	135 (37)	0,142	2,469 [1,741 ; 3,503]
<b>Charolaise</b>	195 894	42 (14)	0,071	1,000
<b>Normande</b>	50 566	34 (12)	0,237	3,308 [2,107 ; 5,193]
<b>Limousine</b>	37 359	32 (12)	0,321	4,094 [2,578 ; 6,500]

#### 3.2.2.4. Etude conjointe des différents facteurs

La race semblait donc influencer fortement sur le risque de saisie pour sarcosporidiose. Néanmoins, étant donné qu'au sein des populations de bovins abattus, en Pays de la Loire en 2007 et en 2008, les proportions des différentes catégories, et donc des deux sexes et des différentes classes d'âge, n'étaient pas identiques pour chacune des races (cf. annexe 3), ces trois facteurs ont pu intervenir comme facteurs de confusion dans la relation causale apparue entre la race et ces saisies. Les résultats des deux modèles de régression logistique appliquée à ces différents facteurs ont permis d'analyser cette confusion (cf. tableau XV).

**Tableau XV : étude du facteur de risque « race » avec ajustement des odds ratio calculés à la catégorie d'une part, et à la classe d'âge et au sexe d'autre part**

Race	Effectif dans la population R	Effectif dans la population S (dont en 2007-2008)	OR <sup>[1]</sup> ajusté à la catégorie [intervalle de confiance]	OR <sup>[1]</sup> ajusté à la classe d'âge et au sexe [intervalle de confiance]
<b>Blonde d'Aquitaine</b>	70 977	154 (59)	8,532 [6,038 ; 12,056]	8,538 [6,043 ; 12,063]
<b>Prim'Holstein</b>	261 227	135 (37)	1,451 [1,019 ; 2,066]	1,433 [1,007 ; 2,039]
<b>Charolaise</b>	195 894	42 (14)	1,000	1,000
<b>Normande</b>	50 566	34 (12)	2,473 [1,571 ; 3,894]	2,427 [1,542 ; 3,819]
<b>Limousine</b>	37 359	32 (12)	3,081 [1,940 ; 4,896]	3,096 [1,949 ; 4,918]

<sup>[1]</sup> OR : Odd ratio

L'ajustement des odds ratio à la catégorie d'une part, et à la classe d'âge et au sexe d'autre part, a donné des résultats similaires : après lissage des effets catégorie ou sexe et classe d'âge, la race Charolaise était toujours la moins sujette aux saisies pour sarcosporidiose, et, en comparaison, les races les plus à risque vis-à-vis de ces saisies étaient par ordre décroissant la race Blonde d'Aquitaine, la race Limousine, la race Normande et la race Prim'Holstein.

De la même manière, il a été envisagé que la race soit intervenue comme facteur de confusion dans l'étude des relations causales établies entre la catégorie, le sexe et la classe d'âge et les saisies pour sarcosporidiose. L'ajustement à la race des odds ratio calculés pour ces différents facteurs a montré qu'une telle confusion était négligeable et ne modifiait pas significativement les résultats obtenus ; la seule différence notable concernait le risque de saisie pour sarcosporidiose chez les génisses qui est apparu plus faible que celui initialement calculé, et ainsi plus proche de celui observé pour les vaches : bien que toujours supérieur, ce risque n'était plus significativement plus important pour les génisses que pour les vaches (cf. tableau XVI).

**Tableau XVI : étude du facteur de risque « catégorie » avec ajustement des odds ratio calculés à la race**

Catégorie	Effectif dans la population R	Effectif des bovins de race connue dans la population S (dont en 2007-2008)	Odd ratio OR ajusté à la race [intervalle de confiance]
A (Jeune bovin)	15 842	8 (3)	1,000
B (Taureau)	20 711	3 (0)	13,847 [3,668 ; 52,270]
C (Bœuf)	264 305	2 (0)	5,011 [1,059 ; 23,702]
D (Vache)	74 57	335 (115)	41,200 [20,388 ; 83,255]
E (Génisse)	307 708	49 (16)	49,720 [23,490 ; 105,240]

Les classes d'âge et le sexe ayant été définis à partir de la catégorie (combinaison linéaire), il n'était pas possible d'ajuster les odds ratio de ces deux facteurs à la catégorie. En revanche, un tel ajustement a été possible entre ces deux facteurs, en plus de l'ajustement à la race. Ainsi, après lissage des effets race et classe d'âge, il est apparu les femelles étaient toujours nettement plus à risque vis-à-vis des saisies pour sarcosporidiose, malgré un odd ratio ainsi calculé nettement plus faible (cf. tableau XVII).

De la même manière, les odds ratio relatifs à la classe d'âge ont été ajustés à la race et au sexe : si cet ajustement a nettement diminué leurs valeurs, les adultes, jeunes ou âgés, apparaissaient toujours nettement plus à risque que les jeunes vis-à-vis des saisies pour sarcosporidiose (cf. tableau XVII).

**Tableau XVII : étude des facteurs de risque « sexe » et « classe d'âge » avec ajustement des odds ratio calculés respectivement à la race et à la classe d'âge, et à la race et au sexe**

Sexe	Effectif dans la population R	Effectif des bovins de race connue dans la population S (dont en 2007-2008)	Odd ratio OR ajusté à la race et à l'âge [intervalle de confiance]
Mâle	300 858	13 (3)	1,000
Femelle	315 165	384 (131)	5,611 [2,274 ; 13,844]
Classe d'âge (âge moyen en mois)	Effectif dans la population R	Effectif des bovins de race connue dans la population S (dont en 2007-2008)	Odd ratio OR ajusté à la race et au sexe [intervalle de confiance]
Jeune (17)	608 868	8 (3)	1,000
Jeune adulte (33)	114 317	51 (16)	8,578 [2,789 ; 26,378]
Adulte âgé (71)	784 425	338 (115)	7,399 [2,355 ; 23,245]

Entre janvier 2003 et décembre 2008, sur les 429 gros bovins saisis pour sarcosporidiose et de race connue, 36% étaient des Blondes d'Aquitaine, aux carcasses très bien classées et saisis généralement totalement, et 31% étaient des bovins Prim'Holstein, aux carcasses mal classées et saisis aux 2/3 partiellement. Le reste se répartissait globalement entre les races Charolaise, Limousine et Normande, aux carcasses assez bien classées et saisis aux 2/3 totalement.

Les jeunes bovins présentaient un risque très faible d'être saisis pour sarcosporidiose ; ce risque était nettement plus important chez les bovins adultes sans différence significative entre les jeunes adultes (bœufs et génisses) et les adultes réformés (vaches et taureaux). Par ailleurs, ce risque était beaucoup plus important chez les femelles que chez les mâles. Les génisses (respectivement les vaches) étaient ainsi nettement plus à risque que les bœufs (respectivement les taureaux).

Enfin, les races Blonde d'Aquitaine, et dans une moindre mesure Limousine, étaient particulièrement à risque vis-à-vis de ces saisies, contrairement aux bovins de race Charolaise. Le risque de ces saisies chez les races Normande et Prim'Holstein, plus difficile à objectiver, est apparu intermédiaire.

### 3.3. Discussion

#### 3.3.1. Type d'étude et qualité des populations utilisées

##### 3.3.1.1. Etude cas/témoïn adaptée

Cette étude a consisté en une enquête cas/témoïn. Ce type d'enquête était parfaitement adapté à la recherche de facteur de prédisposition dans le cadre des saisies pour sarcosporidiose et ce pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, les lésions à l'origine de ces saisies sont rares et le délai observé entre l'infection et leur développement peut être assez long ; ces deux points rendent difficile la réalisation d'une enquête prospective de type exposé/non exposé.

Par ailleurs, Bovi-Loire disposait dès le début de l'étude d'une population de cas, renseignés sur divers facteurs d'intérêt dans l'analyse, grâce à l'enregistrement dans un fichier informatique de données relatives aux indemnisations pour sarcosporidiose versées à partir de F.A.R.. Ceci a permis de commencer rapidement l'étude, et sur un nombre important de cas, malgré le caractère sporadique des lésions de sarcosporidiose ; la *population S* semblait ainsi assez précise et a été obtenue à moindre coût.

##### 3.3.1.2. Représentativité des populations « cas » (*S*) et « témoïn » (*PL*)

###### ➤ *Population S*

La *population S* était représentative de la population constituée de l'ensemble des bovins saisis pour sarcosporidiose en région Pays de la Loire. En effet, si l'adhésion au Fond d'Assainissement Régional est facultative, dans les faits elle est systématique.

En revanche, comme nous l'avons vu dans la première étude, la spécificité du « diagnostic » d'un « cas » est sujette à controverse. En effet, lorsqu'un bovin est saisi pour sarcosporidiose, le motif de saisi évoqué est assez souvent « lésion de myosite éosinophilique évoquant la sarcosporidiose ». Ce motif de saisi n'a aucune base juridique, et laisse envisager qu'un grand nombre de bovins saisis pour sarcosporidiose le sont en fait pour « couleur anormale : myosite éosinophilique ». Or même s'il est généralement admis que les lésions de myosite éosinophilique sont associées à *Sarcocystis*, l'équivalence « myosite éosinophilique et sarcosporidiose » n'est toujours pas prouvée (Ely et Fox, 1989 ; Granstrom *et al.*, 1989 ; Granstrom *et al.*, 1990a, Granstrom *et al.*, 1990b, Jensen *et al.*, 1986 ; Mary, 2005). Dans ce contexte il est important de garder en tête que les résultats concernent les lésions à l'origine de saisies à l'abattoir « pour sarcosporidiose », sans que le rôle des *Sarcocystis* dans ces lésions ne soit clairement établi.

Inversement, il est possible que certaines carcasses saisies car présentant des lésions de sarcosporidiose le soient sous un motif différent (manque de sensibilité du diagnostic des cas), mais cette éventualité semble moins probable.

###### ➤ *Populations PL et R*

La population témoïn *PL* était constituée de l'ensemble des gros bovins abattus en région Pays de la Loire en 2007 et en 2008, auxquels ont été soustraits les gros bovins saisis pour sarcosporidiose pendant cette même période, lorsque cette saisi avait donné lieu à une indemnisation à partir du F.A.R.. Ainsi, cette population était bien représentative de l'ensemble des gros bovins abattus dans la région pendant ces deux ans et non saisis pour sarcosporidiose. La même observation peut être faite pour la *population R*.

En revanche, les *populations PL* et *R* ne correspondaient qu'aux années 2007-2008 alors qu'il aurait semblé plus logique de prendre comme référence la période 2003-2008, période durant laquelle ont été recensés les cas de la *population S*. En fait, ces données n'étaient pas accessibles à Bovi-Loire ; en effet, les données d'abattage des différents abattoirs sont confidentielles, et ne sont diffusées auprès d'organismes comme Bovi-Loire que si ces abattoirs l'acceptent. N'ayant pas disposé de ces autorisations, l'interprofession bovine des Pays de la Loire n'a pu collecter que des données d'abattage globales, enregistrées et diffusées via le site de Normabev, pour lequel elle dispose de droits d'accès. Pour des raisons techniques, notamment liées à la longueur des téléchargements des données à partir de ce site, des informations très générales vis-à-vis des abattages de gros bovins en région Pays de la Loire n'ont été recueillies que pour les années 2007-2008. Comme les parts relatives des différentes catégories sont restées globalement constantes entre 2003 et 2008, l'utilisation de la *population PL* n'a que peu modifié le calcul des odds ratio (rapport de fréquences) ; seule la puissance des tests statistiques a été diminuée (effectifs plus faibles), mais au vu des très grands effectifs de la *population PL*, la puissance des tests réalisés restait tout de même largement suffisante. De même, on peut considérer que la *population R* était assez bien représentative de la population de bovins de races Blonde d'Aquitaine, Charolaise, Limousine, Normande et Prim'Holstein abattus entre 2003 et 2008 ; en effet, les variations d'effectifs observées pendant cette période restaient globalement négligeables en regard des effectifs totaux de chaque race et catégorie.

### 3.3.1.3. Problèmes liés au manque de données pour certains bovins de la *population S*

D'une manière générale, les individus de la *population S* étaient en grande majorité dûment renseignés sur les différents facteurs analysés dans cette étude. Néanmoins, certaines données étaient parfois manquantes.

En particulier, la race était inconnue pour environ un tiers des bovins saisis pour sarcosporidiose. Ainsi, les prévalences de ces saisies (chez les races étudiées) calculées dans cette étude sont probablement une sous-estimation de la réalité ; de plus, dans l'hypothèse où l'enregistrement ou non de la race était variable en fonction justement de la race du bovin saisi, la comparaison de ces prévalences entre les différentes races, objectivée par les odds ratio, a pu être erronée.

Par ailleurs, la sous estimation probable de ces prévalences a nuit à leur comparaison avec la prévalence globale des saisies pour sarcosporidiose, toutes races confondues ; ainsi si le risque de saisie pour sarcosporidiose est clairement très important pour les races Blonde d'Aquitaine et Limousine, un tel résultat n'est pas aussi net pour les races Normande et Prim'Holstein. En effet, pour ces deux races, la prévalence des saisies pour sarcosporidiose est inférieure à la prévalence globale, toutes races confondues ; mais elle est supérieure à la prévalence de ces saisies calculées à partir des seuls bovins dont la race était connue. De même, le risque de saisie plus faible observé chez la race Charolaise peut éventuellement être la conséquence d'une forte représentation de cette race au sein des bovins de race non renseignée de la *population S*. Néanmoins, il semble assez logique de supposer que la répartition des races au sein de ces bovins est globalement identique à celle observée au sein des bovins de race connue de la *population S*. Dans cette hypothèse, les résultats relatifs aux races peuvent être généralisés.

### 3.3.2. Exploitation des résultats

#### 3.3.2.1. Des conséquences économiques variables

Les conséquences économiques des saisies pour sarcosporidiose sont très variables.

En effet, les carcasses de bovins de race Prim'Holstein saisies pour sarcosporidiose étaient globalement mal classées et saisies partiellement. L'impact économique de la sarcosporidiose chez cette race est donc assez faible (dans cette étude, 440 € en moyenne par carcasse saisie). Notons néanmoins que ces saisies sont assez courantes puisque qu'elles correspondaient à 31% des bovins saisis pour sarcosporidiose de race renseignée et ayant donné lieu à une indemnisation à partir du F.A.R. entre janvier 2003 et décembre 2008.

Inversement, les carcasses de bovins de race Blonde d'Aquitaine saisies pour sarcosporidiose étaient en grande majorité très bien classées et saisies totalement. L'impact économique de la sarcosporidiose chez cette race est donc très important (dans cette étude, 1850 € en moyenne par carcasse saisie). D'autant plus que celle-ci représentait 36% des bovins saisis pour sarcosporidiose de race connue et ayant donné lieu à une indemnisation à partir du F.A.R. entre janvier 2003 et décembre 2008. Par ailleurs, les cas de « récidives » étaient plus fréquemment observés sur des bovins de race Blonde d'Aquitaine ; cependant cette observation est à tempérer car il n'a pas été possible de déterminer si le premier bovin saisi était de la même race que le « récidivant ». On peut tout de même supposer que les élevages de bovins de race Blonde d'Aquitaine sont plus sujets à de multiples saisies pour sarcosporidiose.

Le reste des saisies se répartissaient globalement entre les races Charolaise, Limousine et Normande, aux carcasses assez bien classées et saisies aux 2/3 totalement ; la valeur économique des carcasses saisies est donc là aussi importante.

L'impact économique de la sarcosporidiose est loin d'être négligeable. Les élevages de bovins de race Blonde d'Aquitaine semblent être sujets aux plus lourdes pertes.

#### 3.3.2.2. Un risque de saisie pour sarcosporidiose variable selon les bovins

Le risque de saisie pour sarcosporidiose doit être analysé en fonction :

- ✓ du risque d'infection des bovins par des *Sarcocystis* : ce risque est à relier aux modalités d'élevage, à l'origine d'une pression d'infection dans l'environnement des bovins et d'une probabilité de rencontre hôte-parasite plus ou moins importante ;
- ✓ et du risque pour les bovins infectés par des *Sarcocystis* de développer des lésions de sarcosporidiose à l'origine de saisies en abattoir : ce risque est plutôt à relier à des facteurs de prédisposition propres aux bovins ; en effet, les hypothèses relatives aux mécanismes pathogéniques de ces lésions, toujours incomplètement connus, s'orientent préférentiellement vers une hypersensibilité de certains bovins aux antigènes des *Sarcocystis*, à l'origine d'une réaction immunitaire exagérée aboutissant aux lésions observées (Gajadhar et Marquardt, 1992 ; Granstrom *et al.*, 1989 ; Granstrom *et al.*, 1990a ; Granstrom *et al.*, 1990b).

➤ *Un risque de saisie pour sarcosporidiose faible chez les jeunes bovins*

Le risque de saisie pour sarcosporidiose était très faible chez les jeunes bovins ; cette observation est concordante avec les résultats de l'étude de Fradin (2002) qui montre que sur l'ensemble des saisies pour sarcosporidiose ayant eu lieu dans les huit abattoirs étudiés, 13,8% seulement avaient eu lieu sur des jeunes bovins.

✓ Probabilité de rencontre hôte définitif-parasite faible chez les jeunes bovins

Ce faible risque peut être expliqué par le fait que les animaux de cette catégorie sont élevés pendant la majorité de leur vie dans des bâtiments clos ; les contacts, directs ou indirects, avec des carnivores, domestiques ou sauvages, sont a priori (quasi) inexistantes, et l'accès aux pâturages se limite aux races allaitantes, entre la naissance et 8 mois environ. La probabilité de rencontre des jeunes bovins et des parasites semble ainsi extrêmement faible, ce qui peut expliquer la très faible prévalence des saisies pour sarcosporidiose à l'abattoir chez cette catégorie.

Cependant, cette explication ne semble pas suffisante vu que sur huit jeunes bovins saisis en six ans, cinq étaient de race Normande et un de race Prim'Holstein. En région Pays de la Loire, la race Normande, de type mixte, est majoritairement utilisée dans le cadre d'une production laitière. Les jeunes bovins de cette race sont ainsi soumis aux mêmes pratiques d'élevage que ceux de race Prim'Holstein : ils sont élevés en cases individuelles puis collectives de la naissance jusqu'à leur passage en atelier d'engraissement, à 8 mois environ ; élevés en allaitement artificiel jusqu'à leur sevrage, ils n'ont a priori jamais eu accès aux pâtures avant leur abattage. L'infection par *Sarcocystis* de ces jeunes bovins de race Normande et Prim'Holstein saisis pour sarcosporidiose ne peut donc pas avoir eu lieu au pâturage ; elle est intervenue dans leurs locaux d'élevage, à partir de l'aliment et /ou de l'eau de boisson. Ainsi, les conditions d'élevage des jeunes bovins, bien qu'en théorie non propices à la rencontre hôte définitif-parasite, ne semblent pas l'empêcher complètement. Néanmoins, étant donné que les jeunes bovins sont abattus tôt, à 17 mois en moyenne, la probabilité de rencontre hôte-parasite est nécessairement plus faible chez ces jeunes animaux que chez les adultes.

✓ Probabilité de développement de lésions à l'origine de saisies pour sarcosporidiose faible chez les jeunes bovins infectés par *Sarcocystis*

De même la probabilité pour les jeunes bovins de développer des lésions à l'origine de saisies à l'abattoir pour sarcosporidiose suite à leur infection par *Sarcocystis* est elle aussi diminuée par cet abattage plus précoce. En effet, deux études suggèrent le rôle de l'ouverture de la paroi des sarcocystes dans le développement des lésions de myosite éosinophiliques (qui correspondent, comme nous l'avons vu plus haut au motif sous-jacent de la majorité des saisies pour sarcosporidiose) et associent cette ouverture à l'âge des bovins : indirectement pour Jensen *et al.* (1986) qui ont émis l'hypothèse que la paroi de certains sarcocystes s'ouvrent après un temps de développement suffisamment long (seuls des animaux suffisamment âgés peuvent présenter de tels sarcocystes âgés) ; directement pour Gajadhar et Marquardt (1992) qui pensent qu'une telle ouverture peut résulter d'une réponse immunitaire de l'hôte suite à des sensibilisations répétées de celui-ci aux antigènes de *Sarcocystis* (l'hôte doit donc être suffisamment âgé pour avoir rencontré le parasite à plusieurs reprises). La plus forte prévalence des saisies pour sarcosporidiose observée chez les jeunes bovins de race Normande peut ainsi être rapprochée de leur abattage plus tardif comparativement aux jeunes bovins des autres races (19 mois contre 17 mois en moyenne).

Le risque de saisie pour sarcosporidiose est très faible chez les jeunes bovins ; en effet, la probabilité de rencontre entre ces derniers et le parasite, puis celle de développer des lésions à l'origine de telles saisies, sont fortement diminuées par rapport à celle d'un adulte en raison de leur abattage précoce.



➤ *Un risque de saisie pour sarcosporidiose très important chez les femelles*

L'effet sexe semble très important. En effet, les bœufs et les génisses d'une part, et les vaches et les taureaux d'autre part, sont généralement soumis aux mêmes conditions d'élevage (type de bâtiment, modalités d'alimentation et d'abreuvement, accès aux pâtures...), pendant une durée globalement équivalente. Les différences de risque de saisie pour sarcosporidiose observées entre les deux sexes (suite au lissage des effets race et classe d'âge) ne semblent donc pas imputables à une probabilité d'infection par *Sarcocystis* plus ou moins importante, mais bien à des facteurs propres au sexe. Dans ce contexte, un rôle hormonal peut être suspecté dans le développement lésions de sarcosporidiose ; une telle hypothèse avait été suggérée par Reiten *et al.* (1966) pour le développement des lésions de myosite éosinophilique.

Les bovins femelles semblent être prédisposés à développer des lésions de sarcosporidiose, suite à leur infection par *Sarcocystis*, quelque soient leurs races et leurs classes d'âge.

➤ *Un risque de saisie pour sarcosporidiose variable selon la race*

Les modalités d'élevage des bovins de race Blonde d'Aquitaine, Charolaise et Limousine sont globalement identiques. Les différences observées entre les prévalences des saisies pour sarcosporidiose chez ces trois races, objectivées par des risques relatifs vis-à-vis de ces saisies très différents, semblent donc être liées à un effet race propre. Une piste génétique peut ainsi être envisagée pour expliquer ces différences de risque vis-à-vis des saisies pour sarcosporidiose : la race Charolaise semble être « résistante » à ce type de lésions, alors que les races Blonde d'Aquitaine et dans une moindre mesure Limousine, semblent y être prédisposées. Si Granstrom *et al.*(1990a) ont suggéré une telle prédisposition génétique dans le développement de lésions de myosite éosinophilique, aucune étude publiée à ce jour n'a rapporté d'éventuelles prédispositions raciales.

Il est plus difficile d'apporter une conclusion pour les races Prim'Holstein et Normande, pour qui le risque de saisie pour sarcosporidiose est apparu intermédiaire à celui observé pour les races Blonde d'Aquitaine et Limousine d'une part, et Charolaise d'autre part. De plus, les conditions d'élevage des bovins de ces deux races, utilisées dans le cadre d'une production laitière, sont différentes de celles des bovins de races allaitantes ; l'interprétation des différences observées est donc difficile est à faire.

La race Blonde d'Aquitaine, et dans une moindre mesure la race Limousine sont apparues être prédisposées à développer des lésions associées à des saisies pour sarcosporidiose à l'abattoir, à l'inverse de la race Charolaise chez laquelle de telles saisies sont exceptionnelles. En revanche, le rôle du facteur race n'a pas pu être établi pour les races Prim'Holstein et Normande.



## 4. Discussion générale

Cette étude a permis de mieux appréhender les saisies de bovins pour sarcosporidiose. Rappelons tout de suite que ces saisies recouvrent en fait les saisies pour sarcosporidiose au sens strict (« lésions de sarcosporidiose ») et les saisies pour « couleur anormale : myosite éosinophilique ». En effet, les saisies pour sarcosporidiose étudiées ici étaient souvent déclarées sous le motif « lésion de myosite éosinophilique évoquant la sarcosporidiose ». Ce motif de saisie n'a aucune base juridique, et laisse envisager qu'un grand nombre de bovins saisis pour sarcosporidiose le sont en fait pour « couleur anormale : myosite éosinophilique ». Les conséquences de cet amalgame sont variables en fonction de la nature de l'étude.

Dans le cadre de l'étude des pratiques d'élevage à risque vis-à-vis de l'infection des bovins par *Sarcocystis*, cet amalgame aurait pu prêter à confusion. En effet, l'objectif initial était de comparer les pratiques des élevages ayant eu un bovin au moins saisi pour sarcosporidiose, à celles des élevages n'en ayant pas eu ; ceci afin de déterminer un risque d'infection des bovins par *Sarcocystis* (objectivé par les saisies) plus ou moins important. La validité des résultats de cette comparaison aurait ainsi du être discutée en fonction de la probabilité que le bovin saisi l'ait bien été pour une lésion consécutive à l'infection par *Sarcocystis*. En effet, même si le rôle de ce parasite dans les lésions de myosite éosinophilique est très fortement suspecté (Ely et Fox, 1989 ; Granstrom *et al.*, 1989 ; Granstrom *et al.*, 1990a ; Granstrom *et al.*, 1990b ; Jensen *et al.*, 1986 ; Mary, 2005), il n'est toujours pas établi avec certitude.

Cependant, l'étude des pratiques d'élevage s'est en fait limitée à leur description dans des élevages ayant eu au moins un bovin saisi pour sarcosporidiose, sans chercher à établir une relation causale entre ces pratiques et les saisies ; la confusion des motifs de saisie n'a pas donc pas eu de conséquences sur cette analyse. Il est ainsi apparu que ces élevages, ayant eu au moins un bovin saisi pour sarcosporidiose, étaient en grande majorité exposés à des pratiques favorisant le maintien des cycles évolutifs des différents *Sarcocystis* infectant les bovins ; cela révèle une application insuffisante des règles générales de biosécurité malgré la sensibilisation des éleveurs aux bonnes pratiques sanitaires d'élevage, notamment par le biais de la Visite Sanitaire Obligatoire, mise en place dans l'ensemble des élevages bovins français depuis 2005.

Le deuxième axe d'étude a permis de quantifier le risque de saisie pour sarcosporidiose (au sens large) chez les bovins en fonction de leur catégorie, sexe, classe d'âge et race. Il est ainsi apparu que ce risque est très faible chez les jeunes bovins ; ceci est probablement la conséquence d'une probabilité de rencontre entre ces derniers et le parasite, et d'une probabilité de développer, suite à l'infection par *Sarcocystis*, des lésions à l'origine de telles saisies, assez faibles en raison de leur abattage précoce.

Au contraire, les bovins femelles semblent être prédisposés à développer des lésions de sarcosporidiose, suite à leur infection par *Sarcocystis* ; un rôle hormonal peut ainsi être suspecté dans le développement des lésions de sarcosporidiose. Cette hypothèse a déjà suggérée par Reiten *et al.* (1966) pour le développement des lésions de myosite éosinophilique.

De même, la race semble intervenir tantôt comme facteur protecteur, tantôt comme facteur de prédisposition à ces saisies : la race Blonde d'Aquitaine, et dans une moindre mesure la race Limousine sont apparues être prédisposées à développer des lésions associées à des saisies pour sarcosporidiose à l'abattoir, à l'inverse de la race Charolaise chez laquelle de telles saisies sont exceptionnelles. En revanche, le rôle du facteur race n'a pas pu être établi pour les Prim'Holstein et Normandes, qui sont apparues à risque intermédiaire entre les races Blonde d'Aquitaine et Limousine d'une part, et Charolaise d'autre part. Ces prédispositions

raciales suggèrent une prédisposition génétique au développement de lésions de sarcosporidiose (au sens large), prédisposition déjà envisagée par Granstrom *et al.* (1990a) pour les lésions de myosite éosinophilique.

Etant donné la proportion importante parmi les saisies pour sarcosporidiose du motif « lésion de myosite éosinophilique évoquant la sarcosporidiose », il semble que les résultats obtenus puissent être transposés aux lésions de myosite éosinophilique, d'autant plus que cela est concordant avec les données publiées (Reiten *et al.*, 1966 ; Granstrom *et al.*, 1990a). Les facteurs de prédisposition, racial et sexuel, mis en évidence ici pourraient ainsi constituer une clé d'explication des mécanismes d'hypersensibilité suspectés dans le développement de ces lésions (Gajadhar et Marquardt, 1992 ; Granstrom *et al.*, 1989 ; Granstrom *et al.*, 1990a ; Granstrom *et al.*, 1990b). Il pourrait par la suite être intéressant d'étudier s'il existe des familles de bovins plus sujettes à ce type de saisie que d'autres. Le questionnaire utilisé dans la première partie de l'étude présentait une question relative à cette filiation, mais trop peu de données ont été récoltées pour pouvoir être traitées.

Cette étude a enfin permis de quantifier les coûts engendrés par les saisies pour sarcosporidiose : ils sont loin d'être négligeables, et ce malgré le fait que ces saisies restent exceptionnelles (prévalence de 0,304‰ en moyenne sur 2007-2008) en regard des taux d'infection des bovins par *Sarcocystis* très importants, proches de 100%, rapportés par la bibliographie (Euzéby, 1997 ; Vangeel *et al.*, 2007).

Les élevages allaitants sont particulièrement concernés avec des conséquences économiques très importantes du fait de la prédominance des saisies totales de carcasses bien classées ; les élevages de bovins de race Blonde d'Aquitaine sont les plus touchés par ces saisies, aussi bien numériquement (dans cette étude 36% des bovins saisis pour sarcosporidiose de race connue) qu'économiquement (1850 € par carcasse saisie en moyenne). Les élevages de bovins Prim'Holstein sont eux aussi sujets à un grand nombre de saisies pour sarcosporidiose (dans cette étude 31% des bovins saisis pour sarcosporidiose de race connue), mais les conséquences économiques de celles-ci sont plus modérées car elles sont généralement partielles, sur des carcasses assez mal classées (440 € par carcasse saisie en moyenne).

En regard de cet impact économique non négligeable du point de vue des interprofessions telles que Bovi-Loire, qui gère les indemnisations des éleveurs lorsque l'un de leurs bovins est saisi pour sarcosporidiose à partir du Fond d'Assainissement Régional, diverses perspectives peuvent être envisagées.

Tout d'abord il semblerait souhaitable de diminuer la prévalence d'infection des bovins par *Sarcocystis*. Ceci repose sur la mise en place d'une prophylaxie sanitaire adaptée, puisqu'aucune prophylaxie médicale, ni traitement, n'existe ce jour. Dans cette optique, d'autres études visant à mieux définir les pratiques significativement plus à risque vis-à-vis de l'infection des bovins par *Sarcocystis* pourraient éventuellement être envisagées, notamment dans les élevages de bovins de race Blonde d'Aquitaine puisqu'il a ici été mis en évidence qu'ils sont les plus lourdement touchés, numériquement et économiquement, par ces saisies, en tous cas en région Pays de la Loire.

Par ailleurs, il est possible que certaines espèces de *Sarcocystis* soient plus à risque vis-à-vis des lésions de myosite éosinophilique, comme l'ont suggéré certaines études (Gajadhar *et al.*, 1987 ; Gajadhar et Marquardt, 1992). Si cette hypothèse était vérifiée, cela pourrait permettre d'orienter la prophylaxie sanitaire sur un risque d'infection des bovins d'origine plutôt animale (*S. cruzi* et *S. hirsuta*) ou plutôt humaine (*S. hominis*). Ainsi, il pourrait être

intéressant d'étudier la prévalence d'infection des bovins par chacune des trois espèces de *Sarcocystis* pouvant les contaminer, et de déterminer la part relative des bovins infectés par chacune de ces trois espèces parmi ceux saisis pour sarcosporidiose. La comparaison de ces prévalences pourraient alors permettre de mieux estimer si une espèce est plus impliquée que les autres dans les lésions de sarcosporidiose à l'origine de saisies à l'abattoir.

Néanmoins, étant donné que les saisies pour sarcosporidiose restent exceptionnelles en regard du taux d'infection des bovins par *Sarcocystis* extrêmement élevé, l'intérêt économique d'une telle étude est peut être discutable. D'autant plus qu'il n'existe à ce jour aucun moyen de prophylaxie médicale, ni traitement contre la sarcosporidiose bovine et les lésions associées. Quant aux mesures de prophylaxie sanitaire, elles impliqueront nécessairement une meilleure application des mesures édictées par les guides de bonnes pratiques sanitaires d'élevage ; la sensibilisation des éleveurs à l'importance de l'application de ces règles de bio-sécurité semble donc être prioritaire à toute autre étude.

Le nouveau contexte réglementaire instauré par la mise en œuvre du Paquet Hygiène, qui met en avant la responsabilité première de l'exploitant producteur quant à la qualité sanitaire de ses produits destinés à la consommation humaine, a justement abouti à la mise en place de la Visite Sanitaire Obligatoire des élevages de bovins en 2005. Cette visite, financée par l'Etat, permet à ce dernier d'avoir une vision globale du risque sanitaire des élevages, et permet d'orienter les contrôles officiels vers les élevages les plus à risque. Par ailleurs, elle a pour vocation de favoriser l'établissement et le maintien d'un lien fort entre les éleveurs et leur vétérinaire sanitaire ; elle constitue ainsi le terreau d'une relation de confiance permettant au vétérinaire de valoriser ses conseils et d'aider au mieux les éleveurs dans la mise en œuvre des nouvelles réglementations. Les champs d'application de cette visite, biennale depuis 2007, ont été élargis à l'ensemble de la santé publique vétérinaire. Dans le cadre de la sarcosporidiose, au vu de la très forte exposition des élevages à des pratiques favorisant le maintien des cycles évolutifs des différents *Sarcocystis* infectant les bovins, cette Visite Sanitaire Obligatoire pourrait permettre à long terme de diminuer la prévalence de l'infection. En effet, parmi les points abordés au cours de cette visite, les mesures relatives à la protection sanitaire de l'élevage, ainsi que des locaux et des équipements prennent une place importante<sup>3</sup>.

Une diminution, plus ou moins importante de la prévalence d'infection des bovins par *Sarcocystis* peut ainsi être envisagée grâce à ces Visites Sanitaires Obligatoires. Les conséquences économiques des saisies pour sarcosporidiose, pour autant qu'elles soient bien dues pour la majorité d'entre elles à l'infection des bovins par *Sarcocystis*, seront alors nécessairement minimisées à leur tour. Néanmoins, il est probable que ces diminutions ne s'observent qu'à moyen/long terme ; cela ne répond donc pas aux attentes immédiates de Bovi-Loire de réduire les coûts engendrés par ces saisies.

Dans cette optique, il pourrait être envisagé de redéfinir les modalités d'indemnisation suite à une saisie pour sarcosporidiose. Il pourrait ainsi être décidé de n'indemniser que les lésions de sarcosporidiose au sens strict ; cependant Bovi-Loire semble admettre le rôle des *Sarcocystis* dans les lésions de myosite éosinophilique. De plus, la myosite éosinophilique est une lésion sporadique et non prévisible et il semble ainsi justifié d'indemniser les éleveurs

---

<sup>3</sup> Délimitation de l'élevage avec mise en place de mesures de protection limitant la circulation d'autre personnes dans l'exploitation, pâturages inclus ; animaux domestiques de l'élevage autres que les bovins tenus à l'écart des bâtiments et matériels d'élevage ; limitation de la circulation des chiens et chats dans le voisinage, mesures de protection vis-à-vis de la faune sauvage et des animaux errants ; mesures de protection de l'aliment, ainsi que du matériel utilisé pour sa distribution, et des sources d'abreuvement des bovins ; etc.

lors de telles saisies. En fait, il semblerait plus logique de modifier l'intitulé de l'indemnisation pour le faire correspondre aux lésions de myosite éosinophilique, et de motiver les vétérinaires inspecteurs à utiliser les motifs de saisie officiels, afin d'avoir une meilleure adéquation entre la saisie, son indemnisation et la motivation de celle-ci.

Il pourrait aussi être envisagé de n'indemniser que les éleveurs appliquant les règles de biosécurité édictées par les guides de bonnes pratiques sanitaires, permettant de rompre les cycles épidémiologiques des *Sarcocystis* dans les élevages. Cela semble assez difficile à mettre en place étant donné que ces indemnisations ciblées nécessiteraient la mise en place de contrôles en fermes, ce qui ne correspond ni à la vocation ni la volonté de Bovi-Loire.

Il ne semble donc pas possible de minimiser l'importance numérique des indemnités versées pour sarcosporidiose à court terme ; la gestion du F.A.R. pourrait ainsi être modifiée afin de limiter l'impact économique des saisies pour sarcosporidiose : en augmentant le montant de la cotisation par bovin et /ou en plafonnant les indemnités versées lors de telles saisies (ces indemnités couvrent à ce jour 80% des pertes). Ces valeurs seraient à déterminer en fonction de la diminution souhaitée des coûts associés à ces saisies afin que ceux-ci soient jugés acceptables, du nombre de bovins sujets à cotisation, et de la prévalence de ces saisies chez ces bovins (évaluée dans cette étude à 0,304‰ en moyenne sur deux ans).

## CONCLUSION

---

L'importance économique de la sarcosporidiose bovine est loin d'être négligeable en région Pays de la Loire. Elle s'explique par la nature des saisies et la valeur des carcasses concernées, plus que par le nombre de bovins saisis pour sarcosporidiose qui reste globalement assez faible (moins d'un bovin sur trois mille abattus) ; en effet la majorité des saisies sont totales et concernent des bovins de races allaitantes aux carcasses bien classées. Les élevages de bovins de race Blonde d'Aquitaine sont de loin les plus touchés par ces saisies, que ce soit numériquement ou économiquement.

Le risque de ces saisies est variable selon l'âge, le sexe, la catégorie et la race des bovins. Il est très faible chez les jeunes bovins, probablement du fait de leur abattage précoce. Au contraire, les femelles semblent être prédisposées à développer des lésions de sarcosporidiose, suite à leur infection par *Sarcocystis*. De même, les races Blonde d'Aquitaine et dans une moindre mesure Limousine semblent être prédisposées à développer ces lésions, à l'inverse de la race Charolaise chez laquelle celles-ci sont exceptionnelles.

En revanche, cette étude n'a pas permis de déterminer des pratiques d'élevage à risque vis-à-vis des saisies pour sarcosporidiose. Il est néanmoins apparu que les élevages ayant eu au moins un bovin saisi pour sarcosporidiose étaient en grande majorité exposés à des pratiques favorisant le maintien des cycles évolutifs des différents *Sarcocystis* infectant les bovins ; cela révèle une application insuffisante des règles générales de biosécurité malgré la sensibilisation des éleveurs aux bonnes pratiques sanitaires d'élevages, notamment par le biais de la Visite Sanitaire Obligatoire.

Cette étude a été motivée par la volonté de Bovi-Loire de diminuer les conséquences économiques des saisies pour sarcosporidiose, qui pèsent lourdement sur les caisses du Fond d'Assainissement Régional. L'interprofession souhaitait ainsi avant tout avoir une meilleure connaissance de la sarcosporidiose, tant sur le plan du risque d'infection que sur le plan du risque de développer des lésions à l'origine de saisies à l'abattoir. Dans cette optique, les résultats de l'étude sont satisfaisants puisqu'ils ont permis de quantifier les saisies pour sarcosporidiose et leurs conséquences économiques, de définir les bovins les plus à risque, et de mesurer l'exposition des élevages concernés par ces saisies à des situations favorisant l'infection de leurs bovins par *Sarcocystis*. Les facteurs de prédisposition mis en évidence suggèrent de plus un possible rôle génétique et/ou hormonal dans le développement des lésions de sarcosporidiose. Ces axes d'étude pourraient ainsi être envisagés dans une étude ultérieure visant à mieux connaître la pathogénie du développement de telles lésions.

En revanche, Bovi-Loire aurait souhaité que les résultats de l'étude permettent d'orienter la prophylaxie sanitaire de la sarcosporidiose bovine, ce qui n'est pas le cas. Dans cette optique, d'autres études visant à mieux définir les pratiques significativement plus à risque vis-à-vis de ces saisies pourraient éventuellement être envisagées, notamment dans les élevages de bovins de race Blonde d'Aquitaine puisqu'il a ici été mis en évidence qu'ils étaient les plus lourdement touchés, numériquement et économiquement, par ces saisies. En parallèle, l'étude du rôle épidémiologique de chacune des trois espèces de *Sarcocystis* infectant les bovins pourrait éventuellement permettre d'orienter la prophylaxie sanitaire de la sarcosporidiose sur une contamination des bovins d'origine plutôt animale ou plutôt humaine, et donc de mieux cibler les axes prioritaires de lutte contre le parasite.

Néanmoins, étant donné que les saisies pour sarcosporidiose restent assez rares en regard du taux d'infection des bovins par *Sarcocystis* extrêmement élevé, l'intérêt économique d'une telle étude est peut être discutable. D'autant plus qu'il n'existe à ce jour aucun moyen de prophylaxie médicale, ni traitement contre la sarcosporidiose bovine et les lésions associées. Quant aux mesures de prophylaxie sanitaire, elles impliqueront nécessairement une meilleure application des mesures édictées par les guides de bonnes pratiques sanitaires d'élevage ; la sensibilisation des éleveurs à l'importance de l'application de ces règles de bio-sécurité semble donc être prioritaire à toute autre étude. Le contexte réglementaire instauré par l'entrée en vigueur du Paquet Hygiène va dans ce sens ; il a notamment conduit à la mise en place de la Visite Sanitaire Obligatoire dans les élevages bovins français depuis 2005, ce qui devrait permettre de diminuer à moyen-long terme la prévalence de l'infection des bovins par *Sarcocystis*.

A plus court terme, la gestion du Fond d'Assainissement Régional pourrait être modifiée en augmentant le montant de la cotisation par bovin et/ou en plafonnant celui de l'indemnisation lors de saisie pour sarcosporidiose.



## BIBLIOGRAPHIE

---

- BAKKE P., GULSVIK A., LILLENG P., OVERÅ O., HANOA R., EIDE G.E., 1990.** Postal survey on airborne occupational exposure and respiratory disorders in Norway: causes and consequences of non-response. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 44(4), 316-320.
- BERGLER K.G., ERBER M., BOCH J., 1980.** Untersuchungen zur Überlebensfähigkeit von Sporozysten bzw. Oozysten von *Sarcocystis*, *Toxoplasma*, *Hammondia* und *Eimeria* unter Labor- und Freilandbedingungen [Investigations on the survival of sporocysts and oocysts of different coccidia (*Sarcocystis*, *Toxoplasma*, *Hammondia*, *Eimeria*) under artificial and natural climatic conditions]. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, 93(15), 288-293.
- BORDJOCHKI A., CONITCH V., SAVIN Z., KATITCH S., KHANFAR H.M., 1979.** Les propriétés toxiques et immunigènes de la sarcocystine et sa sensibilité à des températures différentes. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, 52(3), 423-427.
- BÖTTNER A., CHARLESTON W.A., POMROY W.E., ROMMEL M., 1987.** The prevalence and identity of *Sarcocystis* in beef cattle in New Zealand. *Veterinary Parasitology*, 24(3-4), 157-168.
- BRØGGER J., BAKKE P., EIDE G.E., GULSVIK A., 2003.** Contribution of follow-up of non-responders to prevalence and risk estimates: a Norwegian respiratory health survey. *American Journal of Epidemiology*, 157(6), 558-566.
- BRIGGS M., FOREYT W., 1985.** Sarcocystosis in cattle. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian*, 7(7), S396-S400.
- CARVALHO S.P., 1993.** Prevalência e identidade de quistos de *Sarcocystis* spp. de bovinos abatidos em Lisboa. [Prevalence and identity of *Sarcocystis* spp. cysts in cattle slaughtered at Lisbon]. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 88(505), 36-41.
- COLLINS G.H., CHARLESTON W.A., WIENS B.G., 1980.** Studies on *Sarcocystis* species. VI : a comparison of three methods for the detection of *Sarcocystis* species in muscle. *New Zealand Veterinary Journal*, 28(9), 173.
- CORNER A.H., MITCHELL D., MEADS E.B., TAYLOR P.A., 1963.** Dalmeny Disease. An infection of cattle presumed to be caused by an unidentified protozoon. *The Canadian Veterinary Journal. La Revue Vétérinaire Canadienne*, 4(10), 252-264.
- DELUOL A.M., MECHALI D., CENAC J., SAVEL J., COULAUD J.P., 1980.** Incidence et aspects cliniques des coccidioses intestinales dans une consultation de médecine tropicale. *Bulletin De La Société De Pathologie Exotique Et De Ses Filiales*, 73(3), 259-265.
- DUBEY J.P., LINDSAY D.S., 2006.** Neosporosis, toxoplasmosis, and sarcocystosis in ruminants. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 22(3), 645-671.
- DUBEY J.P., SPEER C.A., CHARLESTON W.A., 1989a.** Ultrastructural differentiation between sarcocysts of *Sarcocystis hirsuta* and *Sarcocystis hominis*. *Veterinary Parasitology*, 34(1-2), 153-157.
- DUBEY J.P., SPEER C.A., EPLING G.P., 1982.** Sarcocystosis in newborn calves fed *Sarcocystis cruzi* sporocysts from coyotes. *American Journal of Veterinary Research*, 43(12), 2147-2164.
- DUBEY J.P., SPEER C.A., FAYER R., 1989b.** *Sarcocystosis of Animals and Man*, CRC Press, Boca Raton, Floride, 205 p.

- ELY R.W., FOX J.C., 1989.** Elevated IgG antibody to *Sarcocystis cruzi* associated with eosinophilic myositis in cattle. *Journal Veterinary Diagnostic Investigation*, 1, 53-56.
- EUZÉBY J., 1987.** Coccidioses (sensu lato), **In**: Protozoologie médicale comparée, volume II, livre 1, Fondation Marcel Mérieux, Lyon, 333-358.
- EUZÉBY J., 1997.** Les parasites des viandes: épidémiologie, physiopathologie, incidences zoonosiques. Editions Tec et Doc, Paris, 20-45.
- FAYER R., DUBEY J.P., 1984.** Protective immunity against clinical sarcocystosis in cattle. *Veterinary Parasitology*, 15(3-4), 187-201.
- FAYER R., DUBEY J.P., 1986.** Bovine sarcocystosis. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian*, 8(12), F130-F142.
- FRADIN N. 2003.** Evaluation de la fréquence et de la répartition des motifs de saisie en abattoir de ruminants et de porcs. Th. Med. Vet., Nantes, 155 p.
- FUKUYO M., BATTSETSEG G., BYAMBAA B., 2002.** Prevalence of *Sarcocystis* infection in meat-producing animals in Mongolia. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 33(3), 490-495.
- GAJADHAR A.A., MARQUARDT W.C., 1992.** Ultrastructural and transmission evidence of *Sarcocystis cruzi* associated with eosinophilic myositis in cattle. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 56(1), 41-46.
- GAJADHAR A.A., MARQUARDT W.C., BLAIR C.D., 1992.** Development of a model ribosomal RNA hybridization assay for the detection of *Sarcocystis* and other coccidia. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 56(3), 208-213.
- GAJADHAR A.A., YATES W.D., ALLEN J.R., 1987.** Association of eosinophilic myositis with an unusual species of *Sarcocystis* in a beef cow. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 51(3), 373-378.
- GASBARRE L.C., SUTER P., FAYER R., 1984.** Humoral and cellular immune response in cattle and sheep inoculated with *Sarcocystis*. *American Journal of Veterinary Research*, 45(8), 1592-1596.
- GAUERT B., JUNGSMANN R., HIEPE T., 1983.** Beziehungen zwischen Intestinalstörungen und parasitären Darminfektionen des Menschen unter besonderer Berücksichtigung von *Sarcocystis*-Befall [Relationship between intestinal disturbances and infections with intestinal parasites in man, with particular reference to *Sarcocystis* infections]. *Deutsche Gesundheitswesen*, 38(2), 62-66.
- GRANSTROM D.E., RIDLEY R.K., BAOAN Y., GERSHWIN L.J., 1990a.** Immunodominant proteins of *Sarcocystis cruzi* bradyzoites isolated from cattle affected or non-affected with eosinophilic myositis. *American Journal of Veterinary Research*, 51(7), 1151-1155.
- GRANSTROM D.E., RIDLEY R.K., BAOAN Y., GERSHWIN L.J., NESBITT P.M., WEMPE L.A., 1989.** Type-I hypersensitivity as a component of eosinophilic myositis (muscular sarcocystosis) in cattle. *American Journal of Veterinary Research*, 50(4), 571-574.
- GRANSTROM D.E., RIDLEY R.K., YAO B., GERSHWIN L.J., BRIGGS D.J., 1990b.** Immunofluorescent localization of *Sarcocystis cruzi* antigens, IgG and IgE, in lesions of eosinophilic myositis in cattle. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation : Official Publication of the American Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians, Inc*, 2(2), 147-149.

- GROUPE ECONOMIE DU BÉTAIL, 2005.** 2004 : l'année économique lait et viande bovine. Perspectives 2005. [En ligne]. Paris (Fr.) : Institut de l'élevage, 180 p., Dossier Economie de l'Élevage : Etude du GEB n°343. Disponible sur internet <<http://www.inst-elevage.asso.fr/html1/spip.php?article6399>> (consulté le 23 mai 2009).
- HEYDORN A.O., 1977.** Sarkosporidieninfiziertes Fleisch als mögliche Krankheitsursache für den Menschen, *Archiv für Lebensmittelhygiene*, [Sarcosporidia-infected meat as a possible source of human disease]. 28(1), 27-31.
- JAIN P.C., SHAH H.L., 1985.** Prevalence and seasonal variations of *Sarcocystis* of cattle in Madhya Pradesh. *Indian Journal of Animal Sciences*, 55(1), 29-31.
- JALALI M.R., KHADJEH G.H., RASEKH A.R., NEZHAD H.K., 2008.** Study the effects of oral and intraperitoneal inoculation of *Sarcocystis fusiformis* cysts extract on the function of coagulation system in rabbits. *Journal of Veterinary Research*, 63(1), Pe29-Pe32, En88.
- JENSEN R., ALEXANDER A.F., DAHLGREN R.R., JOLLEY W.R., MARQUARDT W.C., FLACK D.E., BENNETT B.W., COX M.F., HARRIS C.W., HOFFMANN G.A., TOUTMAN R.S., HOFF R.L., JONES R.L., COLLINS J.K., HAMAR D.W., CRAVANS R.L., 1986.** Eosinophilic myositis and muscular sarcocystosis in the carcasses of slaughtered cattle and lambs. *American Journal of Veterinary Research*, 47(3), 587-593.
- KIBENGE F.S., CAWTHORN R.J., DESPRES D., MCKENNA P.K., MARKHAM R.J., 1991.** Development of genomic probes to *Sarcocystis cruzi* (Apicomplexa). *Veterinary Parasitology*, 40(1-2), 9-20.
- KOTANIEMI J.T., HASSI J., KATAJA M., JÖNSSON E., LAITINEN L.A., SOVIJÄRVI A.R., ET LUNDBÄCK B., 2001.** Does non-responder bias have a significant effect on the results in a postal questionnaire study ? *European Journal of Epidemiology*, 17(9), 809-817.
- LATIF B.M., AL-DELEMI J.K., MOHAMMED B.S., AL-BAYATI S.M., AL-AMIRY A.M., 1999.** Prevalence of *Sarcocystis* spp. in meat-producing animals in Iraq. *Veterinary Parasitology*, 84(1-2), 85-90.
- LOPES C.W.G., DE SÁ W.F.D., BOTELHO G.G., 2005.** Lesões em vacas mestiças gestantes, infectadas experimentalmente com *Sarcocystis cruzi* (Hasselmann, 1923) Wenyon, 1926 (Apicomplexa: Sarcocystidae). [Lesions in cross-breed pregnant cows, experimentally infected with *Sarcocystis cruzi* (Hasselmann, 1923) Wenyon, 1926 (Apicomplexa: Sarcocystidae)]. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 14(2), 79-83.
- MARKUS M.B., 1979.** Technique for the separation of *Sarcocystis* from cardiac muscle. *Journal of Parasitology*, 65(5), 699.
- MARY N., 2005.** La sarcosporidiose bovine : rôle dans les lésions de myosite éosinophilique et espèces impliquées. Th. Med. Vet., Nantes, 85 p.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORÊT, 1992.** Arrêté du 17 mars 1992 relatif aux conditions auxquelles doivent satisfaire les abattoirs d'animaux de boucherie pour la production et la mise sur le marché de viandes fraîches et déterminant les conditions de l'inspection sanitaire de ces établissements. NOR : AGRG9200594A. [En ligne]. *Journal officiel de la République Française*, 76, 4378-4386. Disponible sur internet <<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000873843&fastPos=75&fastReqId=1255981705&categorieLien=id&oldAction=rechTexte>> (consulté le 15 mai 2009).
- MOHANTY B.N., MISRA S.C., PANDA D.N., PANDA M.R., 1995.** Prevalence of *Sarcocystis* infection in ruminants in Orissa. *Indian Veterinary Journal*, 72(10), 1026-1030.

- MORÉ G., BACIGALUPE D., BASSO W., RAMBEAUD M., BELTRAME F., RAMIREZ B., VENTURINI M.C., VENTURINI L., 2009.** Frequency of horizontal and vertical transmission for *Sarcocystis cruzi* and *Neospora caninum* in dairy cattle. *Veterinary Parasitology*, 160(1-2), 51-54.
- MORK T., 1970.** Some problems related to the use of mail questionnaires. *Journal of Chronic Diseases*, 23(5), 399-404.
- NDIRITU W., CAWTHORN R.J., KIBENGE F.S., MARKHAM R.J., HORNEY B.S., CHAN C.B., 1996.** Use of genomic DNA probes for the diagnosis of acute sarcocystosis in experimentally infected cattle. *Veterinary Parasitology*, 62(1-2), 9-25.
- ONO M., OHSUMI T., 1999.** Prevalence of *Sarcocystis* spp. cysts in Japanese and imported beef (Loin: *Musculus longissimus*). *Parasitology International*, 48(1), 91-94.
- O'TOOLE B.I., BATTISTUTTA D., LONG A., CROUCH K., 1986.** A comparison of costs and data quality of three health survey methods: mail, telephone and personal home interview. *American Journal of Epidemiology*, 124(2), 317-328.
- PARLEMENT EUROPÉEN ET CONSEIL, 2004.** Règlement (CE) n° 854/2004 du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant les règles spécifiques d'organisation des contrôles officiels concernant les produits d'origine animale destinés à la consommation humaine. [En ligne]. *Journal Officiel de l'Union Européenne*, L226, 83-127. Disponible sur internet < <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:139:0206:0319:FR:PDF> > (consulté le 15 mai 2009).
- PAZHANIVEL N., HEMALATHA S., PARIMAL R., PURUSHOTHAMAN V., MANOHAR B.M., 2006.** Prevalence of *Sarcocystis* infection in ruminants in Tamilnadu. *Tamilnadu Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 2(2), 71-72.
- PENA H.F., OGASSAWARA S., SINHORINI I.L., 2001.** Occurrence of cattle *Sarcocystis* species in raw kibbe from Arabian food establishments in the city of São Paulo, Brazil, and experimental transmission to humans. *The Journal of Parasitology*, 87(6), 1459-1465.
- REITEN A.C., JENSEN R., GRINER L.A., 1966.** Eosinophilic myositis (sarcosporidiosis ; sarco) in beef cattle. *American Journal of Veterinary Research*, 27(119), 903-906.
- RÖNMARK E., LUNDQVIST A., LUNDBÄCK B., NYSTRÖM L., 1999.** Non-responders to a postal questionnaire on respiratory symptoms and diseases. *European Journal of Epidemiology*, 15(3), 293-299.
- RUAS J.L., CUNHA C.W., SILVA S.S., 2001.** Prevalência de *Sarcocystis* spp. (Lankester, 1882) em bovinos clinicamente sadios, da Região Sul do Rio Grande do Sul, Brasil [Prevalence of *Sarcocystis* spp. (Lankester, 1882) in clinically healthy cattle from the southern region of Rio Grande Sul.] *Revista Brasileira de Agrociência*, 7(3), 227-230.
- RUMEAU-ROUQUETTE C., BLINDEL B., KAMINSKI M., BREART G., 1993.** *Epidémiologie : méthodes et pratique*. Editions Flammarion, Paris, 328 p.
- SANTANA V.L.D.A., ALVES L.C., SOUTO-MAIOR M.P., FAUSTINO M.A.D.G., LIMA M.M.D., 2003.** Ocorrência de *Sarcocystis* (Lankester, 1882) na musculatura cardíaca de bovinos comercializados em feiras livres do município de São Lourenço da Mata - Pernambuco - Brasil [Occurrence of *Sarcocystis* (Lankester, 1882) in bovine heart muscle from city of São Lourenço da Mata - Pernambuco - Brasil]. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 10(1), 39-41.
- SAVINI G., DUNSMORE J.D., ROBERTSON I.D., 1996.** Studies on pathogenesis, tissue infection and congenital transmission in cows experimentally infected with *Sarcocystis cruzi* by various routes. *Veterinary Parasitology*, 64(4), 319-327.

- SAVINI G., ROBERTSON I.D., DUNSMORE J.D., 1994.** Risk factors associated with the occurrence of sarcocystosis in Western Australia: results of a postal survey. *Preventive Veterinary Medicine*, 19(2), 137-144.
- SAVINI G., ROBERTSON I.D., DUNSMORE J.D., 1997a.** Class-specific antibody responses in cattle following experimental challenge with sporocysts or merozoites of *Sarcocystis cruzi*. *Veterinary Parasitology*, 72(2), 121-127.
- SAVINI G., ROBERTSON I.D., DUNSMORE J.D., 1997b.** Excystation rates and infectivity of sporocysts of *Sarcocystis cruzi* exposed to different treatments and storages, *Veterinary Parasitology*, 7(1-2), 17-25.
- SIEMIATYCKI J. ET CAMPBELL S., 1984.** Nonresponse bias and early versus all responders in mail and telephone surveys. *American Journal of Epidemiology*, 120(2), 291-301.
- VANGEEL L., HOUF K., CHIERS K., VERCRUYSSSE J., D'HERDE K., DUCATELLE R., 2007.** Molecular-based identification of *Sarcocystis hominis* in Belgian minced beef, *Journal of Food Protection*, 70(6), 1523-1526.
- VERCRUYSSSE J., FRANSEN J., VAN GOUBERGEN M., 1989.** The prevalence and identity of *Sarcocystis* cysts in cattle in Belgium. *Journal of Veterinary Medicine. Series B*, 36(2), 148-153.
- WOUDA W., SNOEP J.J., DUBEY J.P., 2006.** Eosinophilic myositis due to *Sarcocystis hominis* in a beef cow. *Journal of Comparative Pathology*, 135(4), 249-253.
- YANG Z.Q., LI Q.Q., ZUO Y.X., CHEN X.W., CHEN Y.J., NIE L., WEI C.G., ZEN J.S., ATTWOOD S.W., ZHANG X.Z., ZHANG Y.P., 2002.** Characterization of *Sarcocystis* species in domestic animals using a PCR-RFLP analysis of variation in the 18S rRNA gene: a cost-effective and simple technique for routine species identification. *Experimental Parasitology*, 102(3-4), 212-217.
- YANG, Z.Q., ZUO Y.X., YAO Y.G., CHEN X.W., YANG G.C., ZHANG Y.P., 2001.** Analysis of the 18S rRNA genes of *Sarcocystis* species suggests that the morphologically similar organisms from cattle and water buffalo should be considered the same species. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 115(2), 283-288.



## ANNEXES







## ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE



**Données générales sur l'élevage**

Nom (exploitant ou société) .....

Adresse : ..... Commune : .....

N° de téléphone : ..... N° de Fax : ..... Mail : .....

N° d'élevage : .....

**1) Avez-vous déjà eu des animaux saisis pour sarcosporidiose ?** O/N\*

Si non, passez directement à la question 2)

Si oui, combien d'animaux ont été saisis ?

Précisez pour chacun d'eux (cf. tableau ci-dessous) :

- i. Leur numéro d'identification, leur race et leur âge à l'abattage
- ii. La date de saisie,
- iii. S'ils sont nés dans l'élevage O/N\*

Si non : A quel âge ont-ils été achetés ?  
Combien de temps ont-ils séjourné dans votre élevage ?

N° d'identification	Race	Age	Date d'abattage	Né dans l'élevage (O/N)	Age à l'achat	Temps de séjour?

Existe-t-il une **relation génétique** entre certains de ces animaux? O/N\*

Si oui : laquelle et entre quels animaux ?

**2) Combien avez-vous de bovins : Adultes ?** **De moins de 6 mois ?**  
Combien avez-vous d'ovins/caprins ?

\*Rayer la mention inutile

**3) Mode d'élevage (cochez la case correspondante) :**

- Uniquement stabulation  Herbage et Stabulation  
 Uniquement herbage

Si stabulation:  Libre  Entravée

**4) Type d'alimentation (cochez la ou les case(s) correspondante(s)) :**

- Fourrage  Ensilage de maïs  
 Herbage  Ensilage d'herbe  
 Concentrés

**5) Type de production (cochez la case correspondante) :**

- Uniquement lait  Mixte dominante viande  
 Uniquement viande  Mixte sans prédominance  
 Mixte dominante lait

**Précisez la(les) race(s) dominante(s) ?**

**6) Mode d'abreuvement (cochez la ou les case(s) correspondante(s))**

- Eau du réseau  Eau d'une mare  
 Eau d'un puits  Eau d'un ruisseau

**7) Contamination animale**

- a.** Avez-vous un ou des **chiens** ? O/N\*  
Si oui, sont-ils ?  en liberté  en chenil  
Avez-vous un ou des **chat(s)** ? O/N\*
- b.** Ces animaux consomment-ils de la viande bovine ? O/N\*  
Si oui, la faites-vous cuire avant ? O/N\*
- c.** Avez-vous des animaux sauvages à proximité ? O/N\*  
Dont des renards ? O/N\*
- d.** Ces animaux, domestiques ou sauvages, peuvent-ils avoir accès et souiller :  
Les aliments des bovins ? O/N\*  
Les sources d'abreuvement des bovins ? O/N\*

**8) Contamination humaine**

- a.** Avez-vous des WC ? O/N\*
- b.** Sont-ils raccordés à une fosse septique ? O/N\*
- c.** Effectuez-vous des épandages de matières fécales d'origine humaine sur vos parcelles ? O/N\*
- d.** Existe-t-il un ruissellement d'eau connu pour contenir des matières fécales humaines sur vos parcelles (proximité d'un camping, maisons proches avec des WC non reliés à une fosse septique...)? O/N\*
- e.** Avez-vous des cours d'eau en bordure des pâturages ? O/N\*  
Des personnes accèdent-elles à vos parcelles (pêcheurs, chasseurs,...) ? O/N\*

\*Rayer la mention inutile

9) Avez-vous administré un traitement antiparasitaire à vos bovins cette année ? O/N\*

Si oui :

- a. Contre quel parasite êtes-vous intervenu ?
- b. A quelle époque ?
- c. Produit utilisé :
- d. Voie d'administration (cochez la ou les case(s) correspondante(s)) :  
 Sous-cutanée       Microdose       Pour On
- e. Votre intervention s'est opérée : cochez la ou les case(s) correspondante(s)  
 En prophylaxie       A l'achat
- f. L'un des traitements a-t-il été suivi d'une réaction (fièvre, inappétence...) dans les jours suivants ? O/N\*

10) Réalisez-vous une dératisation régulière ? O/N\*

Si oui, combien de fois par an ?

Si non, à quand remonte la dernière dératisation ?

11) Avez-vous noté des évènements anormaux, non expliqués dans votre élevage ?  
(cochez la ou les case(s) correspondante(s)) :

- Amaigrissement
- Avortements
- Chute de poils, en particulier à la base de la queue
- Raideur des membres

12) Autres éléments qu'il vous semble intéressant de nous préciser :

Ce questionnaire est à retourner à BOVI-LOIRE  
12, avenue Joxé - BP 70323 - 49103 Angers Cedex 02

**Avant le 25 mai 2009**

**Il est conduit à titre confidentiel dans le cadre d'une étude avec le concours de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes. La réponse à ces questions constitue un apport de connaissance fondamentale pour expliquer les raisons des saisies des carcasses en abattoir pour le motif de la sarcosporidiose.**

\*Rayer la mention inutile



## ANNEXE 2 : RESULTATS DES QUESTIONNAIRES

Le tableau XVIII présente l'ensemble des données recueillies, par le biais du questionnaire utilisé dans l'étude (cf. annexe 1), sur les 64 élevages ligériens détenteurs depuis la naissance d'au moins un bovin saisi pour sarcosporidiose et ayant participé à l'enquête.

**Tableau XVIII : Réponses au questionnaire des 64 élevages détenteurs depuis la naissance d'au moins un bovin saisi pour sarcosporidiose ayant participé à l'enquête.**

Axe d'étude	Variable	Modalité	Nombre de bovins (% en colonnes) [% en lignes]		
			Population S (n=64)	Population U (n=55)	Population M (n=9)
Taille de l'élevage (nombre de bovins)		Petit (≤50)	3 (5)	3 (5) [100]	0 (0) [0]
		Moyen (51-100)	16 (25)	16 (29) [100]	0 (0) [0]
		Grand (101-200)	24 (38)	20 (36) [83]	4 (44) [17]
		Très grand (>200)	18 (28)	13 (24) [72]	5 (56) [28]
		Non renseigné	3 (5)	3 (5) [100]	0 (0) [0]
Production	Type de production	Lait	26 (41)	25 (45) [96]	1 (11) [4]
		Mixte	14 (22)	13 (24) [93]	1 (11) [7]
		Viande	23 (36)	17 (31) [74]	6 (67) [26]
		Non renseigné	1 (1)	0 (0) [0]	1 (11) [100]
	Présence de petits ruminants	Oui	3 (5)	2 (44) [67]	1 (11) [33]
		Non	58 (90)	50 (91) [86]	8 (89) [14]
		Non renseigné	3 (5)	3 (5) [100]	0 (0) [0]
Logement	Stabulation	Oui	63 (98)	54 (98) [86]	9 (100) [14]
		Non	1 (2)	1 (2) [100]	0 (0) [0]
	Pâturage	Oui	51 (80)	43 (78) [84]	8 (89) [16]
		Non	13 (20)	12 (22) [92]	1 (11) [8]
Alimentation	Fourrage	Oui	38 (59)	33 (60) [87]	5 (56) [13]
		Non	26 (41)	22 (40) [85]	4 (44) [15]
	Herbage	Oui	49 (77)	41 (75) [84]	8 (89) [16]
		Non	15 (23)	14 (25) [93]	1 (11) [7]

	<b>Concentré</b>	Oui	<b>56 (88)</b>	<b>49 (89) [88]</b>	<b>7 (78) [12]</b>		
		Non	<b>8 (13)</b>	<b>6 (11) [75]</b>	<b>2 (22) [25]</b>		
	<b>Ensilage de maïs</b>	Oui	<b>60 (94)</b>	<b>53 (96) [88]</b>	<b>7 (78) [12]</b>		
		Non	<b>4 (6)</b>	<b>2 (4) [50]</b>	<b>2 (22) [50]</b>		
	<b>Ensilage d'herbe</b>	Oui	<b>41 (64)</b>	<b>35 (64) [85]</b>	<b>6 (67) [15]</b>		
		Non	<b>23 (36)</b>	<b>30 (36) [87]</b>	<b>3 (33) [13]</b>		
<b>Abreuvement</b>	<b>Eau du réseau</b>	Oui	<b>25 (39)</b>	<b>21 (38) [84]</b>	<b>4 (44) [16]</b>		
		Non	<b>39 (61)</b>	<b>34 (62) [87]</b>	<b>5 (56) [13]</b>		
	<b>Mare</b>	Oui	<b>9 (14)</b>	<b>9 (16) [100]</b>	<b>0 (0) [0]</b>		
		Non	<b>55 (86)</b>	<b>46 (84) [84]</b>	<b>9 (100) [16]</b>		
	<b>Puits</b>	Oui	<b>44 (69)</b>	<b>38 (69) [86]</b>	<b>6 (67) [14]</b>		
		Non	<b>20 (31)</b>	<b>17 (31) [85]</b>	<b>3 (33) [15]</b>		
	<b>Ruisseau</b>	Oui	<b>10 (16)</b>	<b>9 (16) [90]</b>	<b>1 (11) [10]</b>		
		Non	<b>54 (84)</b>	<b>46 (84) [85]</b>	<b>8 (89) [15]</b>		
<b>Risque d'infection des bovins par <i>S. cruzi</i> et <i>S. hirsuta</i></b>	<b>Présence d'un carnivore domestique</b>	Oui	<b>51 (80)</b>	<b>45 (82) [88]</b>	<b>6 (67) [12]</b>		
		Oui	Dont libre	<b>39 (76)</b>	<b>34 (76) [87]</b>	<b>5 (83) [13]</b>	
			Dont attaché	<b>9 (18)</b>	<b>8 (18) [89]</b>	<b>1 (17) [11]</b>	
			<i>Dont Chien</i>	<b>44 (86)</b>	<b>41 (91) [93]</b>	<b>3 (50) [7]</b>	
			Chien	Libre	<b>26 (59)</b>	<b>24 (58) [92]</b>	<b>2 (67) [8]</b>
				Attaché	<b>14 (32)</b>	<b>13 (32) [93]</b>	<b>1 (33) [7]</b>
				Non renseigné	<b>4 (9)</b>	<b>4 (10) [100]</b>	<b>0 (0) [0]</b>
			<i>Dont Chat</i>	<b>29 (57)</b>	<b>25 (56) [86]</b>	<b>4 (67) [14]</b>	
		<i>Dont nourris avec de la viande bovine</i>	<b>6 (12)</b>	<b>4 (9) [67]</b>	<b>2 (33) [33]</b>		
		Non	<b>9 (14)</b>	<b>6 (11) [67]</b>	<b>3 (33) [33]</b>		
	Non renseigné	<b>4 (6)</b>	<b>4 (7) [100]</b>	<b>0 (0) [0]</b>			
	<b>Observation de faune sauvage dans l'élevage</b>	Oui	<b>54 (84)</b>	<b>46 (84) [85]</b>	<b>8 (89) [15]</b>		
		Dont renards	<b>51 (94)</b>	<b>43 (94) [84]</b>	<b>8 (100) [16]</b>		
		Non	<b>6 (10)</b>	<b>5 (9) [83]</b>	<b>1 (11) [17]</b>		
Non renseigné		<b>4 (6)</b>	<b>4 (7) [100]</b>	<b>0 (0) [0]</b>			

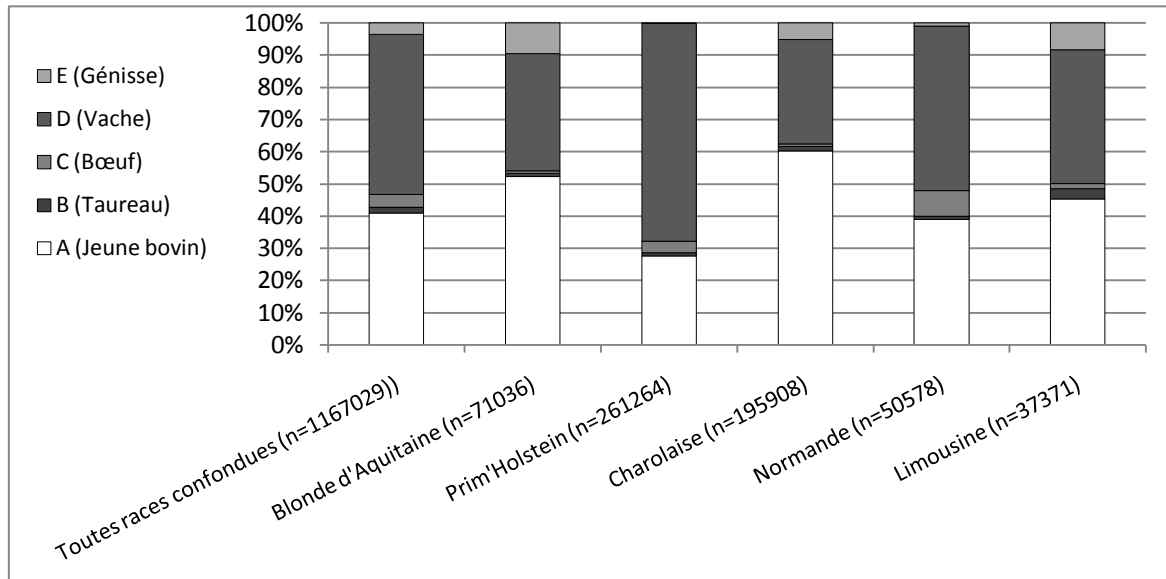
<b>Risque d'infection des bovins par <i>S. hominis</i></b>	<b>Présence d'hôtes définitifs de <i>S. cruzi</i> ou <i>S. hirsuta</i> en liberté dans l'élevage</b>	Oui	<b>55 (86)</b>	<b>47 (85) [86]</b>	<b>8 (89) [15]</b>	
		Oui	Accès aux aliments	<b>28 (51)</b>	<b>24 (51) [86]</b>	<b>4 (50) [14]</b>
			Accès à l'eau	<b>21 (38)</b>	<b>16 (34) [76]</b>	<b>5 (63) [24]</b>
			Accès aux délivrances	<b>36 (66)</b>	<b>32 (68) [89]</b>	<b>4 (50) [11]</b>
		Non	<b>6 (9)</b>	<b>5 (9) [83]</b>	<b>1 (11) [17]</b>	
		Non renseigné	<b>3 (5)</b>	<b>3 (5) [100]</b>	<b>0 (0) [0]</b>	
	<b>W.C.</b>	Oui	<b>60 (94)</b>	<b>52 (95) [87]</b>	<b>8 (89) [13]</b>	
		Oui	Avec fosse septique	<b>55 (92)</b>	<b>47 (90) [85]</b>	<b>8 (100) [15]</b>
			Sans fosse septique	<b>4 (6)</b>	<b>4 (8) [100]</b>	<b>0 (0) [0]</b>
			Non renseigné	<b>1 (2)</b>	<b>1 (2) [100]</b>	<b>0 (0) [0]</b>
		Non	<b>3 (5)</b>	<b>2 (4) [67]</b>	<b>1 (11) [33]</b>	
		Non renseigné	<b>1 (2)</b>	<b>1 (1) [100]</b>	<b>0 (0) [0]</b>	
		<b>Epandage / Ruissellement</b>	Oui	<b>5 (8)</b>	<b>5 (9) [100]</b>	<b>0 (0) [0]</b>
			Non	<b>54 (84)</b>	<b>46 (84) [85]</b>	<b>8 (89) [15]</b>
			Non renseigné	<b>5 (8)</b>	<b>4 (7) [80]</b>	<b>1 (11) [20]</b>
<b>Cours d'eau en bordure de pâture</b>		Oui	<b>45 (70)</b>	<b>37 (67) [82]</b>	<b>8 (89) [18]</b>	
		Non	<b>18 (28)</b>	<b>17 (31) [94]</b>	<b>1 (11) [6]</b>	
		Non renseigné	<b>1 (2)</b>	<b>1 (2) [0]</b>	<b>0 (0) [100]</b>	
<b>Personnes extérieures à l'élevage sur les pâtures</b>		Oui	<b>50 (78)</b>	<b>46 (84) [92]</b>	<b>4 (44) [8]</b>	
		Non	<b>13 (20)</b>	<b>8 (15) [62]</b>	<b>5 (56) [38]</b>	
	Non renseigné	<b>1 (2)</b>	<b>1 (1) [100]</b>	<b>0 (0) [0]</b>		





## ANNEXE 3 : CATEGORIE, SEXE ET CLASSE D'AGE DES BOVINS ABATTUS EN REGION PAYS DE LA LOIRE EN 2007-2008 EN FONCTION DE LEUR RACE

Soit *Référence* la population constituée de l'ensemble des bovins abattus en région Pays de la Loire, de janvier 2007 à décembre 2008, saisis ou non pour sarcosporidiose (n = 1 167 029). Les parts relatives des différentes catégories, et donc des différents sexes et classes d'âge parmi les bovins de cette population *Référence*, n'étaient pas identiques entre les différentes races (cf. figure 42).



**Figure 42 : parts relatives des différentes catégories en fonction de la race parmi les bovins abattus en 2007-2008 en région Pays de la Loire**

➤ La race Blonde d'Aquitaine (Population BA, n = 71 036)

Comparativement à la *population Référence*, la *population BA* était constituée (cf. figure 42) :

- ✓ de moins de vaches et de plus de jeunes bovins ;
- ✓ de plus de mâles ;
- ✓ de plus de jeunes.

➤ La race Prim'Holstein (Population PH, n = 261 264)

Comparativement à la *population Référence*, la *population PH* était constituée (cf. figure 42) :

- ✓ de plus de vaches, et de moins de jeunes bovins et de génisses ;
- ✓ de plus de femelles ;
- ✓ de plus d'adultes âgés.

➤ La race Charolaise (Population C, n = 195 908)

Comparativement à la *population Référence*, la *population C* était constituée (cf. figure 42) :

- ✓ de moins de vaches et de plus de jeunes bovins ;
- ✓ de plus de mâles ;
- ✓ de plus de jeune.

➤ La race Normande (Population N, n = 50 578)

La composition de la *population N* était assez homogène avec celle de la *population Référence*. Néanmoins, par comparaison à cette dernière, les observations suivantes ont été faites sur la *population N* (cf. figure 42) :

- ✓ la part des femelles, en particulier des génisses, y était légèrement plus faible ;
- ✓ les jeunes adultes y étaient légèrement sur-représentés du fait de la proportion légèrement plus importante des bœufs.

➤ La race Limousine (Population L, n = 37 371)

La composition de la *population L* était assez homogène avec celle de la *population Référence*. Néanmoins, par comparaison à cette dernière, les observations suivantes ont été faites sur la *population L* (cf. figure 42) :

- ✓ la part des femelles y était un peu plus faible, et les vaches étaient légèrement sous-représentées au profit des génisses ;
- ✓ les adultes âgés y étaient légèrement sous-représentés.

# **RISK FACTORS FOR CATTLE CONDEMNATION IN SLAUGHTER HOUSE BECAUSE OF SARCOCYSTOSIS: STUDY IN PAYS DE LA LOIRE REGION**

## **ABSTRACT**

From January 2003 to December 2008, 654 cattle carcasses were condemned because of sarcocystosis in one of the 13 Pays de la Loire region slaughter houses, condemnations which were compensated from the Fond d'Assainissement Régional (F.A.R.). The prevalence of those condemnations in this region was thus estimated at 0,304%, for an average annual compensation of €89000. The analysis of the 102 responses received to a questionnaire mailed to 418 farms contributing to the F.A.R. revealed that main of the condemned cattle came from farms presenting breeding practices in favor of maintaining the epidemiological cycles of the *Sarcocystis* that can infect them; however, due to the lack of control population, it was not possible to define these practices as risk factors for condemnations because of sarcocystosis. In parallel, the analysis through logistic regressions of the data concerning the 654 condemned cattle suggested the existence of predisposition factors to these condemnations with on the one hand, a gender factor: females are thus about 5 times more likely than males to be condemned; and on the other hand, a race factor with an apparent resistance of Charolais, unlike Blonde d'Aquitaine and to a lesser extent Limousine, which are respectively 8 times and 3 times more likely to be condemned because of sarcocystosis than the latter.

## **OPERATIVE WORDS :**

Sarcocystosis, *Sarcocystis*, cattle, myositis, carcasses condemnations, slaughter house, risk factor, Pays de la Loire.

# **FACTEURS DE RISQUE DE SAISIE EN ABATTOIR POUR SARCOSPORIDIOSE CHEZ LES BOVINS : ETUDE EN REGION PAYS DE LA LOIRE**

## **RESUME**

De janvier 2003 à décembre 2008, 654 bovins ont donné lieu à une indemnisation à partir du Fond d'Assainissement Régional (F.A.R.) suite à leur saisie pour sarcosporidiose dans l'un des 13 abattoirs ligériens. La prévalence de ces saisies en région Pays de la Loire a ainsi été estimée à 0,304‰, pour un coût d'indemnisation annuel moyen de 89 000 €. L'analyse des 102 réponses obtenues à un questionnaire envoyé par courrier dans 418 élevages cotisant au F.A.R. a mis en évidence que la majorité des bovins saisis étaient issus d'élevages présentant des pratiques favorables au maintien des cycles évolutifs des *Sarcocystis* pouvant les infecter, sans pour autant définir ces pratiques comme facteurs de risque de saisie pour sarcosporidiose, en raison de l'absence de population témoin. En parallèle, le traitement des données relatives aux 654 bovins saisis par le biais de régressions logistiques, a suggéré l'existence de facteurs de prédisposition à ces saisies avec d'une part un facteur sexe : les femelles sont ainsi environ 5 fois plus à risque que les mâles ; et d'autre part un facteur race avec une apparente résistance de la race Charolaise, contrairement aux races Blonde d'Aquitaine et dans une moindre mesure Limousine, qui sont en comparaison, respectivement 8 fois et 3 fois plus à risque vis-à-vis de ces saisies.

## **MOTS CLES :**

Sarcosporidiose, *Sarcocystis*, Bovin, myosite, saisie des carcasses, abattoir, facteur de risque, Pays de la Loire.

## **JURY :**

Président : Monsieur Marjolet, Professeur à la Faculté de Médecine de Nantes

Rapporteur : Monsieur Cappelier, Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes

Assesseur : Madame Bareille, Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes

ADRESSE DE L'AUTEUR  
13 rue Pitre Chevalier App<sup>t</sup> 317  
44000 Nantes

IMPRIMERIE  
Imprimerie des élèves de l'ENVN  
Route de Gachet - BP 40706  
44307 Nantes cedex 3