



OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible

This is an author's version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/> 27296

To cite this version:

Ayard, Lisa . *Étude des connaissances, attitudes et pratiques des éleveurs de bovins en Polynésie Française sur la gestion de la babésiose et l'anaplasmose*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, 2020, 87 p.

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr

ETUDE DES CONNAISSANCES, ATTITUDES ET PRATIQUES DES ELEVEURS DE BOVINS EN POLYNESIE FRANÇAISE SUR LA GESTION DE LA BABESIOSE ET L'ANAPLASMOSE

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ÉTAT

*présentée et soutenue publiquement
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

Lisa AYARD

Née, le 04/09/1995 à Montpellier (34)

Directeur de thèse : M. Timothée VERGNE

JURY

PRESIDENT :
M. Alexis VALENTIN

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSEESSEURS :
M. Timothée VERGNE
Mme Emilie BOUHSIRA

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Directeur: Professeur Pierre SANS

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie –Thérapeutique*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*
- Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 1° CLASSE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des aliments*
- M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des aliments d'Origine animale*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie Vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootechne*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie Médicale Animale et Comparée*

PROFESSEURS 2° CLASSE

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
- M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales (ruminants)*

PROFESSEURS CERTIFIÉS DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

- Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*
- M. **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

MAÎTRES DE CONFÉRENCES (HORS CLASSE)

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*
Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie*

MAÎTRES DE CONFÉRENCES (CLASSE NORMALE)

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
Mme **DANIELS Hélène**, *Immunologie-Bactériologie-Pathologie infectieuse*
Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et Industrie des aliments*
Mme **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*
Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*
Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie – Analgésie*
Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des Equidés*
Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
M. **HERMIE Guillaume**, *Economie de la santé animale*
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*
Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*
M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire – Maladies animales réglementées*
Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

CHARGES D'ENSEIGNANTS CONTRACTUELS

- M. **BOLON Pierrick**, *Production et pathologie aviaire*
M. **LEYNAUD Vincent**, *Médecine interne*
Mme **ROBIN Marie-Claire**, *Ophthalmologie*
Mme **TOUSSAIN Marion**, *Pathologie des équidés*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- Mme **BLONDEL Margaux**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie-Imagerie médicale*
M. **COMBARROS-GARCIA Daniel**, *Dermatologie vétérinaire*
M. **GAIDE Nicolas**, *Histologie, Anatomie Pathologique*
M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
M. **LESUEUR Jérémy**, *Gestion de la santé des ruminants – Médecine collective de précision*
M. **TOUITOU Florian**, *Alimentation animale*

Remerciements

A Monsieur le Professeur Alexis VALENTIN

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse

Sincères remerciements

A Monsieur le Docteur Timothée VERGNE

Maître de Conférences à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Pour m'avoir encadrée et accompagnée dans l'élaboration de ce sujet malgré les difficultés liées à la situation actuelle

Très sincères remerciements

A Madame le Docteur Emilie BOUHSIRA

Maître de Conférences à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de participer à ce jury de thèse

Sincères remerciements

A Monsieur le Docteur Thomas HÛE

Vétérinaire parasitologue à l'Institut Agronomique Calédonien,

Pour son aide précieuse dans la mise en place de ce sujet, sa disponibilité et son soutien

Très sincères remerciements

A Madame et Monsieur les Docteurs Valérie ANTRAS et Christophe GIRAUD

Vétérinaires à la Direction de l'agriculture de Polynésie française,

Pour leur aide indispensable dans la réalisation de l'étude auprès des éleveurs de Polynésie française

Très sincères remerciements

A Bruno de la SCEA Polycultures et André de l'élevage du SDR

Pour leur accueil chaleureux au sein de leur élevage et le temps qu'ils m'ont accordé durant nos échanges,

Très sincères remerciements

A tous les éleveurs de Polynésie française,

Pour avoir pris le temps de répondre au questionnaire et pour avoir montré beaucoup d'intérêt à ce sujet,

Sincères remerciements

Table des matières

Table des illustrations.....	7
Figures	7
Tableaux	7
Introduction.....	8
1. Contexte et problématique de l'étude.....	10
1.1. Milieu d'étude : Tahiti	10
1.1.1. Situation géographique	10
1.1.2. Climat.....	10
1.1.3. Elevage.....	11
1.2. Les tiques vectrices à Tahiti.....	14
1.2.1. Distribution et morphologie de <i>Rhipicephalus</i>	14
1.2.2. Rôle pathogène	16
1.3. Babésiose à <i>Babesia bovis</i> et <i>Babesia bigemina</i>	17
1.3.1. Les parasites	17
1.3.2. Epidémiologie de la babésiose	18
1.3.3. Clinique.....	20
1.4. L'anaplasmose à <i>Anaplasma marginale</i>	22
1.4.1. Le parasite	23
1.4.2. Epidémiologie.....	24
1.4.3. Clinique.....	27
2. Revue des mesures de lutte contre la babésiose et l'anaplasmose en région tropicale ou subtropicale.....	29
2.1. Objectif.....	29
2.2. Méthode.....	29
2.2.1. Stratégie de recherche	29
2.2.2. Critères d'exclusion	30
2.3. Résultats.....	30
2.3.1. Présentation des articles.....	30
2.3.2. Les mesures de lutte.....	33
2.4. Conclusion	48
3. Etude des attitudes et perceptions des éleveurs vis-à-vis de la lutte contre les hémoparasitoses bovines	49
3.1. Méthodologie.....	49
3.1.1. Rédaction du questionnaire	49
3.1.2. Diffusion du questionnaire.....	50
3.1.3. Méthode d'analyse des résultats	51

3.2.	Résultats	51
3.2.1.	Caractéristiques générales des élevages.....	51
3.2.2.	Analyse des correspondances multiples (ACM)	53
3.2.3.	Classification ascendante hiérarchique (CAH).....	54
3.2.4.	Compléments d'analyse	56
3.3.	Discussion	57
3.3.1.	Synthèse des résultats.....	57
3.3.2.	Validité des réponses obtenues	61
4.	Synthèse des recommandations	63
4.1.	Rappels sur la babésiose et l'anaplasmose	63
4.1.1.	Maintien des zones indemnes.....	63
4.1.1.1.	Etude de séroprévalence pour identifier les zones indemnes	63
4.1.1.2.	Mesures de quarantaine pour l'exportation de bovins vivants vers des zones indemnes	63
4.1.2.	Diminution des cas cliniques dans les zones non indemnes	64
4.1.2.1.	Hygiène.....	64
4.1.2.2.	Amélioration génétique et croisement avec des races rustiques	64
4.1.2.3.	Vaccination et acaricides chimiques	65
4.1.2.4.	Surveiller les nouvelles méthodes de lutte	65
	Conclusion	66
	Bibliographie	68
	Annexe.....	77
	Annexe 1 : Questionnaire rédigé sur Google form destiné aux éleveurs de Polynésie française.....	77
	Annexe 2 Fréquence des caractéristiques retrouvées dans les élevages de chaque groupe identifié par la classification ascendante hiérarchique	84
	Annexe 3 Fréquence des connaissances, attitudes et pratiques déclarés par les éleveurs inclus dans l'étude, pour chaque groupe identifié par la classification ascendante hiérarchique.....	86
	Annexe 4 Fréquence d'acceptation des mesures de lutte dans les élevages de chaque groupe identifié par la classification ascendante hiérarchique.....	87

Table des illustrations

Figures

FIGURE 1 REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES BOVINS LORS DU RECENSEMENT GENERALE DE L'AGRICULTURE DE 2012	11
FIGURE 2 RHIPICEPHALUS MICROPLUS ADULTE NON GORGEE ET RHIPICEPHALUS ANNULATUS NON GORGEE	14
FIGURE 3 PHOTOS DE BABESIA BIGEMINA ET BABESIA BOVIS DANS DES ERYTHROCYTES BOVINS SUR UN ETALEMENT SANGUIN COLORE AU GIEMSA	17
FIGURE 4 SCHEMA RECAPITULATIF DU CYCLE DE LA BABESIOSE TROPICALE.....	18
FIGURE 5 PHOTO D'ANAPLASMA MARGINALE DANS DES ERYTHROCYTES BOVINS SUR UN ETALEMENT SANGUIN COLORE AU GIEMSA .	23
FIGURE 6 SCHEMA DU CYCLE DE L'ANAPLASMOSE A ANAPLASMA MARGINALE	24
FIGURE 7 EVOLUTION DE LA PARASITEMIE AU COURS DU TEMPS CHEZ UN BOVIN INFECTE	26
FIGURE 8 DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE DES RESISTANCES DE RHIPICEPHALUS AUX ACARICIDES	34
FIGURE 9 LOCALISATION DES ELEVEURS AYANT REPONDU AU QUESTIONNAIRE (GOOGLE MAPS)	52
FIGURE 10 REPRESENTATION DES VARIABLES PRINCIPALES ET SUPPLEMENTAIRES EN FONCTION DES DEUX PREMIERES DIMENSIONS...	53
FIGURE 11 POURCENTAGE D'INERTIE DES 15 DIMENSIONS OBTENUES EN ANALYSE DES CORRESPONDANCES MULTIPLES	54
FIGURE 12 PROJECTION DES 22 ELEVAGES DE L'ETUDE SUR LES DEUX PREMIERES DIMENSIONS DE L'ANALYSE DES CORRESPONDANCES MULTIPLES. PROJECTION DES MODALITES DES VARIABLES PRINCIPALES ET SUPPLEMENTAIRES SUR LES DEUX PREMIERES DIMENSIONS DE L'ANALYSE DES CORRESPONDANCES MULTIPLES.....	55
FIGURE 13 REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES ELEVAGES CONTACTES ET DES ELEVAGES AYANT PARTICIPE A L'ETUDE EN FONCTION DE LEUR ARCHIPEL.....	61

Tableaux

TABLEAU 1 ALGORITHME DE RECHERCHE UTILISE DANS PUBMED	30
TABLEAU 2 PRESENTATION DES ARTICLES SELECTIONNES POUR LA REVUE DES MESURES DE LUTTE CONTRE L'ANAPLASMOSE ET LA BABESIOSE EN ZONE TROPICALE ET SUBTROPICALE	31
TABLEAU 3 EVALUATION DES MESURES DE LUTTE PAR LES ELEVEURS CONNAISSANT LA BABESIOSE ET L'ANAPLASMOSE	57
TABLEAU 4 NOMBRE MOYEN, MINIMUM ET MAXIMUM DE BOVINS PAR GROUPE D'ELEVEUR	58
TABLEAU 5 TABLEAU RECAPITULATIF DES POINTS COMMUNS ENTRE LES ELEVAGES DES DIFFERENTS GROUPES	60

Introduction

La babésiose et l'anaplasmose sont des maladies d'importance économique et sanitaire majeure. Elles représentent des entraves au développement de l'élevage dans de nombreux pays tropicaux et subtropicaux (Bouattour et al., 2004). En effet, avec des bovins de plus en plus performants et donc de plus en plus sensibles, les élevages modernes doivent être capables de contrôler attentivement les maladies infectieuses de leurs animaux. Or la maîtrise de l'anaplasmose et de la babésiose est encore délicate et demande beaucoup de ressources humaines, matérielles et financières. Par exemple, il est estimé qu'un bovin atteint d'une hémoparasitose coûte environ 400\$ à un éleveur aux Etats-Unis (Zabel, Agosto, 2018). De plus, la lutte contre ces hémoparasitoses coûte environ 16,9 millions de dollars à l'industrie bovine australienne chaque année (Bock et al., 2004). L'enjeu d'aujourd'hui est donc de trouver des méthodes adaptées à chaque pays et à chaque type d'élevage pour lutter contre ces parasites et réduire ainsi leur impact sanitaire et financier.

La babésiose et l'anaplasmose sont causées par des parasites sanguins transmis aux bovins principalement par les tiques du genre *Ixodes*. Il existe de multiples espèces de babésies et de rickettsies mais *Babesia bigemina*, *Babesia bovis* et *Anaplasma marginale* sont celles retrouvées essentiellement dans les pays tropicaux où les tiques vectrices se développent facilement (Kocan et al., 2010 ; Bock et al., 2004). La Polynésie française présente un climat très favorable à la présence de ces organismes et l'étude d'Antras, 2000, a prouvé leur existence dans certaines îles de l'archipel (Tahiti, Moorea, Tubuai, Raiatea et Makatea).

Ces deux pathologies présentent un risque sanitaire car elles sont à l'origine de symptômes graves pouvant évoluer vers la mort de l'animal. En effet, elles peuvent provoquer une anémie hémolytique impliquant une hyperthermie, un abattement, un ictère et une hémoglobinurie (Alvarez et al., 2019 ; Aubry, Geale, 2011). Si certains animaux plus résistants peuvent exprimer des symptômes plus frustrés voire absents, leur production est tout de même impactée. Ainsi, chez tous les animaux infectés, la babésiose et l'anaplasmose peuvent provoquer des retards de croissance, des diminutions de production lactée, des avortements ou encore des infertilités responsables de pertes économiques majeures pour les éleveurs (Aubry, Geale, 2011 ; Bock et al., 2004).

En Polynésie française, les connaissances sur la babésiose et l'anaplasmose restent restreintes et anciennes. En effet, l'étude complète la plus récente date de 2000 (Antras, 2000). Depuis, quelques études ont été réalisées (Laroche et al., 2016 ; Musso, Marie, 2015 ; Musso et al., 2014) mais ne sont pas complètes sur le sujet. Or, certains éleveurs de Polynésie française, majoritairement situés à Tahiti, souhaitent avoir des conduites d'élevage plus modernes obligeant un suivi sanitaire rigoureux (Lafleur et al., 2019). De plus, ces derniers rapportent avoir des problèmes de mortalité liés aux hémoparasitoses. Aucune étude récente ne confirmant cela, le projet initial de cette thèse était de réaliser une étude de prévalence de la babésiose et de l'anaplasmose sur les îles de Tahiti et de Moorea. En effet, cela aurait permis d'évaluer la circulation de ces parasites dans les élevages et de mettre en place si nécessaire des mesures adaptées permettant aux éleveurs d'améliorer les performances de leur troupeau. Cependant, la pandémie mondiale de la Covid-19 a empêché la réalisation de prélèvements en 2020 et ce projet a donc dû être reporté. L'étude présentée par la suite souhaite faciliter la mise en place d'une telle enquête de séroprévalence et préparer

l'instauration des mesures de prévention suite à celle-ci. L'objectif est de comprendre les besoins des éleveurs de Polynésie française concernant la babésiose et l'anaplasmose afin de leur proposer des solutions les plus réalisables possible. Cette thèse reprend donc dans une première partie le contexte géographique et agricole de la Polynésie française ainsi que la biologie des parasites impliqués dans ces deux maladies. Une deuxième partie étudie les différents moyens utilisables pour lutter contre la babésiose et l'anaplasmose. La troisième partie aborde l'enquête réalisée auprès des éleveurs de Polynésie française visant à évaluer leurs connaissances, attitudes et pratiques vis-à-vis de la babésiose et de l'anaplasmose. Enfin, la quatrième partie propose un résumé facilement accessible aux éleveurs souhaitant accéder rapidement à l'information.

1. Contexte et problématique de l'étude

1.1. Milieu d'étude : Tahiti

1.1.1. Situation géographique

La Polynésie française est située dans l'hémisphère Sud, au centre de l'océan Pacifique, à 18 000 km de la France métropolitaine. Elle s'étend sur une superficie vaste comme l'Europe (2 500 000 km²) mais ses terres ne représentent que 4 200 km², soit la moitié de la superficie de la Corse. Elle est constituée de cinq archipels (de la Société, des Marquises, des Australes, des Tuamotu et des Gambiers) et d'environ 118 îles volcaniques ou coralliennes dont 76 sont habitées.

L'archipel de la Société est divisé en deux groupes : les îles du Vent (dont Tahiti et Moorea) et les îles sous le Vent (dont Raiatea). Tahiti est l'île la plus habitée du territoire, sur laquelle se situe Papeete, centre administratif et commercial de la Polynésie française (Service d'Information du Gouvernement, 2016). Tahiti est composée de deux îles (la petite et la grande île), reliées par l'isthme de Taravao. Les deux îles sont principalement habitées sur leur bande côtière car leur centre, envahi par les parois rocheuses accidentées, les vallées profondes et leurs rivières ainsi que la végétation très dense, ne laisse pas beaucoup de place aux constructions humaines. Tahiti a une superficie d'environ 1 040 km² avec une longueur de 61 km et une largeur maximale de 29 km. La population est d'environ 190 000 personnes, la majorité d'entre eux vivant à la capitale Papeete (Service d'Information du Gouvernement, 2016).

Les élevages de Tahiti se situent majoritairement sur le plateau de Taravao. Cet endroit est propice à l'élevage grâce à ses riches prairies assez vastes pour accueillir les troupeaux et à son climat permettant aux animaux de pâturer toute l'année. On retrouve aussi des élevages de taille plus restreinte sur l'île principale.

1.1.2. Climat

De par sa position géographique, le climat de la Polynésie française est qualifié de tropical de type maritime humide. Il existe deux grandes saisons (Météo France, 2020 ; Service d'Information du Gouvernement, 2016) :

- La saison « chaude » et humide, également appelée « été austral », s'étend de novembre à avril et présente des températures variant de 27 à 35°C, elle est souvent corrélée à la saison des pluies ;
- La saison dite « fraîche » ou « hiver austral », de mai à octobre, affiche des températures entre 21 et 27°C et coïncide avec une humidité moindre.

Cette distinction peut varier en fonction des archipels ou des îles et des particularités s'appliquent à chaque archipel du fait de la très grande étendue latitudinale de la Polynésie française. Ainsi, l'archipel des Marquises est plus dominé par un temps tropical aride alors que le sud de l'archipel des Australes est plutôt soumis à un temps de moyenne latitude (Météo France, 2020). Ces particularités, associées à la géographie des îles, influencent la densité des élevages sur chaque archipel.

1.1.3. Elevage

1.1.3.1. Système d'élevage

L'élevage en Polynésie française ne représente qu'une faible part de l'activité économique et est en régression ces dernières années. En 2012, date du dernier recensement, 125 élevages étaient comptabilisés avec 4 670 bovins. La majorité de ces élevages se situe aux Marquises (67 éleveurs) et aux Iles du Vent (36 éleveurs) (Figure 1). Cependant, la taille moyenne d'un élevage étant bien plus importante aux Iles du Vent, cet archipel concentre la majorité des bovins (Giraud et al., 2012).

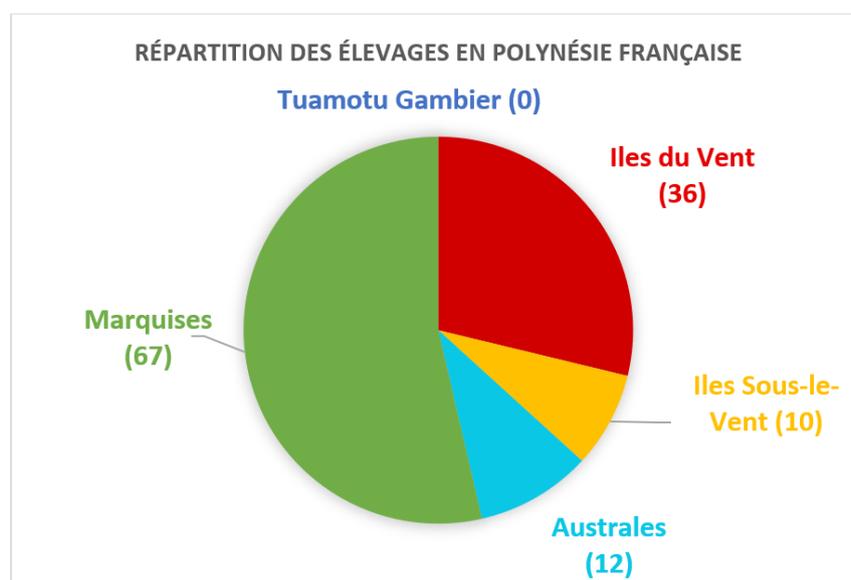


Figure 1 Répartition géographique des bovins lors du recensement générale de l'agriculture de 2012. Le nombre d'élevages par archipel est spécifié entre parenthèses. (Giraud et al., 2012)

La grande majorité des éleveurs est pluriactive ou retraitée et ne consacre donc qu'une partie de son temps à l'élevage bovin. Une des explications avancées est le manque de marché structuré ne permettant pas aux éleveurs d'en vivre correctement (Lafleur et al., 2019). Les exploitations sont presque exclusivement individuelles avec de la main d'œuvre familiale (Giraud et al., 2012).

La quasi-totalité des élevages est conduit en un seul troupeau. Leur taille reste très restreinte la plupart du temps puisque 73% des exploitations possèdent moins de 20 bovins (Giraud et al., 2012). Les gros élevages (plus de 50 têtes) ne représentent que 9% des exploitations (Giraud et al., 2012). Parmi eux, quelques élevages avoisinent les 60 vaches mères et un élevage fait exception avec plus de 500 vaches mères sur le plateau de Taravao (Tahiti). Ce dernier est conduit en allotement avec un système qui diffère des autres élevages (Lafleur et al., 2019). A titre comparatif, les élevages de France métropolitaine sont en moyenne plus grands puisque seulement 22% des élevages laitiers et 43% des élevages allaitants possèdent moins de 29 bovins (Institut de l'élevage, Confédération nationale de l'élevage, 2019).

Le renouvellement est souvent assuré seulement par des animaux du troupeau. Les génisses naissent sur l'élevage et les taureaux sont sélectionnés au sein même du troupeau. Ceci pose deux problèmes majeurs. Premièrement, le taureau a un lien de parenté important avec les femelles du troupeau engendrant ainsi des problèmes de sélection de tares et de consanguinité. Deuxièmement, les taureaux sont sélectionnés parmi un faible effectif et ne

sont donc souvent pas améliorateurs, entraînant à long terme une stagnation voire même une régression des performances des élevages. Cette situation est due au fait que les échanges entre élevages sont compliqués. En effet, les connaissances sur le statut sanitaire des élevages et des îles sont quasiment nulles. Les échanges de bovins représentent donc un risque majeur vis-à-vis de certaines maladies dont les hémoparasitoses et sont à ce titre limité par les autorités (Pasco, 2019). De plus, l'éloignement géographique des archipels constitue un frein non négligeable à l'achat d'animaux. Enfin, l'absence d'identification individuelle des animaux ne permet pas le traçage de ceux-ci et limite donc à la fois le suivi sanitaire et génétique de chacun (Lafleur et al., 2019).

1.1.3.2. Type de production

Les vaches allaitantes représentent la grande majorité de l'élevage polynésien avec 88% des têtes (Giraud et al., 2012). Cependant, les débouchés de la viande locale ne sont pas très nombreux et celle-ci ne représente que 5% du marché total de viande en Polynésie française. La majorité de la viande produite localement est transformée en corned beef (80%). Les bovins sont valorisés en trois catégories : les veaux de 6 mois, les jeunes bovins de 6 à 24 mois – qui représentent la majeure partie des abattages (90%) – et les gros bovins au-delà de 24 mois (Lafleur et al., 2019).

Au contraire, les vaches laitières constituent seulement 12% des troupeaux et sont presque entièrement concentrées dans un seul troupeau de la presqu'île de Tahiti (Giraud et al., 2012). Le lait est valorisé sous différentes formes :

- Du lait frais de la marque Vai Ora et Sachet, seul lait local commercialisé en Polynésie,
- Des yaourts et produits laitiers commercialisés par la marque Sachet,
- Du fromage, fabriqué artisanalement depuis 2016 à la presqu'île de Taravao (Saint-Tahitien, Tomme du Vent, fromage frais et tomme fraîche).

1.1.3.3. Race

Les races présentes à Tahiti sont très variées. La plupart du temps, on retrouve des croisements de plusieurs races dans les troupeaux.

Symbole du mélange d'influences provenant à la fois de la France métropolitaine et des territoires d'Océanie, on retrouve aussi bien des races d'origine européenne que nord-américaine (Lafleur et al., 2019). Ainsi, les races les plus rencontrées sont la Charolaise et la Limousine pour leurs qualités bouchères et la Prim'Holstein pour ses qualités laitières. Récemment, la Brune a également été exportée pour la qualité du lait qu'elle produit. Ces races européennes sont cependant peu rustiques et peu adaptées au climat tropical. Bien que leur production puisse être très importante en conditions idéales, l'influence des températures et des taux d'humidité très élevés, combinée aux méthodes d'élevage plutôt extensives, diminue fortement leur productivité. Ces races présentent de plus une très faible résistance aux tiques et aux maladies qu'elles transmettent et sont donc très vulnérables sur les territoires tropicaux (Bock et al., 2004).

La Santa Gertrudis est également utilisée en Polynésie (Lafleur et al., 2019). C'est une race américaine issue du croisement d'un zébu de race Brahman (3/8) et d'un bovin de race Shorthorn (5/8). Elle présente ainsi de bonnes qualités bouchères mais également une résistance aux températures très chaudes, aux climats humides et aux parasites (Santa

Gertrudis Breeders International, 2020). Ces caractéristiques sont très intéressantes à Tahiti où l'élevage est essentiellement en plein air et où les températures et le taux d'humidité peuvent être élevés. Sa résistance aux tiques s'avère être également très utile dans le cadre de la lutte contre les tiques et les maladies qu'elles transmettent.

De nouvelles races font leur apparition, notamment dans un des élevages de la presqu'île qui cherche à rendre son troupeau plus rustique et résistant aux tiques. On observe ainsi l'utilisation de la race Brahman, appartenant à la famille des zébus (*Bos indicus*). Cette race est souvent croisée avec d'autres races plus productrices car ses qualités rustiques sont excellentes (résistance aux tiques, aux climats très chauds, secs ou humides...) mais ses qualités bouchères ne sont pas aussi intéressantes. La race Droughtmaster a également été introduite. Elle a été créée en Australie à partir de 50% de Brahman (*Bos indicus*) et de 50% de Shorthorn (*Bos taurus*). Elle présente ainsi de bonnes qualités bouchères, résiste à des prairies pauvres en protéines et est efficace pour lutter contre les tiques (Droughtmaster Stud Breeders Society, 2020). Cette dernière qualité est particulièrement avantageuse pour Tahiti.

1.1.3.4. *Suivi sanitaire*

Comme évoqué précédemment, le statut sanitaire des élevages et des îles est quasiment inconnu ou du moins très peu mis à jour. En effet, la dernière étude de séroprévalence de babésiose et d'anaplasmose en Polynésie française a été réalisée en avril 2000 dans le cadre d'une vaste étude zoo-sanitaire (Antras, 2000). Elle confirme le statut indemne des îles de Hiva Oa, Nuku Hiva, Ua Pou, Tahaa et Huahine vis-à-vis de *B. bovis* et *B. bigemina* et de *A. marginale*. Les îles de Tahiti, Moorea, Tubuai, Raiatea et Makatea sont considérées comme infectées de babésiose et d'anaplasmose. Huahine est déclarée infestée de tiques mais indemne de babésiose (Secrétaire général du Gouvernement de la Polynésie française, 1955). Le transport entre certaines îles reste donc réglementé pour éviter la contamination des îles indemnes. Le mouvement de bovins depuis Tahiti vers d'autres îles est systématiquement soumis à autorisation comme celui à partir de Moorea, Huahine, Raiatea, Rurutu et Hiva Oa (Pasco, 2019). Ce transport est réglementé principalement vis-à-vis de la babésiose et de l'anaplasmose mais permet également de contrôler la BVD/MD (Diarrhée Virale Bovine et maladie des muqueuses), la leucose bovine enzootique et l'IBR (Rhinotrachéite Infectieuse Bovine) détectées en Polynésie française lors de l'étude de 2000. Des études devraient être lancées prochainement afin d'avoir plus d'informations sur l'épidémiologie de ces maladies. Ceci permettrait de confirmer ou non le statut indemne de certaines îles en vue de faciliter les échanges entre élevages.

De plus, chaque année, la quasi-totalité des éleveurs rapporte la perte d'animaux pour « cause inconnue ». Le coût des services et des médicaments vétérinaires est un frein aux traitements des animaux (Lafleur et al., 2019). Le manque de suivi vétérinaire et d'informations sur le décès d'animaux représente une entrave à la mise en place de mesures préventives. Il est donc d'autant plus important de réaliser des études épidémiologiques permettant d'avoir une idée des maladies circulantes et ainsi de mieux conseiller les éleveurs. En effet, ces derniers semblent réceptifs à ce type de conseils. Les encadrants techniques sont très bien perçus, ce qui est favorable à la diffusion d'informations techniques (Lafleur et al., 2019).

1.2. Les tiques vectrices à Tahiti

A ce jour, seules quatre espèces de tiques ont été décrites en Polynésie française : *Rhipicephalus sanguineus*, *Rhipicephalus annulatus*, *Rhipicephalus microplus* et *Haemaphysalis longicornis* (Musso, Marie, 2015). *Rhipicephalus sanguineus* est uniquement un parasite accidentel du bovin, il n'a donc pas de rôle majeur dans la transmission de la babésiose et de l'anaplasmose bovines (Dantas-Torres, 2010). *Haemaphysalis longicornis* n'est ni vectrice d'*A. marginale* ni de *B. bovis*. Bien qu'elle soit suspectée de transmettre *B. bigemina*, son rôle est considéré comme non essentiel dans l'épidémiologie de la babésiose (Cane, 2010).

Cette étude se concentre donc sur *Rhipicephalus annulatus* et *Rhipicephalus microplus*, les deux espèces présentes à Tahiti susceptibles de transmettre l'anaplasmose et la babésiose.

1.2.1. Distribution et morphologie de *Rhipicephalus*

1.2.1.1. Distribution géographique

Rhipicephalus microplus et *R. annulatus* sont présentes dans les régions tropicales et subtropicales. Elles nécessitent, pour se développer, des taux d'humidité importants associés à des températures au moins supérieures à 15 - 20°C (Rovid, 2007 ; Bristol University Tick, 2016). L'environnement polynésien leur convient donc parfaitement de ce point de vue, facilitant ainsi leur développement et leur implantation lors de leur introduction sur ce territoire (Barré, Uilenberg, 2010).

1.2.1.2. Morphologie

Le genre *Rhipicephalus* appartient à l'ordre d'Ixodida, le sous-ordre d'Ixodina et à la famille des *Amblyommidae* (Marchal, 2011). Le sous-ordre Ixodina correspond aux tiques dures qui ont des caractéristiques particulières : ces tiques possèdent un écusson dorsal, un rostre en position terminal et un dimorphisme sexuel marqué.

Les *Rhipicephalus* sont de grosses tiques pouvant mesurer 3 à 5 mm de long lorsqu'elles ne sont pas gorgées (Bristol University Tick, 2016). Leur corps est allongé, sub-rectangulaire et gris beige. Leurs pattes sont de couleur crème, assez courtes avec un large espace entre la première paire de pattes et le rostre. Le scutum est en forme de losange allongé. Le rostre est court et cylindrique (Figure 2).



Figure 2 *Rhipicephalus microplus* adulte non gorgée (à gauche, (Marchal, 2011)) et *Rhipicephalus annulatus* non gorgée (à droite, (Bristol University Tick, 2016))

1.2.1.3. Hôte

Rhipicephalus microplus et *R. annulatus* présentent une grande spécificité d'hôtes puisqu'elles parasitent presque exclusivement les bovins. Les races taurines (*Bos taurus*) sont

les plus touchées même si ces tiques peuvent aussi réaliser leur cycle sur les zébus (*Bos indicus*). On les retrouve plus rarement sur les chevaux et certains ongulés sauvages chez qui le cycle est imparfait. Ce sont des parasites accidentels du chien et de l'homme et sont incapables d'y réaliser leur cycle complet (Bristol University Tick, 2016 ; Rovid, 2007). Cette spécificité d'hôtes est un atout dans la lutte contre ces tiques puisqu'en agissant seulement sur les bovins, il est possible de fortement diminuer voire d'éradiquer leur population.

1.2.1.4. Cycle

Rhipicephalus microplus et *R. annulatus* présentent deux cycles très similaires, qui sont donc présentés ensemble. Ces tiques sont qualifiées de monoxènes car elles n'ont qu'un hôte durant tout le cycle sur lequel elles réalisent tous leurs repas. Le cycle dure au minimum trois à quatre semaines si toutes les étapes s'enchainent. Il peut cependant y avoir des étapes de stagnation à certains stades selon les conditions climatiques ou la densité d'hôtes, rallongeant le cycle de plusieurs mois. Les principales étapes sont les suivantes :

- Les œufs éclosent dans l'environnement pour donner des larves.
- Ces larves, pourvues de trois paires de pattes, sont capables de se déplacer sur une trentaine de mètres. Elles se placent sur le haut des plantes afin de maximiser les chances d'être en contact avec leur hôte. Elles peuvent survivre sans se nourrir pendant trois à quatre mois en été et au-delà de six mois si les températures sont plus fraîches. Une fois que les larves ont trouvé un hôte, elles y effectuent un premier repas sanguin avant de muer en nymphe.
- La nymphe, pourvue de quatre paires de pattes, effectue à son tour un repas sanguin sur le même hôte avant de muer en adulte.
- Les adultes sont sexués et présentent un dimorphisme sexuel. L'accouplement a lieu sur l'hôte et permet à la femelle de finir son repas sanguin. Après l'accouplement, le mâle reste sur l'hôte pour en effectuer d'autres. La femelle se détache pour pondre au sol. Elle est peu mobile et doit s'enterrer dans la couche superficielle du sol pour se mettre à l'abri de la dessiccation. Elle commence à pondre trois à quatre jours après s'être décrochée. La ponte dure 10 à 15 jours et produit 2 600 à 3 000 œufs par femelle. Une fois celle-ci terminée, la femelle meurt. Les œufs incubent pendant 20 à 25 jours. Leur survie est en général très bonne et environ 80% des œufs éclosent (Marchal, 2011 ; Rovid, 2007).

Deux points importants sont à retenir de ce cycle. Premièrement, la larve peut survivre longtemps dans l'environnement sans se nourrir. Cette caractéristique rend la rotation des pâtures moins efficace pour lutter contre *R. microplus* et *R. annulatus* puisqu'elles doivent être laissés au moins six mois sans animaux pour espérer obtenir une stérilisation des terres. Deuxièmement, la tique passe la majeure partie de sa vie sur son hôte, qui reste principalement le bovin. La lutte contre celle-ci est donc plus efficace lorsqu'elle est réalisée directement sur le bovin plutôt que dans l'environnement.

1.2.1.5. Nutrition

Les tiques sont des hématophages strictes. Elles se nourrissent aux stades larvaire, nymphal et adulte en se fixant au bovin. Cette fixation est permise grâce à la sécrétion alternative de salive qui ramollit les tissus et d'un ciment qui scelle l'encastrement (Marchal, 2011). La salive a un rôle majeur dans la réaction immunitaire de l'hôte, qui sera détaillée par la suite.

Les tiques *Rhipicephalus* peuvent se retrouver partout sur le corps mais ont des localisations préférentielles. En effet, elles se concentrent sur les zones où la peau est plus fine ce qui facilite leur attachement. Ainsi, elles sont retrouvées principalement à l'intérieur des cuisses

et sur les flancs (Rovid, 2007). Elles s'accrochent également à l'avant du corps des bovins : sur le cou, les épaules, le ventre, le fanon et la tête (Marchal, 2011). Tous ces endroits sont la plupart du temps inaccessibles aux bovins qui ne peuvent pas s'y gratter et n'ont donc pas la possibilité de les éliminer mécaniquement.

Le repas de la tique, également appelé gorgement, est réalisé en deux phases : un gorgement lent et progressif avant la fécondation, puis une phase de gorgement rapide pendant un à trois jours après la fécondation. Les parasites sanguins sont généralement inoculés à la fin de la deuxième phase (Marchal, 2011). Ceci signifie que retirer une tique suffisamment tôt de son hôte permet d'éviter la transmission d'hémoparasitoses. C'est donc un point clé dans la lutte contre la babésiose et l'anaplasmose.

Enfin, une fois leur repas terminé, les tiques se détachent de préférence au matin après une nuit de gorgement intensif. Ce décrochage est de plus favorisé par un exercice matinal des bovins comme par exemple une marche d'au moins 20 minutes (Marchal, 2011). Le risque de contamination des pâtures est donc accentué par ces pratiques.

1.2.2. Rôle pathogène

1.2.2.1. *Pouvoir pathogène direct*

Le pouvoir pathogène direct est commun à toutes les espèces de tiques dures. Il est lié à la pique qui provoque une inflammation locale, une spoliation sanguine et une légère intoxication. En effet, la salive injectée par la tique lors de la pique a des propriétés anti-inflammatoires, anti-coagulable, toxique, immunomodulatrice et lytique.

L'inflammation locale est, dans un premier temps, jugulée par la salive de la tique. Or, la sécrétion de salive est intermittente et son action n'est donc pas continue. Avec le temps, une réaction inflammatoire locale parvient à se mettre en place en réponse à l'agression par la tique. L'inflammation causée par une seule tique n'est pas significative pour un bovin, mais l'accumulation de centaines de tiques provoquant cette inflammation est problématique. Sur des bovins fortement parasités, on peut alors observer des dépilations étendues accompagnées de nécrose, d'hyperkératose et de desquamations dues à la présence chronique d'un nombre important de tiques. Si l'hygiène n'est pas favorable et si l'immunité du bovin est affaiblie, on peut aussi observer la formation d'abcès au niveau des plaies de pique. La présence de tiques sur le bovin a donc un effet directement pathogène qui peut fortement diminuer son état général et sa productivité.

De même, la spoliation sanguine par une tique est insignifiante mais peut devenir conséquente si elle est multipliée par un grand nombre de tiques. En effet, une tique consomme trois à sept fois son poids par jour, soit 0,5 à 1,5 g de sang. Si on considère que 250 tiques sont présentes sur un bovin, ce qui reste une infestation modérée, cela correspond à une perte sanguine de 0,2 à 0,4 L par jour. Cette perte quotidienne est suffisante pour provoquer à long terme des anémies chroniques importantes.

Tout ceci peut contribuer à un affaiblissement majeur des bovins. Ils sont alors moins vifs, avec une perte d'appétit et surtout une perte de poids considérable. Cela résulte à des pertes de production et donc à des pertes économiques non négligeables pour les éleveurs (Marchal, 2011).

1.2.2.2. Pouvoir pathogène indirect

Les tiques ont aussi un rôle essentiel dans la transmission de parasites sanguins. Ainsi, *R. microplus* et *R. annulatus* sont les vecteurs les plus courants de la babésiose bovine à *B. bovis* et à *B. bigemina* et de l'anaplasmose bovine à *A. marginale*. Ce paramètre rend donc d'autant plus important la lutte contre ces tiques afin d'éviter la propagation de ces maladies à forts impacts économiques (Bristol University Tick, 2016 ; Rovid, 2007).

1.3. Babésiose à *Babesia bovis* et *Babesia bigemina*

La babésiose, également appelée piroplasmose, est causée par des protozoaires du genre *Babesia*. Ce sont des parasites des hématies des mammifères provoquant des anémies hémolytiques fébriles. Les babésies sont obligatoirement transmises par les piqures d'acariens ixodidés c'est-à-dire par les tiques dures. Il existe une centaine d'espèces de babésies chez les vertébrés. Les quatre principales concernant les bovins sont *B. bovis*, *B. bigemina*, *B. divergens* et *B. major* (Maslin et al., 2004). Les deux espèces présentes en zones tropicales sont *B. bovis* et *B. bigemina*, responsables de la babésiose tropicale bovine. Ce sont les espèces les plus susceptibles d'être retrouvées à Tahiti et cette étude se concentre donc sur celles-ci.

1.3.1. Les parasites

1.3.1.1. Morphologie

A l'observation du frottis sanguin coloré au May Grünwald Giemsa (MGG), les babésies apparaissent en forme de poires ou annulaires (Figure 3). On distingue deux types de babésies selon leur taille dans les érythrocytes (Laha et al., 2015 ; Marchal, 2011). *Babesia bigemina* appartient aux grandes babésies ayant un diamètre supérieur à celui de l'hématie et *B. bovis* appartient au groupe des petites babésies ayant un diamètre inférieur à celui de l'hématie (Alvarez et al., 2019).

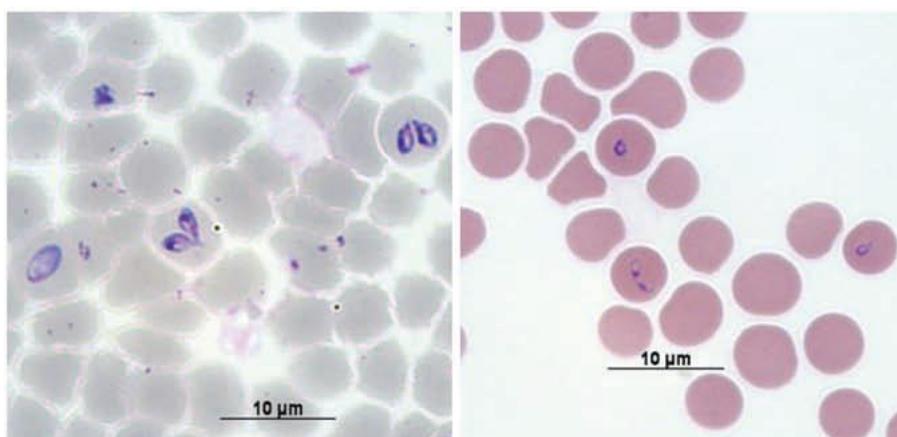


Figure 3 Photos de *Babesia bigemina* (à gauche) et *Babesia bovis* (à droite) dans des érythrocytes bovins sur un étalement sanguin coloré au May Grünwald Giemsa (Mosqueda et al., 2012)

1.3.1.2. Cycle de reproduction

Le cycle des babésies (figure 4) est un cycle dixène, c'est-à-dire, que deux hôtes interviennent obligatoirement (Maslin et al., 2004) :

- La tique est l'hôte définitif car elle héberge une reproduction sexuée (la gamogonie) en plus d'une reproduction asexuée (la sporogonie).
- Le bovin est l'hôte intermédiaire car seule une reproduction asexuée a lieu chez lui (la mérogonie).

La transmission entre les deux hôtes s'effectue par morsure de tiques. En effet, le bovin contamine la tique lorsqu'elle ingère les hématies parasitées. Chez celle-ci, les parasites peuvent être transmis d'un stade à l'autre, appelée transmission transstadiale et de la femelle adulte à ses larves appelée transmission transovarienne. Cette capacité de persister de stade en stade tout en gardant son pouvoir infestant permet aux babésies d'assurer leur pérennité pendant un certain temps sans rencontrer de bovins (Maslin et al., 2004 ; Uilenberg, 1970). La tique contamine ensuite le bovin par l'injection de salive parasitée. Cependant, avant d'être contaminant pour le bovin, les parasites présents dans la salive doivent subir une maturation. Cette dernière dure plusieurs jours (deux à huit jours) après la fixation de la tique sur son hôte et justifie qu'il soit toujours utile de retirer les tiques en cours de gorgement (Bock et al., 2004 ; Troncy et al., 2000).

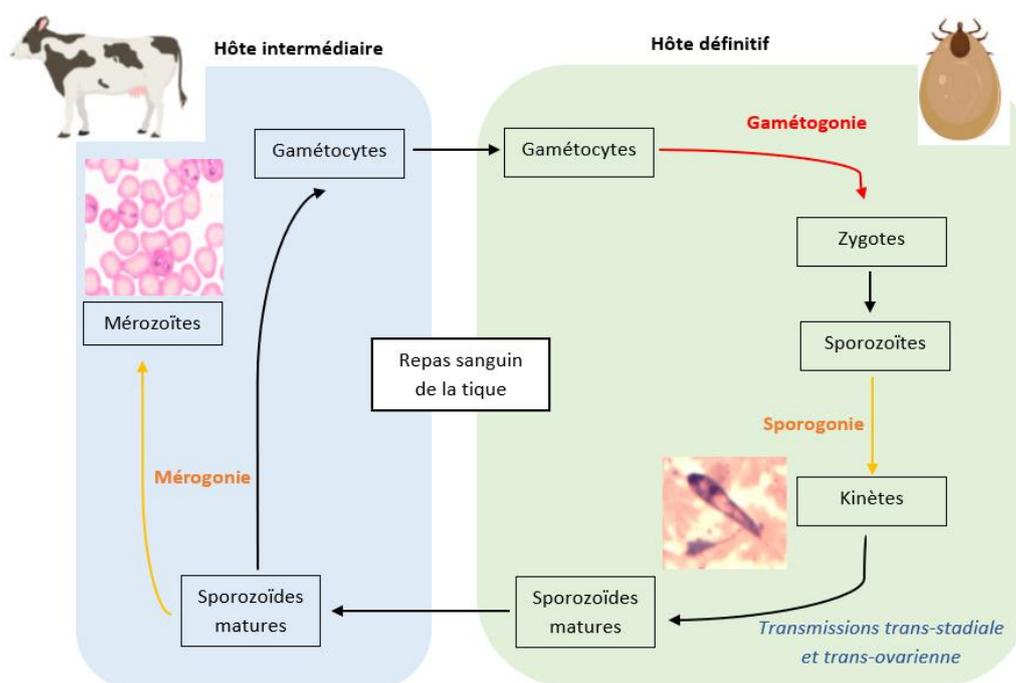


Figure 4 Schéma récapitulatif du cycle de la babésiose tropicale (inspiré de Gallego-Lopez et al., 2019)

1.3.2. Epidémiologie de la babésiose

1.3.2.1. Période infectante

La période d'infection des babésies suit de près la période d'activité de leurs vecteurs. Ainsi, dans les pays caractérisés par des saisons marquées, la période d'infection peut être très saisonnalisée avec une forte pression lors de la saison chaude et humide et une pression quasiment nulle en période froide et sèche. Dans les territoires tropicaux comme la Polynésie française, cette saisonnalité est moins marquée. La pression varie donc relativement peu au cours de l'année et assure une phase infectante plus ou moins continue. Or, plus cette période est continue dans l'année, plus l'état de prémunition est maintenu et le risque minime.

1.3.2.2. Immunité

Deux types d'immunités sont mises en œuvre chez les bovins afin de lutter contre les agents de la babésiose (Troncy et al., 2000).

L'immunité innée constitue la première ligne de défense de l'hôte. Elle est très rapide et est permise en grande partie par la rate, organe essentiel de la protection contre la babésiose. L'immunité acquise se met en place plus tardivement et prend le relai de l'immunité innée.

Elle assure la formation d'anticorps plus ou moins précocement selon la race de l'hôte et les individus. Sa rapidité de réponse est directement associée aux capacités de résistance des animaux. L'immunité acquise permet une protection de longue durée contre les rechutes ou réinfestations puisqu'elle dure environ quatre ans pour le genre *Bos taurus* et trois ans pour le genre *Bos indicus* (Bock et al., 2004 ; Wright et al., 1992).

Bien que les immunités innée et acquise permettent de juguler l'infection et de réduire la charge parasitaire, elles n'assurent pas l'élimination totale des babésies. En effet, les babésies ont développé des moyens d'échappement au système immunitaire comme la séquestration des globules rouges parasités dans les capillaires sanguins profonds (Gallego-Lopez et al., 2019) et la variation antigénique des babésies (Troncy et al., 2000).

L'immunité développée contre la babésiose est assez spécifique. Si une infection par *B. bigemina* semble protéger en partie contre *B. bovis*, la réciproque n'est pas vraie (Bock et al., 2004). De plus, au sein d'une même espèce de babésies, il existe diverses souches d'un point de vue immunologique. Du fait de ces différences, l'immunité croisée n'est que partielle et il est donc important de le prendre en compte pour l'immunisation des bovins et notamment pour leur vaccination (Mahoney, Ross, 1972).

1.3.2.3. Facteurs de réceptivités

1.3.2.3.1. L'espèce et la race

Babesia bovis et *B. bigemina* sont capables d'infecter de nombreuses espèces mais la sensibilité pour chacune d'entre elles diverge, seuls les bovins domestiques (*Bos taurus*) y sont vraiment sensibles (Bock et al., 2004 ; Maslin et al., 2004).

Au sein d'une même espèce, la race semble aussi jouer un rôle majeur. En effet, les races locales sont plus rustiques et plus résistantes aux babésies. Cela peut s'expliquer par différents facteurs. D'un côté, les races traditionnelles sont plus adaptées au climat et à l'alimentation locale que les races sélectionnées. Ces dernières ont été orientées vers une forte productivité et sont donc plus exigeantes et moins adaptables aux conditions climatiques et alimentaires, les rendant ainsi plus fragiles face aux parasites. De l'autre côté, une pression de sélection par l'agent pathogène s'est exercée sur les races locales, et ce depuis des décennies voire des siècles, permettant ainsi des mécanismes de protection plus développés et donc une meilleure résistance (Tabor et al., 2017). Au contraire, les races améliorées sont le fruit de nombreux croisements aboutissant à une pauvreté génétique et elles n'ont jamais subi de telle pression de sélection, ce qui mène à une très forte sensibilité (Troncy et al., 2000). C'est aujourd'hui la source de nombreux problèmes du fait de l'importation de races sélectionnées dans des zones tropicales où la pression parasitaire peut-être massive, comme en Polynésie française.

1.3.2.3.2. L'âge

Tous les jeunes bovins de moins de neuf mois présentent une immunité innée les protégeant des signes cliniques lors d'infection. Le mécanisme de cette protection n'est pas encore totalement élucidé. Il semble que les érythrocytes fœtaux inhibent la croissance des babésies protégeant les jeunes animaux en plus des anticorps maternels (Levy et al., 1982). De plus, leur immunité est plus rapide et efficace que celle d'un adulte (Gallego-Lopez et al., 2019 ; Bock et al., 2004). Quel que soit le mécanisme de cette immunité, elle permet aux bovins de moins de neuf mois d'être protégés pendant au moins deux ans des signes cliniques avec une

seule inoculation (Mahoney, Ross, 1972). De plus, si de nouveaux contacts avec le parasite ont lieu pendant cette période, l'immunité est prolongée. En ayant un contact avant neuf mois puis des contacts réguliers par la suite, un bovin peut donc être immunisé à vie contre la babésiose sans jamais avoir présenté de signes cliniques.

1.3.2.3.3. L'état physiologique

L'état physiologique conditionne le fonctionnement des défenses immunitaires. Ainsi, un stress alimentaire, climatique ou environnemental, une gestation, une lactation ou encore une maladie intercurrente peuvent diminuer la protection et donc potentiellement provoquer une primo-infection ou une rechute de babésiose.

1.3.2.4. Situation épidémiologique

L'épidémiologie de la babésiose dépend de quatre facteurs clés : l'hôte (les bovins), l'agent (*B. bovis* et *B. bigemina*), le vecteur (*R. microplus* et *R. annulatus*) et l'environnement. L'équilibre entre ces quatre éléments est primordial et définit la situation dans laquelle l'élevage va se trouver. En effet, si la pression parasitaire est très forte, la probabilité qu'un bovin rencontre un hémoparasite avant l'âge de neuf mois est importante, assurant ainsi le maintien de son immunité naturelle. Mahoney, Ross, 1972 considèrent ainsi qu'une situation endémique stable est atteinte lorsque 75% des veaux d'un troupeau rencontrent *B. bovis* entre six et neuf mois. Le risque d'avoir des cas cliniques est alors fortement diminué voire nul (Bock et al., 2004). Par contre, si les tiques infestées sont peu nombreuses ou non constantes dans le temps, la probabilité de rencontre entre le parasite et l'hôte avant l'âge de neuf mois est plus faible donc tous les bovins ne sont pas protégés lorsqu'ils atteignent l'âge adulte. Des cas cliniques de babésiose peuvent alors avoir lieu, surtout sous forme épidémique sur les animaux de neuf mois à trois ans (Troncy et al., 2000). Cette situation est qualifiée de situation endémique instable. Enfin, la situation endémique critique a lieu si les tiques infestées sont rares. La probabilité qu'un animal rencontre le parasite avant ses neuf mois est alors très faible et presque aucun bovin n'est protégé. Les cas cliniques sont également peu fréquents chez les adultes mais peuvent être graves lorsqu'ils apparaissent. Cette situation se retrouve souvent lorsque des traitements sont effectués pour éradiquer les tiques ou lorsque les hémoparasites ont été récemment introduits (Troncy et al., 2000).

1.3.3. Clinique

Pour *B. bigemina*, la pathogénie est principalement liée à l'hémolyse et l'ictère qui s'en découlent tandis que pour *B. bovis*, le phénomène d'agglutination des hématies prédomine. *B. bovis* est plus pathogène que *B. bigemina* mais sa prévalence est en général plus faible (Montenegro-James, 1992). Une fois guéri, pour *B. bovis* comme pour *B. bigemina*, la parasitémie du bovin persiste six mois à deux ou trois ans selon les espèces et en l'absence de nouvelles infestations. Il peut y avoir des rechutes cliniques dues à la variation antigénique des babésies mais celles-ci sont de moins en moins graves, jusqu'à devenir subcliniques. Après cette période, l'animal est protégé des signes cliniques si de nouvelles contaminations ont lieu, et ce jusqu'à ce que la parasitémie cesse (Alvarez et al., 2019 ; Troncy et al., 2000). Dans les cas de babésiose chronique, concernant surtout les races résistantes ou des animaux présents en zone d'enzootie stable, les symptômes sont frustrés voire absents. On peut cependant observer une perte de poids, un retard de croissance, des difficultés de reproduction, une diminution de production lactée ou encore une diminution de la valeur bouchère (Montenegro-James, 1992).

1.3.3.1. *Babesia bigemina*

Babesia bigemina est responsable de la piroplasmose tropicale. La phase d'incubation dure quatre à cinq jours en moyenne et la babésiose aiguë dure trois à sept jours. Elle commence par un accès fébrile majeur allant jusqu'à 40-41°C et pouvant être à l'origine d'avortements chez les femelles gravides et d'infertilités chez les taureaux (Bock et al., 2004 ; Troncy et al., 2000). Viennent ensuite l'anémie et l'ictère dus à l'hémolyse intense se manifestant principalement par des muqueuses pâles et des urines foncées et moussantes. D'autres signes généraux tels qu'une dysorexie avec amaigrissement, une déshydratation, une fatigabilité, une tachycardie et des dyspnées peuvent également apparaître. Enfin, l'ictère, s'il est prononcé, peut avoir des conséquences sur divers organes : pneumonie par irritation du parenchyme pulmonaire par la bilirubine, signes digestifs tels qu'une atonie du rumen et une alternance de diarrhées et de constipations, néphrite voire glomérulonéphrite dans les cas les plus graves. La babésiose subaiguë dure deux à trois semaines avec des signes moins marqués car la parasitémie est plus faible. L'hyperthermie est légère – jusqu'à 40°C –, l'ictère et l'hémoglobinurie sont moyennement marqués.

1.3.3.2. *Babesia bovis*

L'incubation de *Babesia bovis* dure également quatre à cinq jours, mais contrairement à *B. bigemina*, *B. bovis* a un plus fort taux de mortalité. En plus de l'anémie, les érythrocytes sont séquestrés dans les capillaires sanguins du cerveau ou des reins principalement. De ce fait, l'hémolyse, l'ictère et l'hémoglobinurie sont moins marqués. Cependant, des signes cliniques graves sont induits tels que des signes cérébraux (troubles de l'équilibre, signes encéphaliques, grincements de dents, agressivité...) ou des détresses respiratoires majeures (infiltration neutrophilique des capillaires pulmonaires, augmentation de la perméabilité vasculaire provoquant des œdèmes...) (Troncy et al., 2000 ; Brown, Palmer, 1999). Il existe des formes suraiguës où la mort survient subitement sans autres symptômes hormis une élévation thermique très forte et des formes subaiguës ou bénignes avec seulement quelques signes généraux.

1.3.3.3. *Diagnostic*

Sur le terrain, la première étape du diagnostic est la suspicion clinique reliée à l'épidémiologie de la babésiose (Maslin et al., 2004). Des diagnostics de confirmation peuvent être effectués en complément.

Les diagnostics directs mettent en évidence le parasite. L'étalement sanguin coloré au May Grünwald Giemsa (MGG) ou à la coloration rapide (RAL) est très utile en clinique mais reste peu précoce et peu sensible (Alvarez et al., 2019 ; Böse et al., 1995). La PCR met en évidence l'ADN du parasite avec de très bonnes sensibilité et spécificité. Elle permet de détecter les porteurs chroniques mais coûte cependant cher et demande des compétences particulières pour sa réalisation (Alvarez et al., 2019). De plus, de manière générale, les méthodes de détection directe du parasite ne permettent pas une bonne détection des porteurs asymptomatiques et sont donc moins adaptées dans le cadre de surveillance épidémiologique (Dominguez et al., 2012).

Les sérologies sont plus appropriées dans le cadre de ces enquêtes ou plus ponctuellement pour évaluer le statut d'un animal que l'on souhaite déplacer. Les plus courantes sont l'IFAT (Indirect Fluorescent Antibody Test) et l'ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) (Maslin

et al., 2004) car elles permettent une détection précoce et rapide de la babésiose à moindre coût (Dominguez et al., 2012).

1.3.3.4. *Pronostic et conséquences*

Si les animaux ne sont pas prémunis contre la babésiose, les conséquences sont graves avec des taux de mortalité de 30 à 60% pour *B. bigemina* et 70 à 80% pour *B. bovis*. C'est par exemple le cas pour des animaux importés de zones tempérées vers des zones tropicales et pour les races sélectionnées pour leur rendement important (Troncy et al., 2000). Les races traditionnelles sont normalement prémunies et les morbidité et mortalité sont donc plus faibles. Cependant, la prémunition peut parfois faire défaut lorsque les parasites sont rares. Ceci peut se produire lors d'une lutte chimique importante ou lors d'aléas climatiques diminuant la pression parasitaire. Les conséquences économiques peuvent être lourdes du fait du coût du traitement mais aussi des pertes de production qu'il en résulte. Il est donc important de parvenir à lutter contre ces parasites et leurs conséquences (Bock et al., 2004).

1.3.3.5. *Traitement*

L'efficacité du traitement dépend de la précocité de la prise en charge. Le traitement anti-babésien doit être complété par un traitement symptomatique si l'état du bovin le nécessite. Ceci peut comprendre une transfusion sanguine, des anti-inflammatoires, une fluidothérapie, ou encore des compléments alimentaires.

Le traitement utilisé en France et en Europe est l'imidocarbe (Carbésia®, Imidocarb®) qui peut être utilisé en préventif (3 mg/kg) ou curatif (1 à 2 mg/kg). Il n'élimine pas totalement les babésies et le bovin reste alors porteur chronique au moins pendant quelques années (Bock et al., 2004 ; Dominguez et al., 2012a). Le problème de l'imidocarbe est son temps d'attente long : 270 jours pour la viande (Mosqueda et al., 2012). Le diminazène d'acéturate (Veriben®, Survidim®) est utilisé dans les tropiques mais il a été retiré du marché européen pour des raisons de marketing. Il est surtout utilisé pour son action anti-trypanosomale mais agit également efficacement contre les babésies à la dose de 3,5 mg/kg (Bock et al., 2004). Son temps d'attente viande de 21 jours est largement inférieur à celui de l'imidocarbe. L'oxytétracycline a beaucoup été utilisé en curatif ou préventif mais a été mis de côté depuis l'arrivée de l'imidocarbe (Troncy et al., 2000).

Enfin, de nouveaux principes actifs sont en train de faire leur apparition mais de plus amples études sont encore nécessaires avant qu'ils puissent être utilisés. On retrouve ainsi le Triclosan qui compose déjà un certain nombre de préparations dermatologiques, le Nérolidol présent dans des huiles essentielles de nombreuses plantes utilisées dans des arômes alimentaires, l'Artésunate, l'un des anti-malariens les plus employés, l'Epoxomicine isolé à partir d'Actinomycetes et qui peut être utilisé en complément du diminazène d'acéturate et le Gossypol un pigment jaune qui protège naturellement les plantes des insectes (Mosqueda et al., 2012).

1.4. *L'anaplasmose à *Anaplasma marginale**

L'anaplasmose est causée par une bactérie intracellulaire stricte du genre *Anaplasma* également appelée rickettsie. Il existe à ce jour cinq espèces d'*Anaplasma* pathogènes pour les bovins : *A. marginale*, *A. bovis*, *A. centrale*, *A. phagocytophilum* et *A. platys* (Zhou et al., 2019). Ce travail se concentre uniquement sur *Anaplasma marginale* car c'est l'espèce la plus

pathogène et la plus courante chez les bovins (Kocan et al., 2010 ; Noaman, Shayan, 2010). Elle est aussi la plus susceptible d'être présente à Tahiti.

1.4.1. Le parasite

1.4.1.1. Morphologie

Chez le bovin, seuls les globules rouges peuvent contenir le parasite. On y retrouve des corps d'inclusion contenant quatre à huit rickettsies (Kocan et al., 2003). Comme son nom l'indique, *A. marginale* se retrouve plus facilement en position marginale ou bordante (Troncy et al., 2000). Au microscope optique (Figure 5), *A. marginale* apparaît comme un corps rond, dense de 0,3 à 1 µm de diamètre (OIE, 2018).

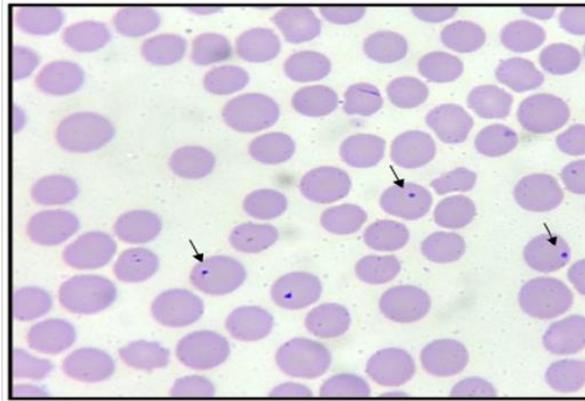


Figure 5 Photo d'*Anaplasma marginale* dans des érythrocytes bovins sur un étalement sanguin coloré au Giemsa (Bitrus et al., 2018)

1.4.1.2. Cycle de reproduction

La tique se contamine pendant le repas sanguin. Les rickettsies sous forme végétative (réticulée), non infectieuses pour le bovin, s'y multiplient et disséminent dans tout l'organisme. Les parasites repassent ensuite sous forme dense (infectieuse) dans les glandes salivaires de la tique, leur permettant ainsi d'être transmis aux bovins (Aubry, Geale, 2011). Les rickettsies pénètrent dans les globules rouges de ces derniers et se multiplient par scission binaire. Ainsi, pendant la phase aiguë, le nombre d'érythrocytes parasités double toutes les 24 heures et peut atteindre jusqu'à 70% du nombre total d'érythrocytes (Crosby et al., 2015 ; Kocan et al., 2010). Le cycle chez la tique dure 20 jours en moyenne. Les transmissions transstadiale et intrastadiale du parasite au cours des mues de la tique sont possibles (Aubry, Geale, 2011 ; Kocan et al., 2010 ; 2003). La figure 6 résume le cycle d'*A. marginale*.

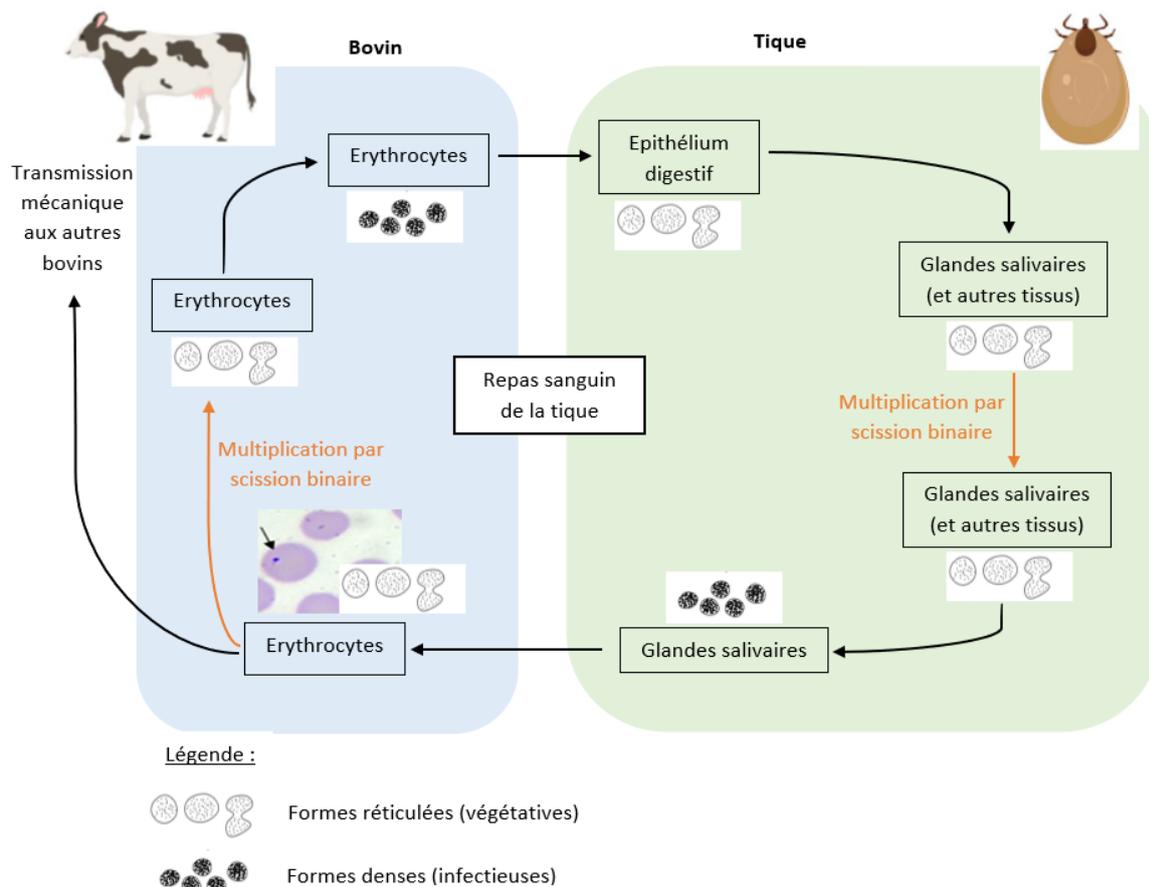


Figure 6 Schéma du cycle de l'anaplasmose à *Anaplasma marginale* (Inspiré de Kocan et al., 2010)

1.4.2. Epidémiologie

1.4.2.1. Modes de transmission

Trois types de transmission sont possibles pour l'anaplasmose : une transmission mécanique, une transmission biologique et une transmission transplacentaire.

La transmission mécanique se fait par transport passif direct du sang d'un animal contaminé vers un animal sain. Elle est facilitée par la survie des rickettsies dans le sang pendant une à deux semaines à température ambiante (Troncy et al., 2000). Ce transport peut s'effectuer par du matériel souillé : aiguilles, boucles nasales, matériel d'écornage, de tatouage ou de castration. Ces pratiques assurent une transmission de l'anaplasmose au sein d'un troupeau mais rarement entre troupeaux contrairement aux insectes. Elles ont un rôle majeur puisqu'il a été démontré que la prévalence de l'anaplasmose dans un troupeau pouvait être réduite de 95% en utilisant des aiguilles à usage unique lors d'injections (Aubry, Geale, 2011). La transmission de l'anaplasmose peut également être assurée par des insectes piqueurs parmi lesquels figurent le genre *Stomox* (notamment *Stomox calcitrans*), le genre *Tabanus* ou encore certaines espèces de moustiques (*Culicidae*) (Aubry, Geale, 2011 ; Kocan et al., 2010). Cependant cela reste bien moins efficace que la contamination biologique par certaines tiques et n'est *a priori* pas suffisant pour contaminer un bovin à partir d'un infecté chronique. De plus amples études sont nécessaires afin de clarifier le rôle des insectes dans la transmission passive du parasite (Aubry, Geale, 2011).

La transmission biologique est réalisée par les tiques. Une vingtaine d'espèces de tiques sont incriminées, parmi lesquelles on retrouve *Rhipicephalus microplus*, *Rhipicephalus annulatus* et *Rhipicephalus sanguineus*, présentes à Tahiti (OIE, 2018 ; Aubry, Geale, 2011). Cette transmission est qualifiée de biologique car le parasite se développe et se multiplie au sein de la tique, contrairement aux autres insectes qui ne font que le transporter (Kocan et al., 2010 ; Troncy et al., 2000).

La plupart du temps, ces deux voies de transmission coexistent. Il existe cependant des zones où les vecteurs biologiques ne sont pas présents ou le sont mais en étant incompatibles avec la souche d'*A. marginale* présente. La transmission mécanique est alors la seule responsable du maintien de l'anaplasmose (Kocan et al., 2010).

Enfin, la transmission transplacentaire est possible chez le bovin. C'est une voie de transmission non négligeable puisque 80% des veaux issus de mères infectées le sont également, particulièrement si l'infection a lieu dans les deux derniers tiers de gestation (Aubry, Geale, 2011). Cela aboutit à des cas précoces d'anaplasmose : le veau est infecté dès la fin de gestation et présente un ictère un à deux jours après sa naissance (Troncy et al., 2000).

1.4.2.2. Immunité

Comme pour la babésiose, une immunité innée se met en place puis l'immunité acquise vient prendre le relais. Lors d'une primo-infection, la production d'anticorps nécessite sept jours pour s'instaurer et est maximale au bout de 30 jours (Troncy et al., 2000). Cependant, sauf lors de traitement particulier, lorsqu'un animal est infecté, il devient porteur asymptomatique à vie car l'organisme du bovin n'arrive pas à éliminer toutes les rickettsies (Aubry, Geale, 2011). Cette quantité persistante est insuffisante pour provoquer des signes cliniques mais suffit à la production d'anticorps, protégeant ainsi l'individu à vie contre d'éventuelles réinfestations (Munderloh et al., 2004 ; Kocan et al., 2003 ; Palmer et al., 2000). De plus, elle suffit aussi pour contaminer des tiques ou du matériel, assurant ainsi la transmission d'*A. marginale*. Ces individus deviennent donc des réservoirs du parasite et ont un rôle primordial dans l'épidémiologie de l'anaplasmose.

Concernant les porteurs asymptomatiques chroniques, la parasitémie évolue en dents de scie au cours du temps (Figure 7). En effet, après avoir été jugulé par le système immunitaire, un nouveau variant antigénique est sélectionné par la réponse d'anticorps spécifiques de l'hôte. Il permet la multiplication du parasite, jusqu'à ce que le système immunitaire soit de nouveau actif contre lui. On a ainsi des fluctuations de parasitémie importantes aboutissant d'un côté à l'entretien de la réponse immunitaire et de l'autre, à la transmission du parasite (Munderloh et al., 2004 ; Palmer et al., 2000).

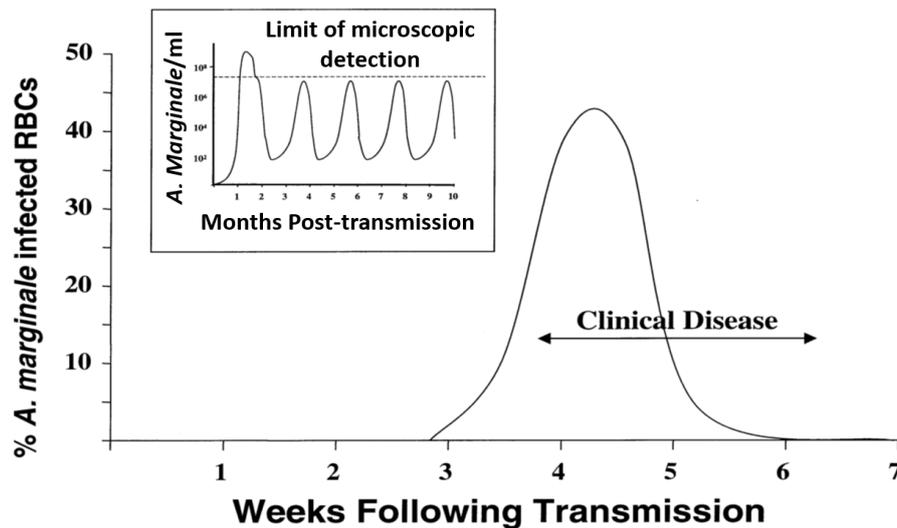


Figure 7 Evolution de la parasitémie au cours du temps chez un bovin infecté (Palmer et al., 2000)

Enfin, il existe des protections croisées entre les différentes souches d'*A. marginale*. (Troncy et al., 2000). Cette information est essentielle pour le développement et l'utilisation des vaccins.

1.4.2.3. Facteurs de réceptivité

Comme les babésies, *Anaplasma marginale* peut infecter de nombreuses espèces de ruminants, mais seuls les bovins domestiques *Bos taurus* présentent des signes cliniques (Kocan et al., 2003). L'âge est également un facteur de réceptivité important. En effet, les veaux de sept à neuf mois sont beaucoup moins sensibles. Ils ne présentent quasiment jamais de signes cliniques et le cas échéant, leur intensité est moindre (Costa et al., 2013). Au contraire, plus les bovins sont âgés, plus l'anaplasmose est grave et ses conséquences sont lourdes (Kocan et al., 2003). Des facteurs génétiques peuvent également être mis en cause dans la sensibilité accrue des bovins puisque les races améliorées sont beaucoup plus à risque de développer des symptômes graves que les races rustiques (Kocan et al., 2010). Enfin, l'état physiologique conditionne le fonctionnement des défenses immunitaires. Ainsi, un stress alimentaire, climatique, environnemental, une gestation, une lactation ou encore une maladie intercurrente peuvent diminuer la protection et donc potentiellement aggraver les signes cliniques.

On retrouve donc globalement les mêmes facteurs de risque que pour la babésiose, ce qui est intéressant dans le cas d'une lutte commune.

1.4.2.4. Situation épidémiologique

La situation épidémiologique est très similaire à celle de la babésiose et on distingue donc trois situations épidémiologiques : endémique stable, instable et critique (voir paragraphe 1.3.2.4 Situation épidémiologique). L'épidémiologie de l'anaplasmose est cependant compliquée par la transmission par des vecteurs mécaniques plus difficiles à contrôler (Troncy et al., 2000).

1.4.3. Clinique

1.4.3.1. Symptômes

L'anaplasmose à *A. marginale* peut être aiguë, subaiguë ou chronique mais elle dure généralement trois à quatre semaines. Elle se caractérise par une anémie fébrile lente par phagocytose continue. L'ictère et l'hémoglobinurie sont souvent absents.

La période d'incubation dure en moyenne 28 jours et dépend de la quantité de parasites inoculés initialement (Okafora et al., 2019 ; Kocan et al., 2003). Au départ, le bovin présente une hyperthermie de 40 à 41°C en dents de scie pendant une à trois semaines et jusqu'à sept semaines en cas d'anaplasmose chronique. Cette hyperthermie, de par sa durée et son intensité, peut être à l'origine d'avortements chez les femelles gestantes et d'infertilités temporaire ou définitive chez les mâles. Une chute de production laitière est également associée à ce pic de température (Kocan et al., 2010). Une anémie et un amaigrissement très progressifs mais importants car non compensés se mettent ensuite en place. Cela entraîne une insuffisance de production biliaire et une atonie du rumen aboutissant à des constipations chroniques en plus d'une dysorexie. L'anémie peut également entraîner des troubles cardio-respiratoires voire des troubles du comportement en cas de défaut d'irrigation cérébrale. Le sang et les muqueuses apparaissent très clairs (Troncy et al., 2000).

Sur des vaches de races sélectionnées de plus de trois ans, des formes aiguës graves peuvent avoir lieu. Elles se caractérisent par une forte hyperthermie, des pertes de globules rouges et un amaigrissement rapide. Des formes suraiguës existent également et sont fatales en une journée. Seuls une hyperthermie et des symptômes nerveux peuvent parfois être observés (Troncy et al., 2000).

Entre deux et trois ans d'âge, la gravité de l'anaplasmose est modérée avec une convalescence réduite.

Chez les veaux de moins d'un an, la maladie est généralement bénigne. La parasitémie et l'anémie sont faibles avec un retour à la normale en quatre semaines maximum (Kocan et al., 2010 ; 2003).

1.4.3.2. Diagnostic

Le diagnostic clinique est relativement facile durant la phase aiguë car les symptômes, cités précédemment, associés à l'épidémiologie peuvent être assez évocateurs (Kocan et al., 2010). Il est cependant essentiel de réaliser des examens complémentaires pour confirmer le diagnostic. Le diagnostic nécropsique est difficile car les lésions sont peu caractéristiques. Les tests directs comprennent principalement l'étalement sanguin et la PCR. L'étalement est utile en phase aiguë car il est rapide et pas cher mais n'est pas assez sensible pour détecter les cas chroniques comme le représente la figure 7 (Noaman, Shayan, 2010 ; Troncy et al., 2000). La PCR met en évidence l'ADN parasitaire avec une sensibilité et une spécificité bien meilleures que l'étalement. Elle détecte aussi bien les infections aiguës que le portage chronique. Le frein important à son utilisation dans des études épidémiologiques est son coût élevé ainsi que le manque de données pour sa validation en fonction des populations étudiées (Aubry, Geale, 2011). Les tests indirects sont efficaces pour mettre en évidence les porteurs chroniques asymptomatiques. Un grand nombre de tests a été développé tels que l'ELISA (competitive enzyme-linked immunosorbent assay), l'IFAT (Indirect Fluorescent Antibody Technique) et le test de fixation du complément mais l'une des techniques la plus adaptée et la plus utilisée

est l'ELISA. Un kit est commercialisé pour réaliser ce test et montre de très bonnes sensibilité et spécificité (Aubry, Geale, 2011).

1.4.3.3. *Pronostic et conséquences*

L'anaplasmosé à *A. marginale* représente des coûts phénoménaux pour les éleveurs de par ses fortes morbidité et mortalité. Les pertes sont en général estimées en prenant en compte la diminution du gain de poids et de la production laitière, les avortements engendrés, le coût des traitements ainsi que la mortalité (Kocan et al., 2010). De plus, les conséquences d'un troupeau infecté par rapport à un élevage sain sont importantes : on observe en moyenne, une réduction de 3,6% des mises bas, une augmentation de 30% des réformes et 30% des adultes présentent des signes cliniques ou de la mortalité, causant ainsi des pertes économiques considérables (Zabel, Agosto, 2018). Peu d'études ont travaillé sur cet impact économique mais il est par exemple estimé qu'aux Etats-Unis, l'anaplasmosé engendre une perte de 400 \$ par animal et de 300 millions de dollars au total par an (Okafora et al., 2019). Il est donc essentiel de trouver des traitements efficaces à moindre coût mais surtout des moyens de prévention permettant de réduire durablement cet impact économique.

1.4.3.4. *Traitement*

Pour être efficace, le traitement doit être réalisé le plus précocement possible, c'est-à-dire, dès l'apparition des signes cliniques. Les rechutes sont fréquentes et un second traitement est souvent nécessaire. La stérilisation d'un organisme vis-à-vis du parasite est difficile à obtenir et nécessite plusieurs traitements.

Le médicament de choix est l'imidocarbe dipropionate. Il est couramment utilisé en curatif ou en prophylactique à des doses de 2 à 3 mg/kg en intra-musculaire ou sous-cutané. Pour obtenir une stérilisation d'un animal porteur chronique de rickettsies, la dose doit être augmentée à 5 mg/kg et renouvelée 14 jours après (Kocan et al., 2010 ; Troncy et al., 2000). L'oxytétracycline est également utilisée mais représente un coût plus important. Elle doit être utilisée à des doses supérieures à l'AMM en voie orale (11 à 22 mg/kg/j) pendant 5 à 12 jours pour avoir une efficacité curative contre *A. marginale*. Sa capacité de stérilisation est remise en question et les études divergent à ce sujet (Kocan et al., 2010).

En plus de ces médicaments, des traitements symptomatiques doivent bien sûr être mis en place. Selon l'état de l'animal, il convient de réaliser une transfusion, d'administrer des anti-inflammatoires pour parer l'hyperthermie ou encore d'avoir recours à des protecteurs hépatiques. Ces traitements doivent être effectués selon les recommandations du vétérinaire en charge de l'animal.

2. Revue des mesures de lutte contre la babésiose et l'anaplasmosse en région tropicale ou subtropicale

2.1. Objectif

Plusieurs espèces peuvent être responsables de la babésiose et l'anaplasmosse, mais ici, seules trois sont retenues : *Babesia bovis*, *Babesia bigemina* et *Anaplasma marginale*. Ce choix a été effectué car ce sont les trois espèces les plus susceptibles d'être présentes en milieu tropical. Elles représentent également le plus gros risque pathogène pour les bovins parmi toutes les espèces de babésies et de rickettsies. Ces trois parasites se retrouvent presque exclusivement chez les bovins, mais peuvent être exceptionnellement mis en évidence chez d'autres espèces. Cependant, cette étude ne traite que de l'espèce bovine qui est la principale préoccupation des éleveurs en Polynésie française. Enfin, dans le but d'obtenir des mesures pouvant être mises en place au sein de cet archipel, la recherche se concentre sur les régions tropicales et subtropicales. En effet, l'impact du climat et de la végétation a beaucoup d'influence sur les races choisies et les méthodes de gestion d'un troupeau du point de vue de l'alimentation, des traitements ou encore du logement. Il est donc important de se rapporter à des situations similaires pour pouvoir en extraire des informations pertinentes.

Les mesures de lutte regroupent toutes les méthodes pouvant être mises en œuvre afin de réduire l'incidence d'une maladie. Les moyens utilisés peuvent prendre diverses formes telles que des pratiques d'élevage, l'utilisation de produits ou d'outils adaptés, des formations, etc. Ils ont également différents objectifs. En effet, leur but peut être d'éradiquer totalement la maladie, d'en diminuer sa virulence ou sa prévalence, d'apprendre à prévenir ou gérer ses conséquences, etc. Cette partie a donc pour objectif de répertorier les solutions envisageables en zones tropicales et subtropicales pour lutter contre la babésiose et l'anaplasmosse. Si un certain nombre de ces mesures sont déjà appliquées dans des élevages y compris dans ceux de Polynésie française, d'autres sont plus récentes ou encore expérimentales mais semblent prometteuses.

2.2. Méthode

2.2.1. Stratégie de recherche

Une recherche systématique d'articles pertinents a été choisie afin de récolter les informations en étant le plus exhaustif possible. La recherche systématique a ciblé les mesures de lutte contre la babésiose et l'anaplasmosse bovines applicables en Polynésie. Elle a été réalisée sur le moteur de recherche Pubmed qui couvre une grande partie de la littérature vétérinaire avec environ 25 millions de références d'articles de périodiques, issues du dépouillement de 48 000 revues, journaux, bulletins d'information. La dernière mise à jour de la recherche a été effectuée le 10 juin 2020. Seuls les articles en anglais ont été retenus afin d'en faciliter la prise en charge par la suite.

Afin de trouver tous les articles pouvant se rapporter au sujet dans la base de données, une liste de termes a été définie. Elle est restée la même à chaque recherche et est présentée dans le tableau 1. Les articles trouvés ont ensuite été triés afin de ne garder que les plus pertinents.

Tableau 1 Algorithme de recherche utilisé dans Pubmed

Cible de la recherche	Termes de recherche
Mesures de lutte	Control OR prevention OR mesures AND
Espèce bovine	cattle OR bovine OR cow OR herd OR livestock OR ruminant AND
<i>Babesia bovis</i>, <i>Babesia bigemina</i> et <i>Anaplasma marginale</i>	babesiosis OR anaplasmosis OR <i>Babesia bigemina</i> OR <i>Babesia bovis</i> OR <i>Anaplasma marginale</i> AND
Zone tropicale ou subtropicale	Tropical OR subtropical OR island

2.2.2. Critères d'exclusion

Deux étapes de sélection ont eu lieu afin de retenir les articles pertinents pour le sujet étudié. Des critères précis ont été définis pour chaque étape rendant ainsi la sélection des articles plus rigoureuse.

Dans un premier temps, seul le titre et le résumé de l'article ont été examinés. Cela a permis de faire un premier tri et d'éliminer sans perdre de temps les articles ne présentant pas d'intérêt pour le sujet. Ainsi, un article était éliminé s'il rencontrait au moins un des critères suivants à la lecture de son titre et de son résumé :

- L'article n'est pas en anglais ou en français
- L'article ne porte sur aucune des trois espèces concernées (*B. bovis*, *B. bigemina* et *A. marginale*)
- L'article ne traite pas de l'espèce bovine
- L'article ne traite pas une zone tropicale ou subtropicale

Le contenu des articles ayant été sélectionnés a ensuite été examiné avec attention. Des critères de sélection ont été établis et appliqués durant la lecture. Si un article présentait un des critères suivants, il était éliminé de l'étude :

- L'article ne traite que des méthodes de détection des parasites
- L'article ne traite que de la biologie des parasites
- L'article ne traite le contrôle des hémoparasitoses qu'en conclusion

2.3. Résultats

2.3.1. Présentation des articles

L'algorithme de recherche a permis de trouver 222 articles sur Pubmed. L'application d'un premier tri portant sur le titre et le résumé des articles a permis de réduire cette liste à 43 articles. Enfin, dix articles ont été retirés après une analyse de leur contenu, laissant un total de 33 articles pertinents pour constituer la revue sur les mesures de lutte contre la babésiose et l'anaplasme bovines en Polynésie française (Tableau 2). Comme explicité précédemment, le contenu de ces articles est exposé par la suite de manière narrative.

Tableau 2 Présentation des articles sélectionnés pour la revue des mesures de lutte contre l'anaplasmose et la babésiose en zones tropicale et subtropicale

Article	Zone géographique concernée	Espèces de parasites				Mesures de lutte considérées
		<i>Babesia bovis</i>	<i>Babesia bigemina</i>	<i>Anaplasma marginale</i>	<i>Rhipicephalus microplus</i>	
(Mahoney, Ross, 1972)	Australie	X	X			Etude de séroprévalence
(Thompson et al., 1978)	Colombie	X	X	X		Vaccination ; traitement chimique
(Montenegro-James, 1992)	Amérique centrale et Amérique du Sud	X	X			Acaricides chimiques ; vaccination
(Wright, 1990)		X		X		Vaccination
(Wright et al., 1992)		X	X			Vaccination
(Bock et al., 1995)	Australie	X	X	X		Vaccination
(Nari, 1995)	Amérique du Sud	X	X	X		Quarantaine et surveillance sanitaire ; traitement chimique ; acaricides chimiques ; contrôle intégré
(Uilenberg, 1996)		X	X	X	X	Vaccination ; lutte biologique ; lutte écologique ; amélioration génétique ; contrôle hygiénique ; quarantaine et surveillance sanitaire
(Willadsen, 1997)	Australie	X	X	X		Acaricides chimiques ; amélioration génétique ; vaccination
(de la Fuente et al., 1998)	Cuba	X	X			Vaccination
(Brizuela et al., 1998)	Paraguay	X	X	X		Vaccination
(de la Fuente et al., 1999)	Amérique du Sud	X	X	X		Vaccination
(Bock, De Vos, 2001)	Australie	X	X	X		Vaccination
(Standfast et al., 2003)	Australie		X			Vaccination

(Regassa, et al., 2003)	Afrique du Sud	X	X			Etude de séroprévalence ; acaricides chimiques
(Jongejan, Uilenberg, 2004)	Zones tropicales	X	X	X		Campagne d'éradication ; acaricides chimiques ; contrôle intégré ; vaccination
(Samish et al., 2004)	Zones tropicales	X	X	X		Lutte biologique
(Valle et al., 2004)	Cuba				X	Acaricides chimiques ; vaccination
(Regassa et al., 2004)	Afrique du Sud	X	X			Etude de séroprévalence ; acaricides chimiques ; vaccination
(Brown et al., 2006)		X	X			Vaccination
(Ojeda et al., 2010)	Amérique du Sud	X	X			Vaccination
(Hüe et al., 2014)	Nouvelle Calédonie				X	Amélioration génétique
(Hüe et al., 2015)	Nouvelle Calédonie				X	Acaricides naturels (plantes et huiles essentielles)
(Jabbar et al., 2015)	Pakistan	X	X	X		Acaricides chimiques ; traitements chimiques ; contrôle hygiénique
(Tabor et al., 2017)					X	Amélioration génétique
(Rodriguez-Vivas et al., 2018)	Amérique du Sud	X	X	X	X	Acaricides chimiques ; contrôle hygiénique ; amélioration génétique ; lutte biologique ; acaricides naturels (plantes et huiles essentielles) ; vaccination ; contrôle intégré
(Hove et al., 2018)	Afrique du Sud			X		Vaccination
(Zabel, Agosto, 2018)	Amérique latine			X		Etude de séroprévalence Contrôle hygiénique
(Rocha et al., 2019)	Colombie				X	Amélioration génétique
(Díaz et al., 2019)	Amérique du Sud	X	X	X	X	Acaricides naturels (huiles essentielles)
(Miraballes et al., 2019)	Uruguay				X	Acaricides chimiques
(Rathinasamy et al., 2019)		X	X			Vaccination
(Hüe, Fontfreyde, 2019)	Nouvelle Calédonie				X	Contrôle hygiénique

2.3.2. Les mesures de lutte

Comme évoqué dans les chapitres correspondants, la lutte contre la babésiose et l'anaplasmosse est essentielle d'un point de vue sanitaire et économique de par les pertes qu'elles représentent (Jabbar et al., 2015 ; Bock, De Vos, 2001). En effet, si certains se posent parfois la question de l'intérêt économique de lutter contre ces maladies, une étude (Thompson et al., 1978) montre qu'un traitement adapté permet de réduire significativement les pertes engendrées et est donc viable économiquement. Une protection efficace permet d'augmenter les productions et la croissance des animaux, diminue les coûts de traitements et les effets liés aux signes cliniques et engendre un gain de temps conséquent pour l'éleveur (Thompson et al., 1978).

Il existe de nombreuses manières de lutter contre ces hémoparasitoses. Certaines ont prouvé leur efficacité, d'autres sont en cours d'étude ou font encore débat. Dans tous les cas, les moyens sélectionnés dans un élevage ou une région doivent avant tout être adaptés à la situation, aux populations humaine et animale et à leur environnement. Les méthodes présentées par la suite sont des méthodes appliquées ou en vue d'application dans les régions tropicales ou subtropicales. Elles sont valables pour lutter à la fois contre la babésiose et l'anaplasmosse excepté quand cela est spécifié.

2.3.2.1. Mesures actuellement utilisées : les produits chimiques

Jusqu'à aujourd'hui, les moyens de lutte les plus utilisés contre les tiques et les maladies qu'elles transmettent sont les acaricides chimiques (Rathinasamy et al., 2019). Les études s'accordent à dire que leur efficacité est réelle mais peut être diminuée avec une utilisation trop massive de ces derniers (Rodriguez-Vivas et al., 2018). De plus, le danger qu'ils représentent pour l'environnement et les consommateurs pousse les éleveurs à réduire leur utilisation (Willadsen, 1997). Onze articles de la revue s'intéressent à ce sujet apportant ainsi des informations complémentaires : Miraballes et al., 2019 ; Rodriguez-Vivas et al. 2018 ; Jabbar et al., 2015 ; Regassa et al., 2004 ; Jongejan, Uilenberg, 2004 ; Valle et al., 2004 ; Regassa et al., 2003 ; Willadse, 1997 ; Nari, 1995 ; Montenegro-James, 1992 ; Thompson et al. 1978.

Il existe de nombreuses familles de molécules efficaces chez les bovins dont les principales sont présentées ci-dessous (Rodriguez-Vivas et al., 2018 ; George et al., 2002) :

- Les amidines dont l'amitraz est l'une des molécules les plus utilisées contre *R. microplus* dans les pays tropicaux en bain, spray ou pour-on
- Les lactones macrocycliques endectocides composés de trois groupes : les avermectines, les milbémycines et les spinosines. Elles sont très efficaces et ont une bonne rémanence. De nombreuses spécialités composées de ces molécules sont disponibles
- Les pyréthrinoïdes de 2^{ème} génération dont la perméthrine, la cyperméthrine, la deltaméthrine et le fenvalérate ont également de très bonnes efficacités en pour-on, spray ou bain.

Ces molécules peuvent être utilisées suivant plusieurs stratégies (Nari, 1995). Premièrement, elles peuvent servir de traitement prophylactique. L'objectif est de réduire le nombre de

tiques sur les bovins et la contamination des pâtures afin de réduire la pression d'infection des hémoparasitoses (Miraballes et al., 2019). Des traitements à intervalles réguliers doivent être faits (toutes les trois semaines ou plus selon la durée de rémanence du produit utilisé), et ce particulièrement dans la période propice au développement des tiques (Nari, 1995). Ensuite, elles peuvent être utilisées en traitement à partir d'un seuil, c'est-à-dire que les traitements sont déclenchés par période en fonction du nombre de tiques sur les animaux (Nari, 1995). Par exemple, dans l'article Valle et al., 2004, tiré de la revue, un traitement antiparasitaire est mis en place seulement lorsque plus de dix tiques sont observées sur un bovin. Cet article indique de plus que cette stratégie peut être utilisée plus facilement sur les races croisées zébu x européen qui résistent à une plus forte pression des tiques. Ainsi des traitements peuvent être mis en place lorsque la quantité de tiques sur les animaux est importante ou lors de périodes stressantes pour le cheptel comme des déplacements, des changements de lots ou de troupeaux (Regassa et al., 2004 ; Nari, 1995). Cela leur permet de s'adapter aux nouvelles situations et aux nouveaux parasites plus facilement. Enfin, des traitements opportunistes peuvent être effectués (Nari, 1995). En effet, pour ceux qui n'ont pas beaucoup de moyens financiers et/ou matériels, les traitements peuvent être faits de temps en temps et seulement sur les animaux qui le nécessitent réellement, lors de fortes atteintes parasitaires. Ce procédé est plus économique mais moins efficace. Il représente donc un risque important pour le développement des hémoparasitoses.

Cependant, de nombreux inconvénients des acaricides pour lutter contre les tiques tendent à faire diminuer leur utilisation. Tout d'abord, le recourt intensif aux acaricides a favorisé l'apparition de nombreuses résistances comme l'indiquent les articles de la revue (Rodriguez-Vivas et al., 2018 ; Jongejan, Uilenberg, 2004). Ces résistances peuvent apparaître assez rapidement avec l'utilisation intensive d'un nouveau produit et sont quasiment irréversibles (Willadsen, 1997). *R. microplus* est de plus un excellent candidat aux résistances et figure dans le « top 20 » des arthropodes les plus résistants aux acaricides (Barré, Uilenberg, 2010). Ces résistances sont retrouvées partout dans le monde comme le souligne la figure 8 et sont donc susceptibles de concerner la Polynésie française. Cela en fait un argument de choix pour diminuer au maximum leur utilisation.



Figure 8 Distribution géographique des résistances de *Rhipicephalus* aux acaricides (Rodriguez-Vivas et al., 2018)

Ensuite, de nos jours, le risque de résidus dans la viande et le lait est un point essentiel pour les consommateurs, l'utilisation des acaricides doit donc être faite avec parcimonie (Jabbar et al., 2015 ; Willadsen, 1997). Le risque de pollution environnementale est non négligeable et certains produits ont des impacts très importants sur la flore et la faune. Ils ne sont souvent pas très sélectifs et agissent également sur de nombreux insectes essentiels à l'équilibre environnemental (Díaz et al., 2019 ; Uilenberg, 1996). L'objectif est aujourd'hui de réduire au mieux l'impact de l'élevage sur l'environnement et cela doit passer par la réduction d'utilisation de produits toxiques (Díaz et al., 2019 ; Samish et al., 2004).

De plus, la mise en place de traitements acaricides est chronophage puisque les rémanences restent souvent modérées. Des applications tous les mois sont la plupart du temps nécessaires pour être efficaces ce qui demande du temps et du matériel qui n'est pas toujours à la portée des éleveurs. Cela représente de plus un coût important qui peut difficilement être assumé par la majorité des éleveurs en pays tropicaux (Díaz et al., 2019 ; Rodriguez-Vivas et al., 2018). Enfin, dans le cas de l'anaplasmose, la lutte contre les tiques ne suffit pas pour lutter contre sa transmission car, comme vu précédemment, d'autres vecteurs peuvent être à l'origine d'une transmission mécanique. Il faudrait donc lutter contre tous les insectes piqueurs pour avoir une bonne efficacité (Aubry, Geale, 2011).

D'autres solutions s'offrent pour pallier certains de ces problèmes. Pour continuer à utiliser des acaricides en diminuant le risque de développer des résistances, il est possible de faire appel à des traitements dit « générationnels ». Cela consiste à utiliser des principes actifs aux méthodes d'actions différentes pour chaque génération de tiques au cours d'une année. Cela réduit légèrement la pression de sélection appliquée lorsque 5 à 6 traitements sont effectués sur une année pour lutter contre les tiques (Miraballes et al., 2019). D'autres possibilités sont de remplacer ou de compléter ces traitements acaricides par d'autres méthodes qui sont présentées par la suite. Ces différentes méthodes de lutte peuvent être à visée évaluative, préventive ou offensive.

2.3.2.2. Mesures évaluatives

Les mesures évaluatives visent à préciser la situation épidémiologique dans laquelle se situe la zone considérée afin de pouvoir agir en conséquence (Ganzinelli et al., 2019). Cela se fait majoritairement par l'intermédiaire d'études sérologiques permettant d'obtenir la séroprévalence des hémoparasitoses concernées. Elles sont indispensables à la mise en place de toute stratégie de lutte dans des élevages ou des régions et sont donc réalisées dans de nombreux pays tels que la Malaisie, la Tunisie ou l'Uruguay (Miraballes et al., 2019 ; Bitrus et al., 2018 ; Bouattour et al., 2004). La détection des animaux positifs est également essentielle afin de prévenir la dissémination des parasites aux animaux sains (Alvarez et al., 2019). Six articles de la revue évoquent l'importance de la connaissance de l'épidémiologie dans la lutte contre les hémoparasitoses (Miraballes et al., 2019 ; Regassa et al., 2004 ; Regassa, et al., 2003 ; Uilenberg, 1996 ; Nari, 1995 ; Mahoney, Ross, 1972). Parmi eux, Mahoney, Ross en 1972, décrit précisément le lien entre la séroprévalence obtenue, la situation épidémiologique et les risques parasitaires qui en découlent.

L'objectif d'une étude sérologique étant d'évaluer la quantité d'animaux ayant rencontré le parasite et étant donc immunisés contre lui, les méthodes de diagnostic indirectes sont souvent favorisées (Mahoney, Ross, 1972). Les plus utilisées sont l'ELISA et l'IFAT car elles

présentent de bonnes sensibilité et spécificité à un coût correct et permettent la recherche simultanée de plusieurs espèces (Aubry, Geale, 2011 ; Regassa, et al., 2003). Cependant, la PCR montre également de bons résultats pour la mise en évidence de porteurs chroniques et peut donc être utilisée dans certaines études (Alvarez et al., 2019 ; Ganzinelli et al., 2019).

Le choix des animaux à prélever est délicat et dépend de nombreux paramètres. Les jeunes animaux sont particulièrement intéressants car ils permettent d'évaluer l'exposition récente du troupeau et d'estimer la dynamique épidémique. En effet, cette dernière dépend du pourcentage de veaux ayant rencontré le parasite avant 9 à 12 mois d'âge (Mahoney, Ross, 1972). Cependant, en utilisant cette classe d'âge, seule la pression parasitaire de l'année en cours est obtenue. Il faudrait donc pouvoir réaliser plusieurs études pour avoir une idée correcte du taux d'infestation des hémoparasitoses au cours du temps. L'évaluation sérologique des autres classes d'âge est donc intéressante car un animal immunisé le reste plusieurs années (Kocan et al., 2003). On obtient alors une image à plus long terme de la circulation des parasites. Tout cela est à étudier au cas par cas. Par exemple, l'étude de Miraballes et al. en 2019 se concentre sur des veaux de 9 à 12 mois comme le préconise Mahoney, Ross en 1972, tandis que Regassa et al. en 2003 et Bouattour et al. en 2004 incluent dans leur étude les bovins adultes.

L'étude sérologique permet ensuite de définir les objectifs de lutte en fonction de la séroprévalence obtenue (Regassa, et al., 2003 ; Mahoney, Ross, 1972). Ainsi, si plus de 75% des veaux de deux à neuf mois sont séropositifs, la situation est considérée comme endémique stable (Mahoney, Ross, 1972). Un équilibre entre les hôtes, les parasites et leurs vecteurs est atteint. Les cas actifs de babésiose ou d'anaplasmose sont alors rares voire absents (Bock et al., 2004). Le but est ainsi de maintenir un niveau d'infestation correct afin de conserver cette situation, c'est-à-dire, qu'il faut garder une pression parasitaire suffisante pour maintenir l'immunité mais ne pas non plus arriver à des parasitémies trop élevées qui pourraient être délétères pour les animaux (Troncy et al., 2000). Cet objectif peut être atteint grâce à une surveillance rapprochée des animaux permettant de les traiter seulement quand la pression devient trop importante (Regassa, et al., 2003). Par exemple, les éleveurs peuvent réaliser des traitements lorsque beaucoup de tiques sont visibles sur les animaux ou pendant les périodes les plus à risque de l'année (Jabbar et al., 2015). La situation endémique stable est précaire et dépend des variations de climat, des races utilisées, des fluctuations de populations de tiques et des stratégies de contrôle (Ganzinelli et al., 2019). Du fait de ces nombreux facteurs, il est parfois compliqué de maîtriser une telle situation. L'avantage en Polynésie française est que la pression parasitaire semble rester toujours présente au cours de l'année, même si elle varie légèrement en fonction des saisons, favorisant le maintien d'une situation endémique stable.

Lorsque 12 à 75% des veaux sont séropositifs, la situation est qualifiée d'endémique instable (Mahoney, Ross, 1972). Cette situation est reliée à une population de tiques insuffisante pour maintenir une immunité protectrice chez les animaux. Cela peut être dû aux variations importantes du climat ne permettant pas aux tiques d'être présentes toute l'année ou bien aux nombreux traitements contre les tiques diminuant fortement leur population (Regassa, et al., 2003 ; Troncy et al., 2000). Il est alors nécessaire de provoquer artificiellement une prémunition contre les hémoparasitoses en ayant par exemple recourt à la vaccination (Ojeda et al., 2010).

La situation endémique critique est atteinte lorsque moins de 12% des veaux sont immunisés (Mahoney, Ross, 1972). Dans ce cas, deux approches sont envisageables. La première est d'éliminer totalement les tiques et/ou leurs parasites afin d'en devenir indemne (Troncy et al., 2000). Cette solution est coûteuse, demande beaucoup d'investissement et de rigueur et ne peut pas être appliquée partout (Nari, 1995 ; Montenegro-James, 1992). La deuxième approche consiste à chercher à retrouver une situation stable (Troncy et al., 2000). Cela peut se faire en diminuant les traitements antiparasitaires afin d'augmenter la population de tiques (Regassa, et al., 2003 ; Troncy et al., 2000) ou en vaccinant les animaux pour leur assurer une bonne immunité (Ojeda et al., 2010).

Enfin, dans le cas des zones indemnes, le risque est l'introduction accidentelle de tiques ou d'animaux parasités (Mahoney, Ross, 1972). En effet, aucun animal n'est immunisé et l'introduction de babésiose ou d'anaplasmose ferait alors énormément de dégâts. Il est donc important de rester vigilant et d'appliquer des mesures de protection, d'autant plus si des zones infectées sont proches (Nari, 1995). Cela passe notamment par des traitements anti-tiques rigoureux. Les animaux malades ou suspects doivent être recherchés à l'aide de tests diagnostiques (directs ou indirects) et traités ou abattus (Aubry, Geale, 2011). Il est également essentiel de gérer les mouvements d'animaux : ils sont interdits au départ, puis très contrôlés par la suite à l'aide de quarantaines, de traitements acaricides et de traitements contre les hémoparasitoses (Troncy et al., 2000 ; Nari, 1995).

Une fois les objectifs définis, des moyens de lutte adaptés doivent être mis en place.

2.3.2.3. Mesures préventives

Les mesures préventives rassemblent les méthodes pouvant être mises en place afin d'apporter aux bovins une bonne immunité contre la babésiose et l'anaplasmose. Elles n'agissent pas directement sur la quantité de parasites dans le milieu extérieur mais permettent aux animaux de lutter efficacement contre ces derniers. Parmi elles, deux méthodes semblent prometteuses et sont donc détaillées par la suite : la vaccination et l'amélioration génétique du troupeau.

2.3.2.3.1. Vaccination

La vaccination contre les parasites ou contre les tiques vectrices est un moyen à la fois économique et efficace de lutter contre les hémoparasitoses (Kocan et al., 2003). Depuis des années, des vaccins sont utilisés et ont prouvé leur efficacité, mais de nombreuses recherches sont encore en cours pour les améliorer et diminuer leurs coûts de production. Sur 33 articles de la revue, 20 d'entre eux parlent de la vaccination contre les hémoparasitoses ou contre les tiques, ce qui souligne l'importance de ce moyen de prévention.

Le vaccin idéal serait un vaccin qui évite les infections par les hémoparasitoses, induit une bonne immunité protectrice et bloque leur transmission biologique (Aubry, Geale, 2011). Il empêcherait ainsi la propagation des parasites et pourrait permettre d'éradiquer la babésiose et l'anaplasmose avec un taux correct de couverture vaccinale. Cependant, ce vaccin est encore loin d'être trouvé. Pour l'instant, l'objectif des vaccins disponibles est de diminuer au maximum l'apparition de signes cliniques grâce à une bonne protection immunitaire. Ces vaccins n'empêchent pas l'apparition de porteurs chroniques et la dissémination de la maladie (Kocan et al., 2003) mais sont très utiles pour réduire l'impact économique et sanitaire de la babésiose et l'anaplasmose sur les élevages tropicaux. En effet, même en zone endémique où

il ne devrait en théorie pas y avoir de cas cliniques (Mahoney, Ross, 1972) on peut parfois en observer (Ojeda et al., 2010). Les causes de ces cas ne sont pas encore toutes élucidées mais la vaccination est un bon moyen de les éviter car elle protège efficacement les animaux qui n'acquièrent pas l'immunité naturellement (Ojeda et al., 2010).

Il existe plusieurs types de vaccin susceptibles de protéger contre *B. bovis*, *B. bigemina* et *A. marginale*. Des recherches sont faites dans ce domaine depuis plusieurs années afin d'améliorer leur efficacité, innocuité et coûts de production. L'objectif est d'avoir des vaccins capables d'avoir une bonne immunogénicité contre différentes souches, une durée d'immunité assez longue, d'être efficaces contre plusieurs espèces de parasites (*B. bovis*, *B. bigemina* et *A. marginale*) et d'être stables (Montenegro-James, 1989). Les différents types de vaccins sont présentés par la suite.

Les vaccins inactivés ne sont aujourd'hui quasiment plus utilisés. Ils ont été retirés du marché mais sont encore utilisés dans certains états en tant que vaccins expérimentaux (Aubry, Geale, 2011). Ces vaccins sont plus sûrs d'utilisation car il y a moins de risques de contamination par d'autres pathogènes lors de leur production que les vaccins vivants. De plus, lors de leur inoculation ils ne provoquent pas de signes cliniques et il n'y a aucun risque de retour à une pathogénicité. Ils sont enfin beaucoup moins chers à stocker car la chaîne du froid n'a pas besoin d'être aussi scrupuleusement respectée. Cependant, ces vaccins sont moins immunogènes que les vaccins vivants et nécessitent donc deux injections de primo-vaccination et des rappels annuels, ce qui peut représenter un frein à leur utilisation (Bock, De Vos, 2001). Leur coût de production est également plus élevé car leur purification est compliquée. Enfin, l'immunité protectrice qu'ils procurent est plus faible que pour des vaccins vivants et n'induit pas une protection croisée suffisante contre les souches de différentes zones géographiques (Kocan et al., 2003).

Les vaccins vivants sont les plus utilisés. Le principe est d'inoculer aux animaux que l'on veut protéger les parasites en petite quantité afin de stimuler leur système immunitaire. Ces parasites sont obtenus par inoculation de nombreuses souches de babésies et de rickettsies à des animaux splénectomisés. Lors des premières vaccinations qui ont été mises en place, les parasites ne subissaient pas d'atténuation au préalable, il était donc nécessaire d'utiliser un traitement protecteur au moment de la vaccination (Kocan et al., 2003). Ce traitement devait être correctement dosé pour empêcher l'apparition de signes cliniques mais permettre tout de même la mise en place d'une immunité. L'imidocarbe ou l'oxytétracycline étaient généralement utilisés (Troncy et al., 2000). Ce procédé reste très incertain car l'apparition des signes cliniques ne peut parfois pas être évité. L'injection d'un tel vaccin nécessite le plus souvent la présence d'un vétérinaire capable d'évaluer l'état clinique des animaux et d'intervenir en conséquence, ce qui revient très cher (Kocan et al., 2003). Cette technique est donc aujourd'hui mise de côté au profit de l'utilisation de souches atténuées.

Les souches atténuées sont obtenues par passages sur des veaux splénectomisés pour la babésiose ou sur des moutons ou des cerfs pour l'anaplasmose (Kocan et al., 2003). Au fur et à mesure des passages, les souches perdent leurs capacités pathogènes. Environ 8 à 20 passages sont nécessaires pour obtenir une sous-population de parasites moins virulente pour le bovin et qui n'est plus infectante pour les tiques (Bock et al., 2004). L'avantage de cette méthode est que l'on obtient un vaccin très immunogène, capable de protéger contre des

souches distinctes géographiquement (Bock, De Vos, 2001). Le vaccin procure une protection efficace dans plus de 95% des cas pour *B. bovis* et *B. bigemina* (Bock et al., 2004) et est durable puisqu'avec une seule injection l'animal est protégé à vie contre *B. bovis*, *B. bigemina* et *A. marginale* (Kocan et al., 2003 ; Bock, De Vos, 2001 ; Wright, 1990). L'immunisation est obtenue 6 à 8 semaines après l'injection (OIE, 2018). Cependant, même si les souches sont atténuées, les vaches adultes et particulièrement les fortes productrices sont sensibles et peuvent tout de même parfois présenter des signes cliniques à la suite d'une vaccination. Il est donc recommandé de ne vacciner que les animaux de moins de 9 mois qui ne sont pas sensibles aux hémoparasitoses afin de leur procurer une immunité à vie. Lorsque la vaccination d'un adulte ne peut pas être évitée, il est recommandé de bien surveiller l'animal pendant trois semaines et de le traiter si nécessaire (Bock, De Vos, 2001). L'utilisation de souches atténuées présente également un risque de retour à la virulence pouvant être responsable de signes cliniques importants sur l'animal vacciné mais aussi de l'introduction de nouveaux parasites dans le troupeau (Troncy et al., 2000 ; Wright et al., 1992). De plus, la méthode de fabrication implique qu'une contamination du vaccin par d'autres pathogènes sanguins peut avoir lieu si l'animal splénectomisé en était porteur. De nombreuses précautions sont donc prises au cours de la production des vaccins et des contrôles stricts sont appliqués sur les produits finis (Hove et al., 2018 ; Bock et al., 2004 ; Troncy et al., 2000). Enfin, la production et la commercialisation de ce vaccin posent de nombreux problèmes. Son procédé de fabrication est complexe et difficile à standardiser ce qui rend son coût de production important. L'utilisation de veaux splénectomisés dans le processus rend son acceptation de plus en plus difficile pour des raisons de bien-être animal (Bock, De Vos, 2001 ; Bock et al., 1995). De plus, seuls des organismes financés par les gouvernements locaux en produisent et il est donc très difficile de s'en procurer, même à coût élevé (Bock et al., 2004). Sa conservation est ensuite difficile car le vaccin peut soit être réfrigéré pendant quelques jours seulement, soit être congelé, ce qui pose des problèmes pour le transport jusqu'aux élevages (OIE, 2018 ; Hove et al., 2018).

Pour l'immunisation contre *A. marginale*, une autre méthode est d'utiliser *A. centrale*, une espèce moins pathogène pour les bovins mais procurant quand même une immunité croisée. En effet, les deux espèces possèdent des épitopes immuno-dominants en commun ce qui permet à la réponse protectrice d'être efficace contre l'une et l'autre. Ce vaccin présente les mêmes caractéristiques que celui à base de souches atténuées. Si son efficacité contre *A. marginale* est parfois discutée (Hove et al., 2018), il reste très utilisé en Amérique du Sud et en Australie (OIE, 2018 ; Kocan et al., 2003).

Avec tous ces vaccins, des échecs de vaccination restent possibles, et ce pour plusieurs raisons. Premièrement, l'échec peut être lié aux animaux. Ceux-ci peuvent présenter une diminution d'immunité qui empêche l'immunisation correcte contre les babésies et les rickettsies. Cette diminution peut être liée à un stress comme lors de déplacements, de changements de troupeau ou de stress nutritionnel ou à une maladie intercurrente qu'elle soit virale, bactérienne ou parasitaire. Le génotype de l'hôte peut également intervenir. Il est par exemple connu que les *Bos taurus*, beaucoup plus sensibles à l'anaplasmose et la babésiose, présentent une moins bonne protection que les *Bos indicus* (Bock, De Vos, 2001). Ensuite, les échecs peuvent également être liés aux vaccins. Une mauvaise conservation peut tuer les souches qui sont alors beaucoup moins immunogènes. Les souches choisies peuvent être trop

différentes des souches locales (Bock, De Vos, 2001). Enfin, le moment de l'injection du vaccin a également son importance car si par exemple il est effectué en même temps que d'autres valences, son efficacité sera diminuée (OIE, 2018).

Une deuxième génération de vaccin devrait être élaborée grâce à des antigènes de babésies et de rickettsies (Rathinasamy et al., 2019). L'avantage principal est que ces vaccins sont plus sûrs d'utilisation et ne provoquent pas de signes cliniques. De plus, les procédés de fabrication et de conservation sont plus contrôlables qu'avec des souches vivantes tout en conservant une immunogénicité convenable.

Les antigènes utilisés peuvent être de différentes sortes et de nombreuses recherches ont lieu à ce sujet (Troncy et al., 2000). La difficulté pour la production de tels vaccins est le fait que les antigènes majeurs des babésies et des rickettsies ne sont pas protecteurs mais induisent une forte production d'anticorps. Au contraire, les antigènes protecteurs sont des composants mineurs du parasite mais induisent une faible production d'anticorps (Wright, 1990). Il faut donc réussir à trouver les bons antigènes et ensuite parvenir à les produire. Les connaissances de plus en plus poussées des agents de la babésiose et de l'anaplasmose permettent de faire des avancées dans ce domaine, mais aucun vaccin n'est encore sorti (Kocan et al., 2010 ; Bock et al., 2004).

La vaccination contre les tiques est également possible. Elle est *a priori* spécifique de *Boophilus microplus* (Jabbar et al., 2015) mais le vaccin semble marcher également contre *B. annulatus* (Jongejan, Uilenberg, 2004). Elle peut donc s'avérer très utile dans la lutte contre la babésiose et l'anaplasmose qui sont toutes deux transmises par ces tiques.

Deux vaccins ont été produits, TickGard en Australie et Gavac en Amérique Latine (de la Fuente et al., 1999). Ces vaccins sont tous les deux composés d'un antigène majeur de l'intestin de la tique, le Bm86. Le bovin vacciné produit donc des anticorps dirigés contre cet antigène qui provoquent la lyse des cellules intestinales de la tique lors de son repas sanguin. Ainsi, la plupart des tiques sont tuées suite au repas sanguin. Celles qui survivent ont une croissance moins importante et une plus faible capacité de production d'œufs. L'utilisation de ces vaccins permettrait de réduire de 80% la population de tiques (Willadsen, 1997). Cependant, cette efficacité est controversée et toutes les études ne font pas consensus. Csordas et al. (2018) indique plutôt des efficacités modérées avec 49,2% de réduction pour TickGard et 46,4% pour Gavac. De plus, l'inconvénient majeur du vaccin contre les tiques est son protocole qui comprend trois primo-injections à un mois d'intervalle et des rappels biannuels. Enfin, des résistances à ces vaccins pourraient être possibles grâce au polymorphisme du gène Bm86 (Rodriguez-Vivas et al., 2018). Aujourd'hui, TickGard n'est plus commercialisé mais Gavac continue d'être produit et utilisé par de nombreux éleveurs en Amérique du Sud (Rodriguez-Vivas et al., 2018). En effet, même si leur efficacité n'est pas de 100%, ces vaccins permettent de réduire l'utilisation des acaricides et de diminuer la prévalence des hémoparasitoses (Jabbar et al., 2015 ; de la Fuente et al., 1999).

Une étude sur l'utilisation des vaccins anti-tique est actuellement en cours en Nouvelle-Calédonie dont les résultats seront probablement disponibles fin 2020. Cette étude peut être très intéressante pour la Polynésie française et ses résultats pourraient influencer la mise en place ou non d'une telle vaccination dans certains élevages.

2.3.2.3.2. Amélioration génétique du troupeau

Le deuxième moyen d'améliorer l'immunité des animaux vis-à-vis de la babésiose et de l'anaplasmosse est d'effectuer une amélioration génétique du troupeau. Ce dernier est évoqué dans six articles scientifiques inclus dans la revue (Rocha et al., 2019 ; Rodriguez-Vivas et al., 2018 ; Tabor et al., 2017 ; Hüe et al., 2014 ; Willadsen, 1997 ; Uilenberg, 1996).

Comme évoqué précédemment, les races rustiques ayant co-évolué avec les tiques durant de nombreuses décennies ont développé de nombreux mécanismes de défense (Tabor et al., 2017). Elles sont beaucoup plus résistantes que les races européennes nouvellement introduites en pays tropicaux. De nombreux caractères sont responsables de ces capacités de résistance. Premièrement, leur système immunitaire est beaucoup plus développé contre les tiques et interfère avec l'alimentation et la capacité de reproduction de celles-ci. En effet, les bovins immunisés diminuent la croissance des tiques, leur durée d'attachement, le nombre d'œufs pondus, le nombre de tiques attachées, etc (Tabor et al., 2017). De plus, des barrières physiques sont aussi présentes pour diminuer l'attachement des tiques aux bovins. Ainsi, la densité du pelage, l'épaisseur, la couleur et l'odeur de la peau et la capacité des bovins à se nettoyer influencent beaucoup le nombre de tiques présentes sur eux (Tabor et al., 2017; Hüe et al., 2014). L'objectif est donc de garder ces capacités de défenses naturelles des bovins en zones tropicales tout en améliorant leurs capacités de production. Pour ce faire, deux stratégies complémentaires sont possibles.

Premièrement, des races rustiques du genre *Bos indicus* ont été utilisées pures ou en croisement avec des *Bos taurus* afin d'obtenir un bon équilibre entre résistance et production (Jabbar et al., 2015). Un des moyens d'y parvenir est de développer des troupeaux constitués de vaches mères sélectionnées pour leur rusticité et leur résistance aux tiques sur lesquelles des taureaux avec de bonnes qualités bouchères sont utilisés (Lafleur et al., 2019). Ainsi les mères résistent bien aux tiques et le transmettent à la descendance, tandis que le taureau apporte les qualités nécessaires pour valoriser les produits. Cette transmission est permise grâce à une relativement bonne héritabilité du caractère de résistance comme l'indique Tabor et al. en 2017. Afin de garder une bonne protection contre les tiques, les bovins doivent avoir au moins 3/8 de *Bos indicus*, mais il n'est cependant pas conseillé de dépasser 3/4 de *Bos indicus* pour éviter les problèmes de fertilité associés à ces races (Hüe et al., 2014 ; Bock et al., 1995). De nombreuses races rustiques sont disponibles, présentant chacune des caractéristiques différentes. Beaucoup d'efforts de sélection ont déjà été effectués en Australie, Nouvelle-Zélande et aux Etats-Unis pour obtenir des races adaptées aux climats extrêmes et résistantes aux tiques. Ces races correspondent très bien aux besoins de territoires tropicaux comme la Polynésie française. Certaines d'entre elles ont été testées avec succès en Nouvelle-Calédonie comme la Sénépol (Hüe et al., 2014) et la Belmont Red (Hüe, 2019) et pourraient être utilisables en Polynésie française. D'autres races sont déjà utilisées depuis plusieurs années en Polynésie française comme la Brahman, la Santa Gertrudis ou la Droughtmaster qui présentent de bonnes adaptations à la vie en pays tropicaux.

Deuxièmement, parmi les animaux du troupeau, une pression de sélection peut être effectuée en éliminant ou ne laissant pas se reproduire les animaux ayant le plus de tiques. De cette manière, au cours du temps, les animaux les plus résistants sont sélectionnés (Tabor et al., 2017). Cette méthode est permise par le fait que la résistance aux tiques soit un caractère qui

semble être porté par un seul gène ou un petit groupe de gènes et présente donc une forte héritabilité (Tabor et al., 2017 ; Willadsen, 1997). Rodriguez-Vivas et al. (2018), article scientifique tiré de la revue, indique quant à lui une héritabilité modérée ($h^2 = 0,34$) permettant tout de même de réaliser une telle sélection.

Cependant, pour la mise en place de ces méthodes d'amélioration génétique, et plus particulièrement pour la deuxième méthode, il est nécessaire de disposer d'une identification individuelle des animaux. En effet, cela permet de correctement tracer les ascendances et descendances et d'évaluer les lignées (Lafleur et al., 2019). Cette identification n'est pas encore mise en place en Polynésie française et représente un potentiel d'amélioration important. Ensuite, afin de réaliser toutes les manipulations dans de bonnes conditions et en sécurité pour les animaux et les manipulateurs, des infrastructures de contention sont requises (Lafleur et al., 2019). Celles-ci sont encore très peu nombreuses à Tahiti où seuls quelques élevages sont équipés. C'est une des raisons qui rend le suivi sanitaire compliqué et la réalisation de prises de sang périlleuse. Si des éleveurs souhaitent réaliser des programmes d'amélioration de leur troupeau dans le cadre de la lutte contre les tiques ou dans d'autres objectifs, ils doivent trouver des systèmes de contention adaptés afin de rendre les manipulations réalisables. De plus, les échanges ou ventes d'animaux entre éleveurs locaux, l'importation de bovins (locale ou régionale) et le recours à l'insémination artificielle sont des outils incontournables pour mettre en place une sélection génétique efficace (Lafleur et al., 2019). Enfin, la base d'une sélection génétique est de définir des objectifs de production ou des caractères se basant sur des critères objectifs et mesurables (Lafleur et al., 2019). Il s'agit par exemple de pesées régulières pour objectiver la croissance des animaux, d'évaluation de la conformation bouchère avec des grilles adaptées, de noter les facilités de vêlage des mères, d'évaluer le nombre de tiques sur les animaux à des intervalles réguliers, etc. Le but est ici de sélectionner objectivement les animaux sur la base de critères prédéfinis et d'assurer une pression de sélection assez forte pour éliminer les animaux qui ne sont pas améliorateurs pour le troupeau (Hüe, 2019).

2.3.2.4. Mesures offensives

Les mesures offensives rassemblent les méthodes visant à diminuer la pression parasitaire. La plupart d'entre elles agissent sur les populations de tiques susceptibles de transmettre la babésiose et l'anaplasmose. Ces méthodes sont très diverses, certaines sont déjà utilisées à grande échelle, d'autres ont encore des preuves à faire pour être utilisées au quotidien.

2.3.2.4.1. Méthode hygiénique

La gestion de la biosécurité dans un élevage est essentielle dans le contrôle de nombreuses maladies dont font partie les hémoparasitoses. Les règles sanitaires de base ainsi que des actions hygiéniques complémentaires peuvent permettre à elles seules la diminution des cas de babésiose ou d'anaplasmose. Cinq articles scientifiques inclus dans la revue font mention ou portent sur ces méthodes hygiéniques (Hüe, 2019 ; Zabel, Agosto, 2018 ; Rodriguez-Vivas et al., 2018 ; Jabbar et al., 2015 ; Uilenberg, 1996).

L'hygiène du matériel utilisé est un point essentiel particulièrement dans le cadre de la lutte contre l'anaplasmose. En effet, un des deux grands modes de contamination de cette hémoparasitose est le transfert mécanique du parasite. Cela implique donc qu'il est indispensable de correctement nettoyer ou changer le matériel entre deux animaux lorsque

celui-ci a été en contact avec du sang. Cela concerne entre autres les aiguilles, le matériel d'écornage, de castration et de tatouage (Aubry, Geale, 2011). Un simple rinçage dans un seau rempli de désinfectant peut déjà être suffisant pour éviter les contaminations des bovins suivants. Sans cela, il a été montré que 6 animaux sur 10 pouvaient être contaminés avec l'utilisation d'une seringue contaminée par un seul animal infecté (Zabel, Agosto, 2018). Il est également important, surtout pour lutter contre l'anaplasmose, d'appliquer une bonne hygiène des abreuvoirs, mangeoires et enclos. Il faut également gérer correctement le fumier et le garder protégé afin de ne pas attirer plus d'insectes et de bien protéger la nourriture qui est stockée (Aubry, Geale, 2011). Toutes ces règles d'hygiène sont très importantes afin de limiter la dissémination de nombreuses maladies dont l'anaplasmose mais ne sont pas toujours correctement appliquées par les éleveurs. L'étude de Zabel, Agosto de 2018 inclue dans la revue conclue que de plus amples efforts sur l'hygiène dans les élevages permettraient de lutter efficacement contre l'anaplasmose.

Dans de nombreux pays en développement où les éleveurs possèdent en général moins d'une dizaine de bovins, le retrait manuel des tiques s'avère également être une solution efficace (Jabbar et al., 2015). Cependant, ce procédé nécessite beaucoup de temps et de main d'œuvre et doit être fait régulièrement pour protéger correctement les bovins. Il n'est donc pas du tout envisageable sur des élevages de plus grande taille ou sur des élevages, comme beaucoup en Polynésie française, où les bovins ne sont pas souvent manipulés.

Enfin, la rotation des pâtures peut aussi être une piste intéressante mais elle est difficile à gérer. En effet, afin d'assainir une prairie en affamant les tiques, il faut compter une période de trois à quatre mois sans animaux en Australie (Rodriguez-Vivas et al., 2018) et celle-ci peut aller jusqu'à quatre à cinq mois dans certaines zones comme la Nouvelle-Calédonie (Hüe, 2019). Or, une période aussi longue sans pâturage a un effet négatif sur la qualité des pâtures (Hüe, 2019 ; Rodriguez-Vivas et al., 2018). L'étude de Hüe, 2019, inclue dans la revue, propose cependant une alternative plus gérable et efficace de gestion des pâtures. Elle consiste à prendre en compte la biologie de la tique et les conditions climatiques – essentiellement la température et les précipitations – pour créer un calendrier de contamination des pâtures. Ce calendrier peut ensuite être facilement utilisé par les éleveurs pour décider du moment et de l'endroit de pâturage des animaux. Cette étude a été effectuée sur deux élevage de Nouvelle-Calédonie et affiche de bons résultats avec notamment une réduction de 82,9% et 70,9% de l'utilisation des acaricides chimiques. Une étude préalable en Polynésie française est nécessaire pour l'application d'une telle méthode, mais si cette dernière se montre réellement efficace, il peut être intéressant de l'adapter à cet archipel.

2.3.2.4.2. Utilisation des plantes

L'utilisation d'extraits de plantes peut représenter une méthode alternative à l'utilisation de produits acaricides chimiques. Cette utilisation fait l'objet de plus en plus d'études afin d'évaluer sa réelle efficacité. Parmi les articles scientifiques de la revue, Díaz et al., 2019 ; Rodriguez-Vivas et al., 2018 ; Hüe et al., 2015 abordent ce sujet.

Les huiles essentielles de plantes montrent des propriétés intéressantes dans la lutte contre les tiques. Ces huiles essentielles sont en général constituées de nombreux composants (20 à 60 composants différents) en concentrations différentes. La plupart du temps, l'huile contient deux ou trois éléments majeurs qui vont lui procurer ses propriétés biologiques et les autres

composants vont venir compléter ou potentialiser ses effets (Díaz et al., 2019). Il a été montré que chaque composant a une action seule mais ils peuvent avoir des actions différentes lorsqu'ils sont réunis. D'après Bassolé, Juliani en 2012, quatre types d'interaction peuvent avoir lieu : indifférence (les composants n'interagissent pas ensemble lorsqu'ils sont réunis), addition (l'effet des différents composants réunis est égal à la somme des effets individuels de chaque composant), synergie (l'effet de la réunion des composants est supérieur à la somme de l'effet de chacun d'entre eux) ou antagonisme (l'effet des composants est moins important lorsqu'ils sont utilisés ensemble que lorsqu'ils sont utilisés séparément). Le but est donc de trouver non seulement les composants acaricides, mais également de trouver les bonnes associations avec les concentrations optimales correspondantes (Díaz et al., 2019). De plus, chaque composant lutte contre les tiques avec un mode d'action qui lui est propre. L'objectif est d'associer des composants ayant des mécanismes d'action différents afin de réduire la pression de sélection et donc de retarder le développement de résistances lors de leur utilisation simultanée (Díaz et al., 2019 ; Rodriguez-Vivas et al., 2018). Ces différents articles citent de nombreuses mixtures ayant une activité acaricide, mais la plupart n'ont testé cet effet qu'en laboratoire. Par exemple, un mélange d'huiles essentielles à base de cumin (*C.cyminum*), piment de jamaïque (*P.dioica*) et cannelle (*C.zeylanicum*) a prouvé son efficacité contre *R. microplus*. Cependant, de plus amples études sur le terrain sont nécessaires afin de vérifier l'efficacité de ces huiles essentielles (Rodriguez-Vivas et al., 2018).

Concernant les plantes utilisables en Polynésie française, une étude menée en Nouvelle-Calédonie sur les huiles essentielles extraites d'espèces d'*Ocimum* de la famille Lamiaceae montrent des caractères potentiellement intéressants dans la lutte contre les tiques. Leurs composés majeurs sont le thymol, l'eugénol et l'élímicine. Ils ont tous les trois des propriétés acaricides démontrées dans plusieurs études (Díaz et al., 2019 ; Araújo et al., 2016 ; Novato et al., 2015). Cependant, dans chaque espèce, la concentration de ces composants est différente et leur association est plus ou moins efficace pour la lutte contre les tiques. L'espèce la plus présente en Polynésie française, *Ocimum gratissimum* connu sous le nom de « basilic sauvage » ou « Miri taratoni » (TH, 2017), semble présenter une bonne efficacité contre les larves de *R. microplus* avec une concentration létale pour 50% des tiques (CL50) de moins d'un pourcent (Hüe et al., 2015). Ces études ont cependant été réalisées en laboratoire et des études de terrain sont nécessaires afin d'en confirmer l'efficacité réelle.

Certaines plantes peuvent également être utilisées directement dans les pâtures pour piéger les tiques. En effet, ces plantes attirent particulièrement les tiques et les retiennent par divers mécanismes. Par exemple, il a été montré que *Stylosanthes scarbra*, une légumineuse tropicale, peut piéger entre 12 et 27% des larves. Cependant son efficacité est diminuée en fonction de sa proportion dans la pâture et de son stade physiologique (Rodriguez-Vivas et al., 2018). Cette légumineuse n'est pas retrouvée en Polynésie française mais est déjà utilisée dans de nombreux pays tropicaux. De même, *Acalypha fruticosa* a également prouvé son efficacité pour piéger les tiques (Rodriguez-Vivas et al., 2018). Si cette famille est présente en Polynésie française, cette espèce particulière ne l'est pas. On retrouve par contre l'*Acalypha hispida* qui est une espèce protégée connue sous le nom de « queue de chat » ou « aero mimi » (TH, 2016). Cette dernière pourrait potentiellement être utilisée dans les pâturages tahitiens mais de plus amples études sont nécessaires afin de prouver son efficacité. Ces plantes ne sont pas assez efficaces pour être utilisées seules pour la lutte contre les tiques,

mais pourraient être combinées à d'autres méthodes afin de diminuer la pression exercée par les populations de tiques sur les bovins.

Enfin, en plus d'avoir un effet de piège sur les tiques, ces espèces ont des valeurs nutritionnelles intéressantes pour l'alimentation des bovins. Or, il a été prouvé que l'alimentation est un facteur clé dans la résistance contre les tiques. Ainsi, des études montrent que des animaux sur des pâtures pauvres sans complémentation perdent de manière importante leur résistance aux tiques, et ce même sur des races fortement résistantes de base (Rodriguez-Vivas et al., 2018). Enrichir les prairies avec les plantes citées précédemment ou d'autres plantes avec de bonnes valeurs nutritionnelles est donc un levier intéressant dans la lutte contre les tiques.

2.3.2.4.3. *Biopesticides*

Les biopesticides sont des organismes vivants ou non qui doivent être appliqués sur une population à chaque fois que le contrôle du parasite est nécessaire. Les organismes utilisés ne survivent pas après cette application ponctuelle qui a donc une rémanence limitée. A ce titre, certaines bactéries et les champignons sont souvent considérés comme des biopesticides car ils ne prolifèrent pas dans l'environnement lors de leur utilisation. Ils restent cependant intéressants pour lutter de manière durable contre les tiques et les maladies qu'elles transmettent (Rodriguez-Vivas et al., 2018). Les biopesticides ont été évoqués dans trois articles scientifiques inclus dans la revue (Rodriguez-Vivas et al., 2018 ; Samish et al., 2004 ; Uilenberg, 1996).

Certaines bactéries sont pathogènes pour les tiques mais inoffensives pour les hommes ou les animaux. Elles pourraient donc être utilisées pour lutter contre les tiques. Il a par exemple été mis en évidence que la bactérie *Cedecea Lapagei*, une entérobactérie, est pathogène pour *Rhipicephalus microplus*. Cette bactérie contamine la tique par les orifices génitaux et provoque 100% de mortalité en laboratoire. Mais de plus amples études restent encore nécessaires pour pouvoir utiliser ce moyen de lutte correctement, pour connaître son efficacité in vivo, s'assurer de son innocuité pour les bovins et l'homme et trouver comment l'utiliser en pratique (Samish et al., 2004).

Les champignons peuvent également être un moyen de lutte contre les tiques (Samish et al., 2004 ; Uilenberg, 1996). En effet, certains d'entre eux ont la capacité de pénétrer la cuticule des arthropodes, d'être mortels pour les différents stades de la tique et d'être assez spécifiques d'une souche ou d'une espèce d'arthropode. Cependant, les champignons mettent du temps à tuer leur hôte, nécessitent des taux d'humidité très élevés pour se développer correctement, sont sensibles aux UV et peuvent potentiellement affecter d'autres espèces d'arthropodes qui ne sont pas la cible visée. De plus, leur production en grande quantité a un coût non négligeable et ils n'ont qu'une faible durée de vie une fois produits, ce qui rend leur utilisation compliquée. Malgré tout cela, de nombreuses études sont effectuées afin de trouver une utilisation réalisable de ces champignons contre les tiques. Ainsi, il a été montré que *Metarhizium anisopliae* diminue la population de larves de *R. microplus* en seulement une semaine lorsqu'elle est disséminée dans la pâture. De même lorsqu'elle est utilisée directement sur les bovins, *M. anisopliae* diminue la survie des femelles ainsi que les taux de production d'œufs et la masse de leurs œufs. Enfin, *R. microplus* infesté avec *Verticillium lecanii* réduit le nombre de tiques présentes sur l'hôte de 48 à 79% lors d'un

traitement et de 94 à 99% avec quatre traitements. Toutefois, comme pour les bactéries, de plus amples études sont nécessaires pour pouvoir utiliser sur le terrain les champignons pour lutter contre les tiques (Rodriguez-Vivas et al., 2018 ; Samish et al., 2004).

2.3.2.4.4. *Contrôle biologique*

Au contraire des biopesticides, les agents de contrôle biologique sont prévus pour perdurer dans l'environnement. Le but est de leur permettre de se développer et de se reproduire afin d'avoir une lutte contre les parasites plus durable dans le temps. Leur rôle est de diminuer la population d'équilibre des tiques. Diverses espèces peuvent être utilisées dans le cadre de la lutte contre les tiques telles que les nématodes, les fourmis et de nombreuses espèces d'oiseaux (Rodriguez-Vivas et al., 2018). Les trois articles de la revue abordant ce sujet sont Rodriguez-Vivas et al., 2018 ; Samish et al., 2004 ; Jongejan, Uilenberg, 2004.

Samish et al. en 2004, citent deux familles de nématodes (Heterorhabditidae et Steinernematidae) connues pour être des parasites obligatoires des insectes. Leur unique forme libre entre via les orifices naturels des insectes puis libère des bactéries symbiotiques qui tuent l'hôte en 24 à 72h. Le nématode se multiplie ensuite dans le cadavre de l'insecte en 6 à 18 jours avant de relarguer des milliers de larves dans l'environnement. Ces nématodes sont souvent spécifiques d'un hôte, et la famille Heterorhabditidae est la plus adaptée aux tiques. Cette famille est déjà commercialisée et utilisée pour lutter contre les insectes en forêt et en agriculture. Ces nématodes peuvent être disséminés par les eaux d'irrigation ou projetés dans le sol ou l'air. Des essais ont été effectués contre *R. microplus* avec une souche commerciale du Mexique *Steinernema carpocapsae* à raison de 50 nématodes par cm². Cent pour cent des femelles gorgées ont été tuées avec une LT50 de moins de cinq jours, ce résultat est donc plutôt concluant (Samish, Glazer, 2001). Cependant, il a été observé que les conditions environnementales influencent beaucoup la pathogénicité des nématodes. Par exemple, la température optimale est située entre 25 et 28°C et une forte humidité augmente leur pathogénicité. De plus, un sol nu est moins avantageux qu'un sol recouvert d'herbe et un sol riche en sédiments diminue la pathogénicité des nématodes (Samish et al., 2004). Tous ces facteurs pourraient être un frein à l'utilisation des nématodes, mais en considérant le climat de Polynésie française et plus particulièrement celui de Tahiti, ce sont plutôt des avantages. Il semble que ce parasite soit bien adapté au climat tropical. Ces nématodes peuvent donc être de bons outils pour lutter contre les tiques de par leur pathogénicité et leur relative facilité d'utilisation, même si de plus amples études pourraient être effectuées pour affiner leur utilisation.

Enfin, les parasitoïdes peuvent également être utilisés dans la lutte contre les tiques (Samish et al., 2004). Les plus utilisés dans le contrôle des insectes sont ceux de l'ordre Hymenoptera. Ceux spécifiques des tiques appartiennent au genre *Ixodiphagus* de la famille Encyrtidae. Les premiers essais montrent une réelle diminution du nombre de tiques lors de la dissémination de *I. hookeri*, l'espèce la plus utilisée dans la lutte contre les tiques. Cependant, aucune étude n'a été effectuée concernant *R. microplus* ou *R. annulatus*. Il semble de plus qu'une très grande quantité de tiques soit nécessaire pour maintenir la population de *I. hookeri* et donc la pression sur les tiques. L'avantage de cette espèce est que sa production à grande échelle représente un faible coût et peu de main d'œuvre. Elle serait de plus *a priori* spécifique des tiques et ne risquerait donc pas de causer des dégâts sur d'autres insectes lors de son introduction sur un nouveau territoire. Il y a cependant un manque de connaissance sur sa

réelle efficacité sur le terrain, le coût d'un tel programme de contrôle et l'innocuité de son utilisation pour qu'il soit applicable pour le moment (Samish et al., 2004).

2.3.2.4.5. *Gestion intégrée*

La lutte intégrée consiste à utiliser de façon optimale plusieurs méthodes de lutte disponibles, adaptées aux circonstances locales et aux réalités économiques (Uilenberg, 1996). C'est donc un mixte de tout ce qui a été abordé précédemment. Cette gestion intégrée a été évoquée dans quatre articles scientifiques inclus dans la revue (Rodriguez-Vivas et al., 2018 ; Jongejan, Uilenberg, 2004 ; Uilenberg, 1996 ; Nari, 1995).

En effet, des combinaisons de plusieurs méthodes sont encore plus efficaces et permettent de réduire les effets négatifs de certaines. Elles permettent également de réduire l'impact sur l'environnement et sur l'apparition de résistances chez les tiques en utilisant des méthodes plus diverses et moins radicales (Nari, 1995). La gestion intégrée est une méthode de lutte de plus en plus utilisée qui consiste à prendre le problème dans sa globalité, à bien intégrer tous les éléments de la situation et à utiliser en conséquence les moyens les plus adaptés. Cela permet également de ne pas totalement éradiquer l'utilisation des acaricides mais plutôt de les utiliser plus intelligemment, en réduisant au maximum le risque d'apparition de résistances et de résidus dans l'environnement (Rodriguez-Vivas et al., 2018 ; Aubry, Geale, 2011 ; Bock et al., 2004).

Ainsi, de nombreuses combinaisons sont possibles (Jongejan, Uilenberg, 2004 ; Uilenberg, 1996) : l'utilisation de vaccins et d'acaricides combinés a par exemple permis au Mexique de fortement diminuer sa population de tiques ou encore l'utilisation d'acaricides en parallèle avec l'utilisation d'agents biologiques (Rodriguez-Vivas et al., 2018). En Polynésie française de nombreuses méthodes pourraient être utilisées et avec l'apparition des nombreuses méthodes alternatives, une lutte plus durable est possible.

2.3.2.4.6. *Campagne d'éradication et maintien des zones indemnes*

L'éradication totale de l'anaplasmose et de la babésiose passe principalement par l'éradication de leurs vecteurs, principalement *R. microplus* et *R. annulatus*. Elle est plus aisée pour la babésiose que pour l'anaplasmose qui peut également être transmise par de nombreux vecteurs mécaniques. Dans tous les cas, cet objectif n'est pas souvent réalisable pour des raisons pratiques, environnementales et économiques. L'éradication a été essayée dans de certains pays mais peu d'entre eux ont atteint leur objectif. Cet échec est en partie lié au coût élevé des traitements, à l'apparition de résistances aux acaricides et aux défauts d'infrastructures et de maintenance du programme (Montenegro-James, 1992). En effet, une telle stratégie nécessite un investissement important de l'Etat avec des programmes et des aides aux éleveurs ainsi qu'une participation active des éleveurs qui doivent suivre correctement les programmes proposés. Une forte surveillance épidémiologique et des traitements acaricides périodiques sont également essentiels au bon déroulement de l'éradication. C'est un programme à long terme qui est difficile (Nari, 1995).

En Nouvelle-Calédonie, l'introduction des tiques lors de la 2^{ème} guerre mondiale a conduit à mener des mesures drastiques pour éradiquer la tique. Le gouvernement a donc financé des traitements acaricides tous les mois aux éleveurs avec toujours le même produit. Si cette méthode s'est montrée efficace au départ, elle représente des coûts énormes pour le pays et surtout un risque très élevé de provoquer des résistances (Bianchi et al., 2003). Ainsi,

aujourd'hui de nombreuses résistances à l'amitraz et à la deltaméthrine ont été mises en évidence sur le territoire calédonien rendant leur utilisation inefficace (Hüe et al., 2016). De plus, en 2008, l'introduction de la babésiose sur le territoire a conduit la Nouvelle-Calédonie à mettre en place de nombreuses mesures pour éliminer ce parasite et maintenir une situation stable (Marchal, 2011). Aujourd'hui, l'enjeu de cette île est donc de trouver de nouveaux moyens de lutte contre les tiques et les parasites qu'elles transmettent (Hüe, 2019).

Des programmes d'éradication ont été abandonnés dans de nombreux pays d'Amérique latine et un programme est toujours en cours en Argentine depuis 50 ans sans succès pour le moment. La seule campagne d'éradication ayant connu un succès est celle des USA lancée en 1906 et réussie en 1961, à l'exception du Texas qui reste une zone contaminée soumise à des mesures de quarantaine (George et al., 2002). De gros problèmes se posent donc pour importer des bovins du Mexique ou d'autres pays d'Amérique latine vers les USA qui est maintenant une zone indemne (George et al., 2002). Le parallèle peut être fait avec l'export d'animaux de Tahiti, Moorea et autres îles non indemnes vers des îles indemnes. En effet, afin de maintenir des zones indemnes, il est essentiel d'appliquer des mesures de prévention strictes. Ainsi, avant d'importer un animal d'une zone contaminée vers une zone indemne il est important de correctement le déparasiter (Miraballes et al., 2019 ; George et al., 2002). Un dépistage des hémoparasitoses doit également être effectué dans le même temps afin de s'assurer que l'animal n'est pas porteur de la babésiose ou de l'anaplasmose. Pour cela, il faut effectuer deux tests à 3 semaines d'intervalles pour confirmer le résultat. Entre les deux tests, l'animal doit évidemment être protégé de tout risque de contamination (Aubry, Geale, 2011). De cette manière, des zones indemnes (fermes ou régions) peuvent être maintenues à l'intérieur d'un pays. Cette situation peut être envisageable sur les îles considérées indemnes de Polynésie. Elle est de plus rendue plus réalisable par la situation insulaire qui rend plus facile le contrôle de l'entrée des animaux. Les protocoles d'exportation restent cependant assez lourds et il est donc nécessaire de connaître le statut de chaque île vis-à-vis des hémoparasitoses afin de ne pas les appliquer pour rien.

2.4. Conclusion

Si de nos jours les traitements acaricides chimiques restent les moyens de lutte les plus utilisés contre les tiques et les hémoparasitoses, de nombreux efforts sont faits pour que cela change. En effet, les dangers, que représente le recourt à ces traitements pour l'environnement ou la formation de résistances, obligent les éleveurs à trouver des alternatives à ces derniers. Des solutions préventives telles que la vaccination ou l'amélioration génétique et offensives telles que la biosécurité, l'utilisation de plantes et de biopesticides ou le contrôle biologique permettent de diminuer efficacement l'utilisation des acaricides chimiques. Si ces méthodes semblent montrer de bons résultats individuellement, c'est surtout lorsqu'elles sont utilisées ensemble dans ce qui est appelé la lutte intégrée, qu'elles trouvent tous leurs avantages. L'objectif aujourd'hui est donc de combiner toutes ces moyens de lutte afin de diminuer durablement l'impact des tiques, de la babésiose et de l'anaplasmose. Cependant il ne faut pas oublier que l'acteur principal de ce changement est l'éleveur. Ce dernier doit donc être écouté et compris afin de répondre au mieux à ces attentes. Il doit de plus être correctement informé pour pouvoir appliquer tous les outils qui lui sont à disposition.

3. Etude des attitudes et perceptions des éleveurs vis-à-vis de la lutte contre les hémoparasitoses bovines

Après avoir mis en place le contexte de l'étude et passé en revue les différentes solutions de lutte contre les hémoparasitoses qui s'offrent en zones tropicales et subtropicales, cette partie se concentre sur les attitudes et perceptions des éleveurs vis-à-vis de la lutte contre les hémoparasitoses. En effet, les caractéristiques des élevages de Polynésie française sont particulières. L'élevage y est peu développé et seuls quelques-uns d'entre eux fonctionnent à peu près comme en France métropolitaine. Il est donc important de bien comprendre comment sont construits les élevages polynésiens et quelles sont les attentes des éleveurs afin de leur proposer des outils adaptés. De plus, une bonne connaissance des hémoparasitoses et de leurs vecteurs est nécessaire pour comprendre les conséquences qu'elles peuvent avoir et pour lutter efficacement contre celles-ci. Une estimation des connaissances des éleveurs à ce sujet est donc nécessaire pour mieux les accompagner par la suite. Cette évaluation de leurs connaissances et pratiques a été réalisée par l'intermédiaire d'un questionnaire qui leur était adressé. Cette troisième partie est consacrée à l'élaboration, l'utilisation et l'interprétation de ce questionnaire.

3.1. Méthodologie

3.1.1. Rédaction du questionnaire

Pour répondre à l'objectif de cette partie, un questionnaire a été conçu et proposé à des éleveurs de bovins polynésiens.

Avant le questionnaire, une introduction leur expliquant le cadre et l'objectif de l'étude était disponible. Cette introduction leur présentait également une estimation du temps nécessaire pour remplir le questionnaire. Enfin, elle rappelait que les réponses étaient toutes anonymes mais que les éleveurs avaient la possibilité de laisser une adresse mail afin de recevoir les résultats de l'enquête.

Le questionnaire était divisé en trois parties avec 32 questions au total.

La première partie, intitulée « données démographiques », était composée de dix questions. Cette partie visait à situer l'élevage géographiquement et à récupérer des informations sur sa taille et sa composition. La localisation de l'élevage est importante car elle peut influencer directement le risque d'être confronté aux hémoparasitoses : un éleveur situé sur une île indemne n'est pas exposé aux mêmes problématiques qu'un éleveur sur une île où de nombreux élevages sont contaminés (Barré, Uilenberg, 2010). De même, la proximité avec d'autres élevages n'engendre ni le même risque ni la même gestion de la prévention qu'un élevage isolé (Mahoney, Ross, 1972). Comme explicité dans la première partie de la thèse, la race des bovins influence énormément la sensibilité des animaux vis-à-vis de l'anaplasmosé et de la babésiose (Kocan et al., 2003 ; Troncy et al., 2000). Il était donc primordial de la prendre en compte pour chaque élevage. Enfin, la gestion du troupeau, influencée par la taille de celui-ci, a une grande place dans la transmission des hémoparasitoses (Mahoney, Ross, 1972). Elle constitue un élément clé pour comprendre l'épidémiologie de ces maladies en Polynésie et pour être capable de proposer des méthodes de lutte adaptées aux éleveurs concernés.

La deuxième partie concernait la « perception du risque » et était composée de treize questions. Elle avait pour objectif d'apprécier le niveau de connaissances des éleveurs sur les deux maladies étudiées et l'importance qu'ils leur accordaient. Elle visait aussi à évaluer les mesures préventives déjà mises en place afin de réduire l'impact des tiques et des maladies qu'elles transmettent. Ainsi, les questions suivaient à chaque fois un ordre précis. Dans un premier temps, la présence du danger dans l'élevage était estimée par des questions générales sur les symptômes observés ou non par l'éleveur. La perception de ce danger par l'éleveur était ensuite évaluée. L'objectif était de comprendre si l'éleveur connaissait et savait reconnaître les dangers, c'est-à-dire la présence importante de tiques, la babésiose et l'anaplasmose. L'éleveur était par la suite interrogé sur ses habitudes préventives concernant ces trois enjeux. Enfin, les dernières questions concernaient l'intérêt que portent les éleveurs pour la lutte contre ces différents dangers. Cette partie permettait donc de comprendre les pratiques déjà mises en place par les éleveurs et leurs besoins face aux hémoparasitoses.

La dernière partie, composée de dix questions, reposait sur l'acceptabilité des mesures de lutte et était divisée en deux sous-parties. La première s'adressait particulièrement aux éleveurs connaissant déjà ces hémoparasitoses. Les points clés de lutte contre la babésiose et l'anaplasmose, ayant été déterminés préalablement grâce à l'étude systématique, ont été utilisés. Ils étaient présentés aux éleveurs afin de connaître leur avis sur l'utilité de telles mesures. Les éleveurs devaient ainsi noter de 1 (pas du tout efficace) à 5 (très efficace) les propositions de lutte suivantes : la réalisation d'une étude de séroprévalence, la mise en place de vaccination contre les tiques ou les hémoparasitoses, l'amélioration génétique du troupeau, le croisement des animaux avec des races plus rustiques et le recours à la phytothérapie. La deuxième sous-partie s'adressait à tous les éleveurs. Ils devaient exprimer pour chacune des cinq propositions précédentes s'il était prêt ou non à les mettre en place dans son élevage.

Afin que le questionnaire soit rapide à remplir et que les données générées soient standardisées, 28 questions sur 32 ont été formulées sous forme de question fermée ou à choix multiples. Quatre questions étaient accompagnées d'une ou deux questions complémentaires facultatives. Elles avaient pour objectif de préciser des éléments de la réponse si les éleveurs le souhaitaient. Il était estimé qu'une dizaine de minutes était nécessaire pour répondre au questionnaire.

Le questionnaire tel qu'il a été proposé aux éleveurs est disponible en annexe.

3.1.2. Diffusion du questionnaire

Initialement, une enquête terrain avec des entretiens en face-à-face était prévue, mais les restrictions liées à la COVID-19 ont empêché leur réalisation. Dans un premier temps, le questionnaire en ligne a donc été choisi pour les remplacer. Ce choix a été fait pour des questions d'organisation en sachant que ce n'était pas la méthode la plus adaptée pour atteindre la population cible de l'étude. En effet, les éleveurs de Polynésie française ne sont pas tous équipés d'ordinateur ou d'internet et peu d'adresses mails sont disponibles. Ces dernières ont été transmises par la Direction de l'agriculture de Tahiti (DAG). Le questionnaire a été rédigé sur Google Forms, une plateforme internet permettant de diffuser facilement ce type d'enquête. Un lien permettant d'accéder au questionnaire a été envoyé par e-mail à tous les contacts fournis par la Direction de l'agriculture de Tahiti, soit 10 éleveurs. Le lien leur a

été envoyé par la DAG le 25/06/2020, puis un rappel a été effectué par l'auteur le 09/07/2020. Le questionnaire en ligne a été complété par des entretiens téléphoniques à partir du 07/07/2020, date à laquelle il a été considéré qu'il n'y aurait plus de réponses par internet. Tous les éleveurs présents sur la liste de la DAG et ayant un numéro de téléphone mentionné ont été appelés, soit 43 éleveurs contactés. Ces éleveurs habitaient à Tahiti (Iles du Vent), Moorea (Iles du Vent), Raiatea (Iles Sous le Vent) et Tubuai (Australes). Sur ces 43 éleveurs, 17 ont accepté de répondre au questionnaire oralement. Les questions ont été posées toujours dans le même ordre et par la même personne (l'auteur). Les réponses ont été relevées sur le même Google Forms que les questionnaires en ligne afin d'homogénéiser les réponses.

3.1.3. Méthode d'analyse des résultats

Les données ont été récoltées sur Google Forms puis transposées sur Microsoft Excel. Avant leur analyse, certaines questions et réponses ont été recodées. Premièrement, les questions qui ont obtenu la même réponse de la part de tous les éleveurs n'ont pas été prises en compte dans l'analyse. Ensuite, plusieurs questions ont été fusionnées car elles complétaient une même variable. Par exemple, pour la variable « connaissances des hémoparasitoses », l'éleveur était interrogé séparément pour la babésiose et l'anaplasmose puis les réponses ont été regroupées : si l'éleveur avait répondu oui à au moins une des deux questions la réponse pour la connaissance des hémoparasitoses était « oui » sinon la réponse était « non ». Les trois variables quantitatives ont été transformées en variables catégorielles à trois classes d'effectifs équivalents pour simplifier l'analyse. Enfin, les questions concernant l'avis des éleveurs sur l'efficacité des moyens de lutte proposés ne pouvaient pas être interprétées lorsque l'éleveur répondait qu'il ne connaissait pas les hémoparasitoses. Ces cinq questions n'ont donc pas été traitées dans l'analyse principale et font l'objet d'un commentaire séparé.

Ce jeu de données a été analysé à l'aide du logiciel R (R Core Team, 2019). Afin de réaliser un profil des éleveurs selon leurs attitudes et perceptions vis-à-vis de la lutte contre les hémoparasitoses, une analyse en composante multiple (ACM) a été effectuée suivie d'une classification ascendante hiérarchique (CAH). Ces analyses multivariées ont été réalisées grâce aux bibliothèques « FactomineR » (Lê et al., 2018) et « Factoshiny » (Vaissie et al., 2020).

L'ACM est une méthode descriptive qui synthétise dans un graphique toutes les données issues d'une enquête. Ces données sont alors représentées en « nuage » dans un espace multidimensionnel. Ce nuage est ensuite réduit au maximum afin de ne garder que l'information essentielle, puis projeté sur un certain nombre d'axes également appelés dimensions. Les coordonnées des points prennent en compte la valeur de la variance. Ainsi, une faible distance entre deux points représente une forte association de ceux-ci. Pour la CAH, la méthode de Ward, qui consiste à identifier des groupes de points dans l'espace Euclidien de l'ACM, a été utilisée. Elle a été consolidée par la méthode des K-means (Husson et al., 2017).

3.2. Résultats

3.2.1. Caractéristiques générales des élevages

Compte tenu du faible nombre d'adresses mails disponibles (n = 10), seules quatre réponses ont été obtenues par cette voie. 18 réponses ont pu être recueillies par téléphone. Un total de 22 réponses a été obtenu en juillet 2020. Ces réponses provenaient d'éleveurs situés sur

les îles de Tahiti (n = 16), Moorea (n = 3), Raiatea (n = 1) et Tubuai (n = 2). La figure 9 montre la localisation des réponses obtenues.

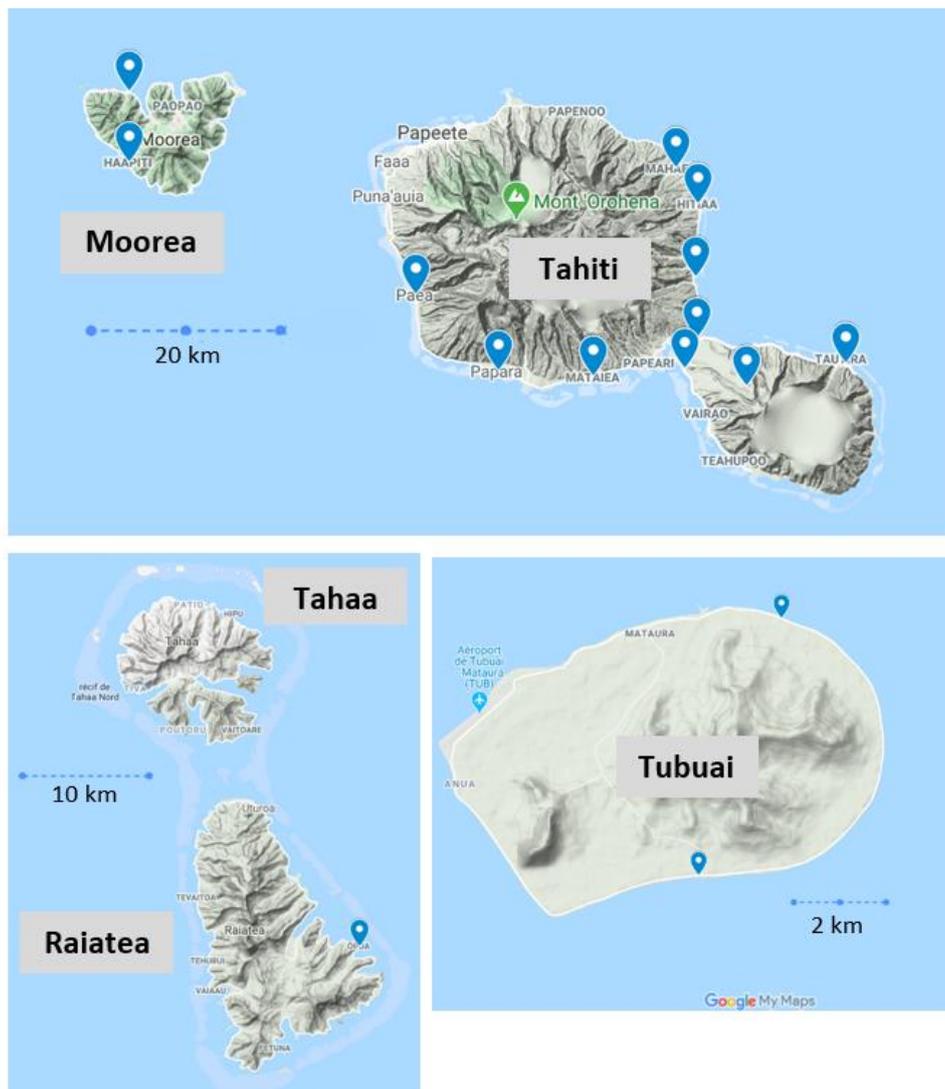


Figure 9 Localisation des élevages ayant répondu au questionnaire (Google Maps). Les élevages ayant répondu sont identifiés par les balises bleues

La taille des élevages dont les éleveurs ont répondu était très variable. Les plus petits élevages possédaient trois bovins tandis que le plus gros en possédaient 860. Cependant, la majorité des élevages était de faible effectif puisque plus de 68% des élevages de l'étude possédaient moins de 25 bovins adultes. Les races étaient nombreuses mais les Charolaises, les Santa Gertrudis et les Limousines dominaient (respectivement 38%, 24% et 20% des races, Annexe 2). On retrouvait également des Brahmanes, Droughmasters, Prim'Holtseins et Blondes d'Aquitaine dans quelques élevages. Les élevages pouvaient tous être qualifiés d'extensifs et les animaux étaient toujours élevés en extérieur. Deux élevages avaient des bâtiments auxquels les animaux avaient accès. Aucun éleveur ne vaccinait ses animaux et seuls cinq d'entre eux avaient déjà eu recours à des traitements injectables. Ces derniers déclaraient changer d'aiguille et de seringue entre chaque animal. Neufs éleveurs utilisaient des traitements acaricides chimiques. Parmi eux, la majorité (7/9) traitait tous les animaux en même temps tandis que les deux autres ne le faisaient que sur les animaux ayant le plus de tiques. Six éleveurs disaient utiliser du gros sel dans l'alimentation afin de lutter contre les

tiques. Enfin, tous les éleveurs considéraient qu'il était essentiel de lutter contre les tiques, la babésiose et l'anaplasmose si ces maladies étaient présentes.

3.2.2. Analyse des correspondances multiples (ACM)

Avant le recodage des réponses, le questionnaire fournissait 34 variables distinctes. Cinq d'entre elles ont été retirées car tous les éleveurs avaient la même réponse : tous avaient un système d'élevage en extérieur, aucun ne vaccinait, tous considéraient la lutte contre les tiques et contre les hémoparasitoses comme importante et tous ceux qui effectuaient des traitements injectables déclaraient changer d'aiguille entre chaque animal. Quatre variables ont été regroupées deux à deux : la connaissance de la babésiose et celle de l'anaplasmose ont été regroupées en « connaissance des hémoparasitoses » et la présence de cas de babésiose ou celle d'anaplasmose ont été regroupées en « présence de cas d'hémoparasitoses sur l'élevage ». La présence de pâtures « adjacentes à d'autres troupeaux », « communes avec un autre troupeau » ou sur « les mêmes parcelles qu'un autre troupeau » ont été regroupées sous la variable « contact avec d'autres troupeaux ». Si l'une des trois variables était positive, la variable « contact avec d'autres troupeaux » était considérée comme positive. Enfin, les cinq variables concernant l'efficacité des moyens de lutte proposés ont été retirées, laissant un total de 20 variables pour l'analyse statistique.

Pour rentrer les données dans l'étude, les 20 variables ont été réparties en deux groupes (Figure 10). Le premier groupe de dix variables comprenait toutes les données sur les connaissances et pratiques des éleveurs. Ces dernières constituaient les variables principales de l'ACM. Le deuxième groupe de dix variables également était constitué de variables dites de signalétiques, c'est-à-dire, qu'elles permettaient de caractériser les élevages. Elles étaient utilisées en tant que variables supplémentaires dans l'ACM.

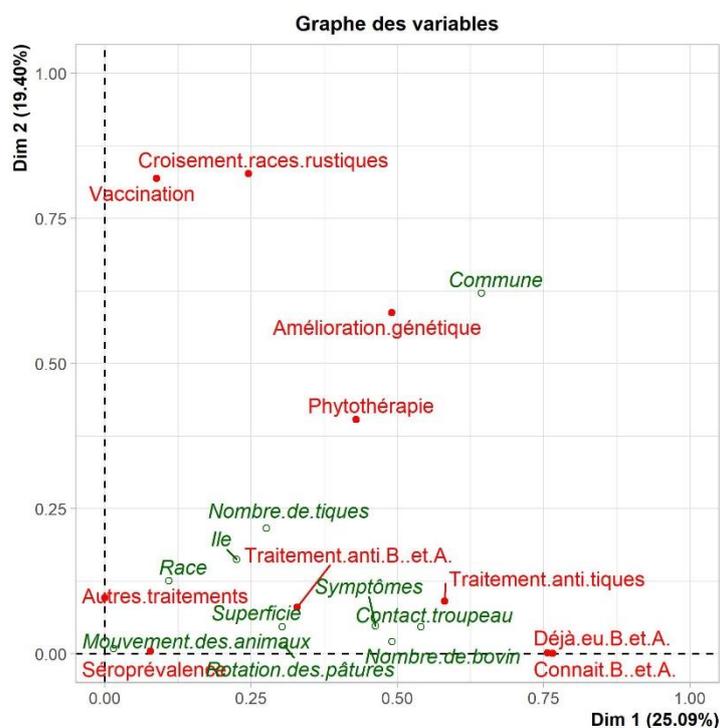


Figure 10 Représentation des variables principales (en rouge) et supplémentaires (en vert) en fonction des deux premières dimensions. Plus les variables sont proches, plus elles sont liées.

L'ACM a été effectuée en utilisant les sept premières dimensions qui représentaient 84,96% de l'inertie totale. Les trois premières dimensions expliquaient à elles seules respectivement 25,09%, 19,40% et 11,78% de l'inertie totale. Les dimensions restantes expliquaient chacune moins de 5% de l'inertie totale et ne contenaient donc pas d'informations essentielles (Figure 11).

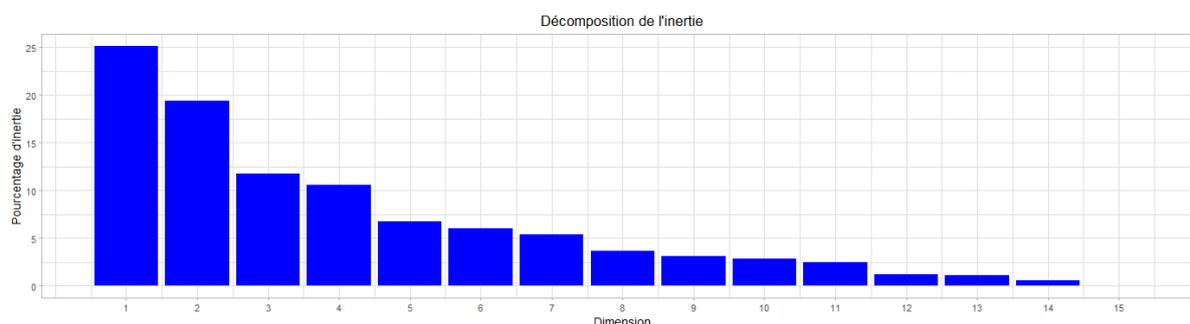


Figure 11 Pourcentage d'inertie des 15 dimensions obtenues en analyse des correspondances multiples (ACM). Ces valeurs représentent l'importance de la variabilité des connaissances et pratiques des éleveurs expliquée par chaque dimension.

La première dimension était décrite essentiellement par la connaissance des hémoparasitoses par les éleveurs et la présence de celles-ci dans les élevages ($R^2 = 0,73$), la présence de contacts avec d'autres troupeaux ($R^2 = 0,67$) et le nombre de bovins adultes dans l'élevage ($R^2 = 0,61$). Cela signifie que pour ces variables, les éleveurs ont donné des réponses très corrélées. La deuxième dimension était décrite principalement par le fait que les éleveurs soient d'accord d'avoir recours à la vaccination ($R^2 = 0,76$), au croisement avec des races plus rustiques ($R^2 = 0,75$), à l'amélioration génétique des races existantes ($R^2 = 0,62$) et à la phytothérapie ($R^2 = 0,38$). Enfin, la troisième dimension était décrite par la volonté de participer aux études de séroprévalence ($R^2 = 0,62$) et d'avoir recours à la phytothérapie ($R^2 = 0,31$) et au croisement avec des races plus rustiques ($R^2 = 0,29$).

3.2.3. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

La CAH consolidée par la méthode des K-means a révélé trois groupes d'élevages (Figure 12).

Le groupe 1 était composé de sept élevages. Ces élevages étaient principalement des élevages de moins de 25 bovins adultes, de races améliorées ou mixtes et en général de petite taille (entre 1 et 10 Ha). Contrairement aux élevages des groupes 2 et 3, ces élevages étaient plutôt isolés puisqu'aucun d'entre eux n'était en contact avec d'autres troupeaux ($p < 0,05$), seuls deux éleveurs effectuaient des entrées d'animaux dans le troupeau et un seul réalisait des rotations de pâtures. Le groupe 2, composé de huit élevages, présentait également des élevages de taille restreinte avec la plupart d'entre eux (6/8) possédant moins de 25 bovins adultes. Comme le premier groupe, le groupe 2 concentrait des races améliorées ou mixtes (Limousine, Charolaise et Santa Gertrudis). Ces élevages étaient parfois en contact direct ou indirect avec d'autres troupeaux – c'était le cas pour deux élevages sur huit – et certains (2/8) pratiquaient la rotation des pâtures. Trois élevages sur huit déclaraient aussi effectuer des mouvements d'animaux régulièrement. Concernant les caractéristiques des élevages, les groupes 1 et 2 étaient donc assez proches. Enfin, le groupe 3 était constitué d'élevages de plus grande taille. Ils avaient significativement plus de bovins adultes dans leur troupeau que les deux premiers groupes ($p < 0,05$). Ces élevages avaient de plus grandes surfaces – plus de 10 ha pour cinq éleveurs sur sept – et réalisaient des rotations de pâtures plus fréquemment que

les autres groupes ($p < 0,01$). Ils étaient en contact direct ou indirect avec d'autres troupeaux et effectuaient souvent (4/7) des mouvements d'animaux pour des achats ou des ventes. De plus, la proportion de troupeaux situés sur la commune de Taravao était statistiquement plus élevée dans le groupe 3 que dans les groupes 1 et 2 ($p < 0,05$).

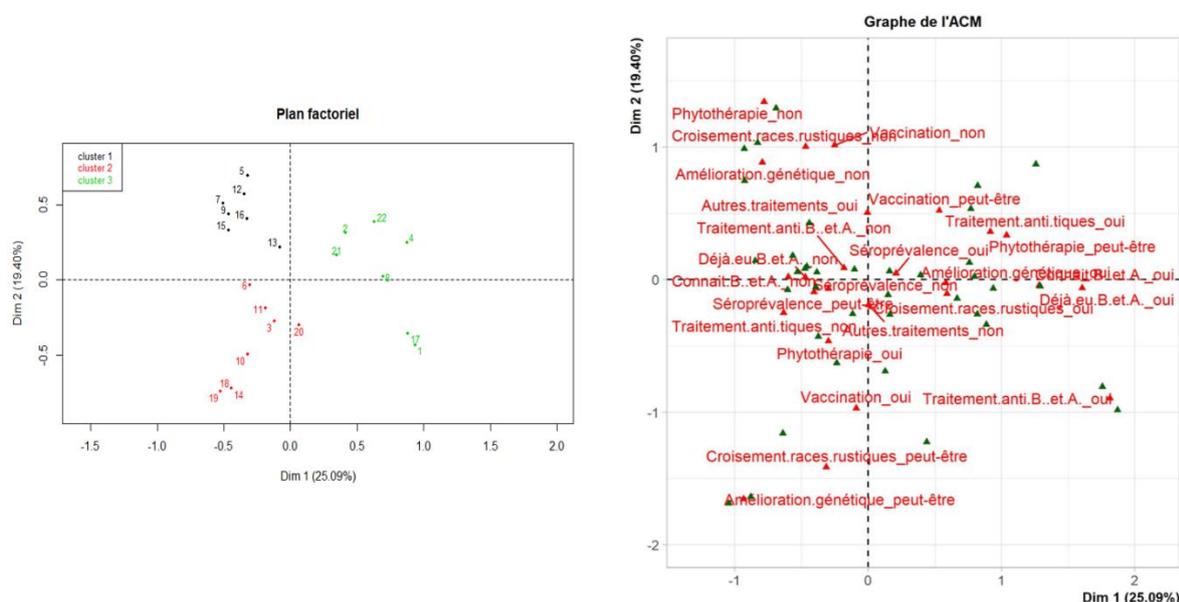


Figure 12 Projection des 22 élevages de l'étude sur les deux premières dimensions de l'analyse des correspondances multiples et identification de trois groupes d'éleveurs grâce à la classification ascendante hiérarchique (graphique de gauche). Projection des modalités des variables principales (en rouge) et supplémentaires (triangle vert) sur les deux premières dimensions de l'analyse des correspondances multiples (graphique de droite)

L'exposition aux tiques et aux maladies qu'elles transmettent semblait être différente entre les élevages du groupe 3 et ceux des groupes 1 et 2 (Annexe 3). En effet, la plupart des éleveurs déclaraient avoir des tiques sur moins de 25% de leurs animaux (cinq éleveurs sur sept pour le premier groupe et 7/8 pour le deuxième). De plus, dans le groupe 1, aucun éleveur n'avait déclaré avoir observé des symptômes pouvant être reliés aux hémoparasitoses tels que de l'abattement, de l'hyperthermie, de l'amaigrissement, des muqueuses pâles ou jaunâtres ou des urines foncées. La majorité des éleveurs du groupe 2 (5/8) n'en n'avaient pas non plus observé, mais trois d'entre eux rapportaient avoir vu de l'amaigrissement important sur certains bovins. Enfin, les éleveurs du troisième groupe avaient observé des tiques sur plus d'animaux que ceux des deux premiers groupes ($p < 0,05$). En effet, quatre éleveurs sur sept indiquaient avoir des tiques sur 25 à 50% de leurs animaux et un éleveur en retrouvait sur plus de 75% de ses bovins. Les deux derniers éleveurs du troisième groupe disaient avoir des tiques sur moins de 25% du troupeau. Tous les élevages de ce groupe déclaraient avoir déjà eu des symptômes de babésiose ou d'anaplasmose sur les animaux de leur troupeau.

Des différences significatives ont été observées entre les différents groupes concernant certaines connaissances, attitudes et pratiques des éleveurs vis-à-vis des tiques, de la babésiose et de l'anaplasmose (Annexe 3). Les éleveurs du troisième groupe déclaraient plus fréquemment avoir recours aux traitements anti-tiques chimiques que ceux du deuxième groupe qui n'en n'utilisaient pas du tout ($p < 0,01$). En ce qui concerne la babésiose et l'anaplasmose, les éleveurs qui connaissaient ces maladies étaient aussi ceux qui déclaraient avoir déjà eu des cas dans leur troupeau (Figure 10). Ces éleveurs étaient significativement

plus nombreux dans le groupe 3 ($p < 0,01$). En effet, ils appartenait tous à ce groupe, excepté un éleveur qui appartenait au groupe 2. Concernant l'accord pour la mise en place des mesures de lutte contre les hémoparasitoses, le groupe 1 différait des deux autres groupes ($p < 0,01$). En effet, les éleveurs qui le composaient n'étaient en général pas prêts à appliquer de telles mesures. Ils ne souhaitaient avoir recours ni à la vaccination, ni à une amélioration génétique du troupeau, ni au croisement des animaux avec une race plus rustique, ni à la phytothérapie. Au contraire, les éleveurs du deuxième groupe étaient plus en accord avec la mise en place de certaines mesures telles que la vaccination et la phytothérapie, l'amélioration génétique du troupeau ou le croisement avec des races plus rustiques. La moitié d'entre eux souhaitaient participer à une étude de séroprévalence. Enfin, les éleveurs du dernier groupe étaient, comme ceux du deuxième groupe, plutôt en faveur de la mise en place des mesures de lutte contre les tiques et les hémoparasitoses. Ils étaient prêts à mettre en place une amélioration génétique du troupeau et un croisement des animaux avec des races plus rustiques et certains l'avaient déjà effectué. Ils se montraient également favorables à la phytothérapie. La plupart d'entre eux (86%) étaient d'accord pour participer à une étude de séroprévalence et 71% étaient éventuellement prêts à essayer la vaccination.

3.2.4. Compléments d'analyse

Des questions ont été posées aux éleveurs afin d'évaluer leur perception de l'efficacité des mesures proposées (Tableau 3). Pour cette partie, seules les réponses des éleveurs ayant répondu « oui » à « Connaissez-vous la babésiose ou l'anaplasmose ? » ont été prises en compte. Ceci ne concernait donc que sept éleveurs appartenant au groupe 3 excepté un éleveur qui appartenait au groupe 2. Au vu de ce faible nombre, ces résultats n'ont pas fait l'objet d'une étude statistique, mais seront tout de même présentés qualitativement et commentés dans cette partie.

L'ensemble des éleveurs estimait que l'amélioration génétique du troupeau était un moyen efficace de lutter contre les tiques et quasiment tous pensaient de même du croisement des animaux avec des races plus rustiques (excepté un éleveur qui n'avait pas d'avis sur le sujet). L'efficacité de la vaccination divisait davantage les éleveurs. Deux d'entre eux la considéraient comme non efficace, un éleveur n'avait pas d'opinion sur le sujet et les quatre autres pensaient qu'elle était utile. La phytothérapie était en majorité considérée comme efficace pour lutter contre les tiques et les maladies qu'elles transmettent et trois éleveurs ne se prononçaient pas sur la question. Enfin, la mise en place d'une étude de séroprévalence, afin de déterminer la présence ou non d'hémoparasitoses, était considérée comme utile par cinq des éleveurs et peu utile par un éleveur, le dernier n'ayant pas d'avis sur ce sujet.

Tableau 3 Evaluation des mesures de lutte par les éleveurs connaissant la babésiose et l'anaplasmosse. Chaque proposition est notée de 1 (pas du tout efficace) à 5 (très efficace) par l'éleveur

	Etude de séroprévalence	Vaccination	Amélioration génétique	Croisement avec races rustiques	Phytothérapie
Elevage 1	3	1	5	5	3
Elevage 2	4	1	5	5	5
Elevage 4	5	5	5	5	4
Elevage 8	4	4	5	5	4
Elevage 17	4	4	5	5	5
Elevage 20	2	3	4	3	3
Elevage 22	4	4	5	4	3
Moyenne	3,7	3,1	4,8	4,5	3,1

3.3. Discussion

L'objectif de cette partie est d'analyser les trois groupes d'éleveurs définis dans la partie résultats et d'étudier la cohérence des données obtenues grâce au questionnaire.

3.3.1. Synthèse des résultats

Cette étude a été menée afin d'évaluer les connaissances, attitudes et pratiques des éleveurs de Polynésie française vis-à-vis de la babésiose et de l'anaplasmosse. L'objectif était de pouvoir dans un deuxième temps réaliser une étude de séroprévalence de ces deux maladies. Ce type d'étude a déjà été mené dans de nombreux pays tropicaux au sein desquels ces hémoparasitoses posent problème (Miraballes et al., 2019 ; Jabbar et al., 2015) mais très peu de connaissances à ce sujet sont disponibles en Polynésie française.

L'exploration des données de l'analyse ainsi que l'analyse des correspondances multiples suivie de la classification ascendante hiérarchique, ont rendu possible l'étude des ressemblances et différences entre les élevages d'un point de vue multidimensionnel. L'analyse des correspondances multiples a été conçue afin de réduire le nombre de variables. Elle était donc adaptée à cette étude qui comportait un nombre conséquent de variables corrélées entre elles. Appliquée aux connaissances et pratiques des élevages de Polynésie française, elle permettait d'identifier des classes d'éleveurs ayant des connaissances, attitudes et pratiques similaires. Dans cette étude, trois groupes d'éleveurs ont été identifiés sur la base de leurs caractéristiques, leurs connaissances et leurs pratiques. Une étude poussée de ces données permet de comprendre leurs besoins et donc de proposer des solutions adaptées à chaque type d'éleveurs.

Les deux premiers groupes étaient assez similaires concernant les caractéristiques, connaissances et pratiques vis-à-vis des tiques et des maladies qu'elles transmettent. Les éleveurs du premier groupe possédaient tous moins de 25 bovins (entre 3 et 15 bovins) et avaient des élevages de petite surface (Tableau 4). Dans ce groupe, aucun éleveur n'était professionnel ou ne pratiquait cette occupation à plein temps. Ceci implique donc que le temps consacré au troupeau était diminué et que les pratiques d'élevage devaient être adaptées (Adehan et al., 2018). Ces éleveurs étaient plutôt isolés, sans contact avec d'autres troupeaux et réalisaient peu de mouvements d'animaux. Beaucoup d'entre eux effectuaient

eux-mêmes leur renouvellement, autorisant peu de sélection génétique et favorisant la consanguinité (Lafleur et al., 2019). Ceci réduit cependant énormément les risques de contamination des animaux par les troupeaux voisins ou par l'introduction de nouveaux bovins (Aubry, Geale, 2011). Tous les élevages de ce groupe possédaient des races améliorées (Limousine ou Charolaise) et certains détenaient en plus des Santa Gertrudis qui s'apparentent à une race mixte (Santa Gertrudis Breeders International, 2020). Ces races sont considérées comme très sensibles aux tiques (Bock et al., 2004), pourtant cela ne semblait pas être le cas dans ces élevages. En effet, les éleveurs n'observaient que peu de tiques sur leurs animaux. Seuls deux d'entre eux avaient recours aux acaricides chimiques afin de lutter contre celles-ci. Ce phénomène pourrait, entre autre, être expliqué par la très faible densité de population de bovins dans ces élevages (Rodriguez-Vivas et al., 2018), mais de plus amples recherches pourraient être effectuées pour comprendre ce phénomène. De plus, aucun éleveur de ce groupe n'avait entendu parler de la babésiose ou l'anaplasmose et selon eux, leurs bovins ne présentaient aucun symptôme pouvant y être apparenté (amaigrissement marqué, hyperthermie, abattement, muqueuses pâles, urines foncées...). Le faible nombre de tiques retrouvées sur les animaux ainsi que l'absence de contact avec d'autres animaux susceptibles de transmettre ces maladies peuvent en partie expliquer cette situation (Mahoney, Ross, 1972). En résumé ce groupe était constitué de petits éleveurs isolés n'ayant aucun problème concernant les tiques et les maladies qu'elles transmettent. S'ils étaient quasiment tous d'accord pour effectuer des sérologies afin d'identifier la présence ou non des hémoparasitoses dans leur élevage, la réalisation de prises de sang sur leurs animaux restait compliquée du fait du manque d'infrastructures de contention (Lafleur et al., 2019). Leurs animaux étaient de plus très peu manipulés, souvent laissés sur de grandes parcelles sans avoir de contacts réguliers avec des humains, rendant leur approche difficile. Enfin, quasiment aucun d'entre eux n'étaient prêt à mettre en place dans leur troupeau des mesures de lutte contre les hémoparasitoses telles que la vaccination, la sélection génétique ou les croisements avec des races plus rustiques. Ce groupe d'éleveurs ne semble donc pas être prioritaire dans le choix des élevages pour participer à une étude de séroprévalence de l'anaplasmose et de la babésiose car les prélèvements y seraient compliqués à réaliser et les mesures correctives difficiles à appliquer.

Tableau 4 Nombre moyen, minimum et maximum de bovins par groupe d'éleveur

Groupe	1	2	3
Moyenne	8	27	187
Minimum et maximum	3-15	3-130	10-860

Le second groupe similaire au premier concernant les caractéristiques, connaissances et pratiques vis-à-vis des tiques et des maladies qu'elles transmettent se distinguait de ce dernier par la volonté de mettre en place des mesures de prévention adaptées pour prévenir la babésiose et l'anaplasmose si elles sont présentes dans leur troupeau. Il était également plus hétérogène que le premier groupe en termes de taille et rassemblait des éleveurs de 3 à 130 bovins (Tableau 4). Contrairement au troisième groupe, il restait composé en majorité d'éleveurs possédant moins de 25 bovins, seuls deux éleveurs regroupaient plus de 25 animaux dont un qui en comptait plus de 75. Ce groupe était constitué en majorité de races

améliorées (Charolaise et Limousine) avec quelques Santa Gertrudis. Ces éleveurs étaient moins isolés que ceux du premier groupe, quelques-uns étaient en contact avec d'autres troupeaux ou effectuaient des mouvements d'animaux. Ceci ne semblait pas les affecter pour le moment puisqu'ils ne retrouvaient des tiques que sur moins de 25% de leurs animaux, excepté un éleveur qui déclarait en trouver sur la majorité de ses animaux. Aucun d'entre eux n'utilisait d'acaricides chimiques car ils n'en ressentaient pas la nécessité. De plus un seul éleveur connaissait la babésiose ou l'anaplasmosse. Ces deux maladies ne semblaient pas poser de problèmes dans leur élevage car aucun bovin n'en présentait les symptômes d'après les éleveurs. Cependant, ces maladies pouvant être présentes sans déclarer de symptômes (Aubry, Geale, 2011 ; Bock et al., 2004), les éleveurs du groupe 2 étaient en majorité favorables à la réalisation de prises de sang sur leurs animaux pour rechercher les deux hémoparasitoses. Cependant, de même que pour le groupe 1, la mise en place de prélèvements sanguins est limitée par le fait que de nombreux élevages de ce groupe étaient trop peu équipés pour permettre un chantier de vaccination en toute sécurité (Lafleur et al., 2019). Par contre, à l'inverse du premier groupe, dans le cas où la babésiose ou l'anaplasmosse seraient mises en évidence dans leur troupeau, les éleveurs semblaient prêts à entreprendre certaines mesures de lutte. Ainsi, tous les éleveurs de ce groupe étaient favorables à la mise en place de mesures de prévention réalisables dans leur élevage. Ceci pourrait donc tout de même motiver les éleveurs à organiser leur troupeau pour permettre la réalisation des prises de sang. Ce groupe était en de nombreux points similaire au premier concernant les caractéristiques, connaissances et pratiques vis-à-vis des tiques et des maladies qu'elles transmettent. Il différait cependant sur la volonté de mettre en place des mesures de prévention adaptées en cas de présence de babésiose ou d'anaplasmosse dans leur troupeau. Ce groupe était constitué d'éleveurs qui avaient pour l'instant peu de connaissances sur les maladies étudiées mais qui étaient potentiellement intéressés par une étude de séroprévalence sur la babésiose et l'anaplasmosse.

Enfin, le troisième groupe se distinguait des autres groupes par la taille de ses élevages et la connaissance des éleveurs qui le composent vis-à-vis des hémoparasitoses. Il se rapprochait cependant du deuxième groupe sur le fait que les éleveurs étaient motivés pour mettre en place les mesures de lutte dans leur élevage. Dans ce troisième groupe, deux élevages étaient composés de 10 et 16 bovins, les autres en avaient tous plus de 25 et deux d'entre eux en avaient plus de 75. Le groupe 3 était constitué en majorité d'élevages de la presqu'île de Tahiti, sur la commune de Taravao (5/8). Concernant les races bovines, elles étaient très diverses : on y trouvait des races améliorées (Prim'Holstein, Blonde d'Aquitaine, Charolaise et Limousine), des races mixtes (Santa Gertrudis, Droughtmaster) et des races rustiques (Brahman). Cette diversité se retrouvait au sein même des élevages puisque la plupart d'entre eux (6/7) avaient deux ou trois races différentes dans le même troupeau. Contrairement aux deux autres groupes, les élevages de celui-ci étaient tous en contact avec d'autres troupeaux qu'ils soient directs ou indirects. De plus, certains effectuaient régulièrement des mouvements d'animaux (4/7). Ces pratiques augmentent considérablement l'impact des tiques sur le troupeau et le risque de contamination des animaux par les hémoparasitoses (Mahoney, Ross, 1972). En effet, en moyenne, les éleveurs de ce groupe retrouvaient plus de bovins ayant des tiques que les autres éleveurs. Cette observation peut être reliée au fait que les éleveurs de ce groupe étaient tous des éleveurs professionnels passant plus de temps à s'occuper des animaux et ayant donc plus de chance de mettre en évidence des tiques sur ces

derniers. Tous les éleveurs du groupe 3 étaient obligés d'avoir recours à des acaricides chimiques au minimum une fois par an afin de maintenir une population de tiques convenable. Ces infestations massives de tiques permettaient aussi le maintien des hémoparasitoses. Tous les éleveurs connaissaient la babésiose et l'anaplasmose et avaient eu au moins un cas dans leur troupeau. Le problème des tiques et des maladies qu'elles transmettent semble donc se concentrer sur l'île de Tahiti et plus particulièrement sur la commune de Taravao qui comprend de gros élevages en contact les uns avec les autres. En effet, le seul éleveur de ce groupe qui n'était pas de Tahiti était un éleveur situé à Raiatea qui possédait 16 bovins. Il n'avait eu qu'un seul cas de babésiose sur un bovin de race améliorée importé de Taravao. Ceci laisse à penser encore une fois que le problème est spécifique à la presqu'île de Tahiti. Les éleveurs de ce groupe – excepté celui de Raiatea – avaient tous des problèmes liés aux tiques et aux maladies qu'elles transmettent et souhaitaient y trouver des solutions durables. Ils étaient d'accord pour participer à une étude de séroprévalence sur les hémoparasitoses et mettre en place dans leur troupeau une amélioration génétique des animaux et des croisements avec des races plus rustiques. La plupart d'entre eux avaient déjà commencé à mettre en place ces mesures. Concernant la vaccination, certains d'entre eux n'avaient pas confiance en son efficacité (3/7) et seuls deux éleveurs étaient prêts à l'essayer. La phytothérapie reste un sujet sensible, mais tous étaient prêts à y avoir recours si des études prouvaient son efficacité. Ce troisième groupe constitue donc le cœur du problème lié aux hémoparasitoses en Polynésie française. C'est principalement sur lui que peut se concentrer une future étude de séroprévalence de la babésiose et l'anaplasmose. En effet, beaucoup d'élevages de ce groupe possédaient des mesures de contention adaptées à la réalisation de prises de sang et des mesures préventives peuvent être appliquées avec attention en fonction des résultats obtenus.

Trois groupes d'éleveurs se distinguaient donc à travers cette étude (tableau 5). Les deux premiers étaient constitués de petits élevages qui ne connaissaient aucune des deux maladies et n'avaient pas de problèmes liés aux tiques. Le premier n'était pas enclin à mettre en place des mesures préventives alors que le deuxième groupe souhaitait potentiellement participer à une étude de séroprévalence afin de pouvoir agir en fonction des résultats. Enfin le troisième groupe rassemblait des élevages de plus grande taille ayant des problèmes de tiques et ayant déjà eu des cas de babésiose ou d'anaplasmose. Ce dernier était donc motivé pour trouver des solutions de lutte adéquates autres que les produits acaricides chimiques.

Tableau 5 Tableau récapitulatif des points communs entre les élevages des différents groupes

	Taille élevage	Isolement	Connaissance hémoparasitoses	Problème de tiques ou hémoparasitoses	Accord pour les moyens de lutte	Moyens de contention adaptés
Groupe 1	-	+	-	-	-	-
Groupe 2	-	+/-	-	-	+	-
Groupe 3	+	-	+	+	+	+

3.3.2. Validité des réponses obtenues

La sélection des élevages ayant participé à l'étude n'a pas été effectuée aléatoirement du fait d'un manque de registre des éleveurs de Polynésie française. La liste fournie par la direction de l'agriculture (DAG) ne fournissait que les contacts d'une partie des éleveurs localisés sur les îles de Tahiti, Moorea, Tubuai et Raiatea. Cet échantillon ne représentait que partiellement la Polynésie française, zone d'étude souhaitée initialement. De plus, ces quatre îles faisaient partie des îles considérées comme non indemnes de babésiose et d'anaplasmose (Antras, 2000) et aucune comparaison n'a donc pu être effectuée entre les éleveurs des îles indemnes et non indemnes. En prenant en compte les données du recensement général de l'agriculture de 2012 (Giraud et al., 2012), pour que l'étude soit représentative de la Polynésie française, il aurait également fallu obtenir des réponses d'élevages situés dans l'archipel des Marquises (figure 1 et 13).

De plus, le nombre de participants à l'étude était faible (22 éleveurs) et ne prenait pas en compte tous les éleveurs des îles concernées, rendant l'interprétation des résultats délicate. Ce faible effectif peut être relié à plusieurs causes. Premièrement, le nombre total d'éleveurs présents en Polynésie française était faible puisque seulement 125 élevages ont été recensés sur toute la Polynésie française en 2012 (Giraud et al., 2012). Ensuite, la majorité de ces éleveurs (n = 67) était située dans l'archipel des Marquises. Aucun contact de cet archipel n'étant disponible, celui-ci a dû être exclu de l'étude. Enfin, la méthode de diffusion du questionnaire n'était pas la plus adaptée pour ce type d'enquête. En effet, en Polynésie française, la moitié des habitants n'a pas d'accès à internet (Insee, 2018), le questionnaire en ligne n'avait donc pas permis de récupérer beaucoup de réponses. Le contact par téléphone avait permis d'atteindre un plus grand nombre d'éleveurs mais restait encore restreint. Peu d'éleveurs possédaient un numéro de téléphone ou souhaitaient le transmettre à la direction de l'agriculture. Le moyen le plus efficace de mener à bien cette étude aurait été de se rendre directement dans les élevages. Cela aurait eu deux avantages majeurs : atteindre un plus grand nombre d'élevages et collecter des informations plus fiables que celles récoltées à distance. Cette méthode a cependant été rendue impossible à cause de la pandémie de Covid-19 qui a touché le monde entier en 2020 (OMS, 2020).

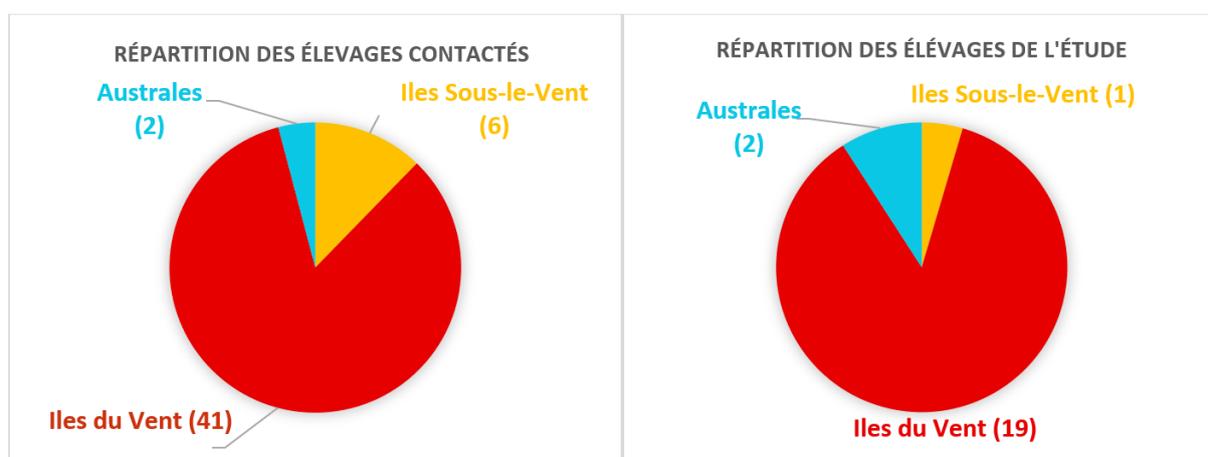


Figure 13 Répartition géographique des élevages contactés (à gauche) et des élevages ayant participé à l'étude (à droite) en fonction de leur archipel. Le nombre d'élevages dans chaque archipel est précisé entre parenthèses

Le questionnaire avait été élaboré sous forme d'un maximum de questions fermées (28 sur 32) afin de minimiser le temps nécessaire aux éleveurs pour le remplir. Contrairement aux questions ouvertes, cette forme de question peut parfois influencer l'éleveur dans ses réponses. De plus, son désir de répondre « correctement » à la question ou simplement la difficulté de transcrire ses habitudes quotidiennes au travers de la question pouvaient emmener les réponses à différer légèrement de la réalité. Cette différence était de plus rendue difficile à évaluer par le fait que le questionnaire a été sur internet ou par téléphone. L'interrogateur n'avait donc aucune vision réelle de l'élevage en question pour vérifier la validité des réponses comme cela aurait pu être le cas en l'absence de la pandémie de Covid-19. Cependant, le but de l'étude était clairement expliqué en début de questionnaire afin que les éleveurs répondent le plus honnêtement possible. De plus, il était bien spécifié que les réponses restaient totalement anonymes. Tout ceci assurait donc une meilleure fiabilité des réponses.

4. Synthèse des recommandations

4.1. Rappels sur la babésiose et l'anaplasmosse

Ces deux maladies sont causées par des parasites sanguins transmis par les tiques. Ces parasites peuvent provoquer de nombreux symptômes chez les bovins : fièvre, amaigrissement, muqueuses pâles ou jaunâtres, urines foncées, etc... Ils peuvent aussi être à l'origine d'avortements, d'infertilité chez les mâles et de diminution de production. Les jeunes animaux de moins de neuf mois ne présentent en général pas de symptômes. Les animaux les plus à risque sont ceux récemment introduits dans le troupeau et ceux de races améliorées (Prim'Holstein, Charolaise, Limousine, Blonde d'Aquitaine, Brune).

La prévention de ces deux maladies s'articule autour de la lutte contre les tiques accompagnée d'une bonne hygiène. Diverses solutions sont proposées dans les paragraphes suivants.

4.1.1. Maintien des zones indemnes

4.1.1.1. Etude de séroprévalence pour identifier les zones indemnes

Afin de distinguer les zones réellement indemnes de celles en situation endémique stable, il est conseillé de réaliser une étude de séroprévalence dans toutes les îles de la Polynésie française. Ceci permettrait d'obtenir une cartographie récente de l'épidémiologie de la babésiose et de l'anaplasmosse en vue d'agir en conséquence.

4.1.1.2. Mesures de quarantaine pour l'exportation de bovins vivants vers des zones indemnes

Les zones indemnes doivent absolument être protégées. Des mesures doivent être prises lors d'exportation de bovins vivants d'une zone non indemne (actuellement Tahiti, Moorea, Tubuai, Raiatea et Makatea) vers une zone indemne.

Afin de répondre à cet objectif deux points doivent être pris en compte : le bovin doit être indemne de babésiose et d'anaplasmosse et il ne doit abriter aucune tique.

4.1.1.2.1. Anaplasmosse et babésiose

Dans le but de s'assurer que le bovin n'est porteur d'aucune des deux hémoparasitoses, il est nécessaire de réaliser un test diagnostique. Il est donc proposé d'effectuer une sérologie car des kits ELISA détectant *B. bigemina*, *B. bovis* et *A. marginale* sont disponibles dans le commerce. Cependant, ces tests peuvent donner des faux négatifs. Pour s'assurer de ne pas passer à côté d'un bovin contaminé, un deuxième test sérologique peut être effectué trois semaines après le premier en ayant gardé l'animal en quarantaine et correctement traité contre les tiques pendant cet intervalle de temps (Aubry, Geale, 2011).

4.1.1.2.2. Tiques

Importer un animal déparasité est primordial pour ne pas introduire de nouvelles espèces de tiques en zone indemne et pour ne pas importer les hémoparasitoses associées. Divers acaricides sont disponibles pour déparasiter les bovins. Certains agissent immédiatement permettant aux animaux d'être transportés directement, d'autres ont un délai d'action pendant lequel l'animal doit être gardé en quarantaine (George et al., 2002 ; Miraballes et al., 2019).

4.1.1.2.3. *Protocole proposé*

Afin de minimiser le risque de contaminer une zone indemne par l'importation de bovins, le protocole suivant est recommandé :

- 1- **Test ELISA et traitement anti-tiques à JO**
- 2- Maintien de l'animal en **quarantaine** (bâtiment séparé des autres animaux) pendant **trois semaines** avec des traitements réguliers contre les tiques (selon l'AMM du produit utilisé)
- 3- Deuxième **test ELISA** trois semaines après le premier
- 4- Si les résultats des tests ELISA sont tous les deux négatifs, l'animal peut être **transporté**

Ce protocole nécessite une quarantaine assez longue impliquant un bâtiment assez grand pour accueillir tous les animaux sur une longue période. D'autre part, si les tests ELISA ont des coûts abordables, ce protocole nécessite tout de même deux tests par animal ce qui peut être un frein pour les éleveurs. Le protocole peut donc être adapté selon les moyens disponibles. Si le troupeau de provenance n'a jamais eu de cas de babésiose ou d'anaplasmose, le protocole peut être réduit à un test ELISA. Dans ce cas, la présence ou non d'une quarantaine dépendra du produit acaricide utilisé et du temps nécessaire pour recevoir les résultats du test ELISA.

4.1.2. Diminution des cas cliniques dans les zones non indemnes

4.1.2.1. Hygiène

L'hygiène est essentielle dans la lutte contre la transmission de l'anaplasmose. En effet, ce parasite peut être transmis par du matériel contaminé par un bovin malade. Il est donc indispensable de changer d'aiguille entre chaque animal lors des traitements et de nettoyer correctement tout ce qui est en contact avec le sang des animaux (matériel de castration, d'identification, d'écornage, etc...). D'après l'étude réalisée, cette hygiène semble cependant bien respectée en Polynésie française.

4.1.2.2. Amélioration génétique et croisement avec des races rustiques

En zone non indemne, l'éradication de la babésiose et de l'anaplasmose ne semble pas être une option envisageable compte tenu de la gestion des élevages polynésiens. Une des solutions des plus durables et efficaces est l'amélioration génétique du troupeau et le croisement avec des races plus rustiques qui conduiraient à l'obtention d'animaux résistants aux tiques et aux maladies qu'elles transmettent. Cette méthode, déjà en cours d'application à Tahiti et plus particulièrement à Taravao avec l'utilisation de races plus rustiques (Droughtmaster, Santa Gertrudis, Brahman), semble prometteuse. En effet, les éleveurs rapportent déjà une diminution du nombre de tiques observées sur les animaux de races croisées. De plus amples efforts peuvent être effectués sur la sélection génétique mais ceci demande au préalable certaines mesures d'adaptation dans les élevages telles que la mise en place d'identification individuelle, le suivi des lignées, le suivi régulier des animaux, etc. Cependant, ces mesures prennent du temps à être mises en place et à être efficaces. Il faut par exemple compter au moins cinq à huit ans selon la méthode utilisée pour obtenir un troupeau entièrement croisé lorsque l'on débute avec des races pures. La sélection génétique prend également plusieurs années avant de pouvoir en observer les bénéfices.

4.1.2.3. Vaccination et acaricides chimiques

En attendant que les mesures précédentes soient au point, d'autres moyens peuvent être utilisés pour protéger les animaux.

En zone endémique stable, il faut s'assurer que les jeunes animaux de trois à neuf mois aient un premier contact avec les hémoparasitoses. Ils développent ainsi une bonne immunité sans exprimer de symptômes, assurant une protection efficace du troupeau.

Lorsque la protection immunitaire ne se met pas en place naturellement – pression d'infection trop faible, animaux adultes nouvellement introduits dans le troupeau, races améliorées – la vaccination permet d'obtenir cette immunité artificiellement. Elle peut être dirigée contre les tiques ou contre la babésiose et l'anaplasmose. Les vaccins contre les hémoparasitoses sont assez difficiles à se procurer et reviennent chers, ils ont cependant l'avantage de protéger à vie avec une seule injection. Les vaccins contre les tiques pourraient être utilisés comme ils l'ont été en Nouvelle-Calédonie. Il faut cependant que les éleveurs soient motivés et bien équipés car le protocole comprend trois injections de primo-vaccination à un mois d'intervalle et des rappels biannuels. Ce vaccin peut être utilisé sur les animaux les plus vulnérables en attendant que tous soient correctement résistants.

Une alternative à la vaccination est l'utilisation régulière de produits chimiques. Leur rémanence est moyenne et ils présentent l'avantage de pouvoir être appliqués en pour-on. Cette solution n'est pas envisageable à long terme du fait du risque d'apparition de résistances et de la volonté des éleveurs d'avoir recours à des pratiques plus respectueuses de l'environnement.

4.1.2.4. Surveiller les nouvelles méthodes de lutte

Comme cela a été évoqué précédemment, de nombreuses méthodes alternatives aux produits chimiques voient le jour. Si des études doivent encore confirmer leur efficacité, beaucoup de recherches sont réalisées à ce sujet et ces nouvelles méthodes seront très certainement bientôt disponibles. Ainsi, la lutte contre les tiques pourrait prochainement s'effectuer par l'intermédiaire de la phytothérapie, des biopesticides, de la lutte biologique, etc... Il est donc important de surveiller l'avancée scientifique de ces nouvelles méthodes afin de pouvoir les mettre en place le plus rapidement possible.

Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer les attitudes, connaissances et pratiques des éleveurs en Polynésie française. Elle a mis en évidence deux grands groupes d'éleveurs : d'un côté les petits éleveurs ne connaissant pas l'anaplasmose et la babésiose et n'ayant pas de problèmes avec ces hémoparasitoses, de l'autre les moyens à grands éleveurs, avec de bonnes connaissances de ces maladies et souhaitant trouver des solutions afin d'en diminuer les conséquences sur leur troupeau. Parmi le premier groupe d'éleveurs, on distingue ceux qui ne souhaitent pas changer leurs habitudes de ceux qui sont prêts à mettre en place des mesures de lutte contre les tiques et les parasites qu'elles transmettent si ces derniers sont mis en évidence dans leur troupeau. Par ailleurs, si tous les éleveurs sont en théorie d'accord avec le fait de réaliser des prises de sang sur leurs animaux dans le cadre d'une enquête de séroprévalence de la babésiose et de l'anaplasmose, seuls quelques-uns, appartenant majoritairement au troisième groupe, possèdent des structures de contention adaptées pour ce genre de manipulations. Ce dernier point est important dans le cadre de la mise en place d'une vaste enquête de séroprévalence.

Ensuite, une revue sur les mesures de lutte employables en zones tropicales et subtropicales a également été effectuée dans cette étude afin de trouver des solutions adaptées aux éleveurs de Polynésie française. Elle regroupe des mesures de surveillance, des mesures préventives et des mesures offensives afin de contrôler les tiques et les hémoparasitoses qu'elles transmettent. Parmi celles-ci, certaines sont déjà utilisées par certains éleveurs comme les traitements acaricides chimiques ou le croisement avec des races plus rustiques tandis que d'autres pourraient être développées comme la sélection génétique ou la gestion des pâturages. Enfin, certaines méthodes ont déjà fait leurs preuves tandis que les méthodes comme l'utilisation d'huiles essentielles, la lutte biologique ou le contrôle biologique nécessitent encore des études pour confirmer leur efficacité. Il est donc important pour les éleveurs de Polynésie française de garder une veille scientifique afin de se tenir au courant des avancées dans ces domaines et d'y adapter leurs pratiques d'élevage.

Enfin, la coopération active avec la Nouvelle-Calédonie, déjà en place depuis quelques années, semble très intéressante. En effet, cette île au climat tropical ressemble en de nombreux points aux îles polynésiennes et travaille pour trouver des solutions de lutte durables contre les tiques et les hémoparasitoses. Son aide est donc précieuse pour les éleveurs polynésiens. Dans ce cadre, l'UPRA Bovine de Nouvelle-Calédonie et l'institut agronomique de Nouvelle-Calédonie ont déjà rendu visite et proposés leur soutien à l'élevage polynésien (Lafleur et al., 2019).

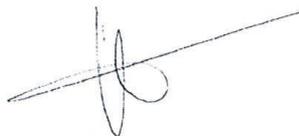
Les enjeux de la gestion des hémoparasitoses en Polynésie française sont dans un premier temps de mettre en place une enquête de séroprévalence afin d'évaluer la circulation de la babésiose et de l'anaplasmose dans les élevages. Cette enquête permettra dans un deuxième temps de sélectionner les mesures adaptées à réaliser pour diminuer l'impact de ces maladies sur les bovins.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire

Je soussigné, Timothée VERGNE, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **AYARD Lisa** intitulée « **Etude des connaissances, attitudes et pratiques des éleveurs de bovins en Polynésie française sur la gestion de la babésiose et l'anaplasmose** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 20/10/2020
Enseignant-chercheur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Docteur Timothée VERGNE



Vu :
Le Directeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
M. Pierre SANS



Vu :
Le Président du jury
Professeur Alexis VALENTIN



Vu et autorisation de l'impression :
Le Président de l'Université Paul Sabatier
M. Jean-Marc BROTO



Le Président de l'Université Paul Sabatier,
pour le Président du jury de la thèse
La Vice-Présidente du jury de la thèse
Madame ALARY

Mme Lisa AYARD
a été admis(e) sur concours en : 2015
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 09/07/2019
a validé son année d'approfondissement le : 04/06/2020
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

Bibliographie

ADEHAN, Safiou B., ADAKAL, Hassane, GBINWOUA, Donald, YOKOSSI, Daté, ZOUNGRANA, Sébastien, TOÉ, Patrice, OUEDRAOGO, Mathieu, GBAGUIDI, A. Michel, ADOLIGBÉ, Camus, FANDOHAN, A. Belarmin, HOUNMANOU, Gildas, GLÈLÈ KAKAÏ, Romain, FAROUGOU, Souaïbou et DE CLERCQ, Eva M., 2018. West African Cattle Farmers' Perception of Tick-Borne Diseases. In : *EcoHealth*. 1 juin 2018. Vol. 15, n° 2, p. 437-449. DOI 10.1007/s10393-018-1323-8.

ALVAREZ, J. Antonio, ROJAS, Carmen et FIGUEROA, Julio V., 2019. Diagnostic Tools for the Identification of Babesia sp. in Persistently Infected Cattle. In : *Pathogens* [en ligne]. 9 septembre 2019. Vol. 8, n° 3. DOI 10.3390/pathogens8030143. Disponible à l'adresse : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6789608/>.

ANTRAS, Valérie, 2000. Contrat de développement 94/98 : *Enquête zoo-sanitaire en Polynésie française*. Polynésie française. Service de développement rural.

ARAÚJO, L. X., NOVATO, T. P. L., ZERINGOTA, V., MATURANO, R., MELO, D., SILVA, B. C. Da, DAEMON, E., CARVALHO, M. G. De et MONTEIRO, C. M. O., 2016. Synergism of thymol, carvacrol and eugenol in larvae of the cattle tick, Rhipicephalus microplus, and brown dog tick, Rhipicephalus sanguineus. In : *Medical and Veterinary Entomology*. 2016. Vol. 30, n° 4, p. 377-382. DOI 10.1111/mve.12181.

AUBRY, P. et GEALE, D. W., 2011a. A Review of Bovine Anaplasmosis. In : *Transboundary and Emerging Diseases*. 1 février 2011. Vol. 58, n° 1, p. 1-30. DOI 10.1111/j.1865-1682.2010.01173.x.

BARRÉ, Nicolas et UILENBERG, Gerrit, 2010. Propagation de parasites transportés avec leurs hôtes : cas exemplaires de deux espèces de tiques du bétail. In : *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*. avril 2010. Vol. 29, n° 1, p. 135-147. DOI <http://dx.doi.org/10.20506/rst.29.1.1969>.

BASSOLÉ, Imaël Henri Nestor et JULIANI, H. Rodolfo, 2012. Essential Oils in Combination and Their Antimicrobial Properties. In : *Molecules*. avril 2012. Vol. 17, n° 4, p. 3989-4006. DOI 10.3390/molecules17043989.

BIANCHI, M.W, BARRÉ, N et MESSAD, S, 2003. Factors related to cattle infestation level and resistance to acaricides in Boophilus microplus tick populations in New Caledonia. In : *Veterinary Parasitology*. 28 février 2003. Vol. 112, n° 1-2, p. 75-89. DOI 10.1016/S0304-4017(02)00415-6.

BITRUS, Asinamai Athliamai, ABBA, Yusuf, JESSE, Faez Firdaus Abdullah, PEI, Joy Lee Xing, PETER, Innocent Damudu, HAMBALI, Idris Umar, HARON, Abd Wahid, LILA, Mohd Azmi Mohd et SAHAREE, Abdul Aziz, 2018. Seroprevalence of Anaplasmosis in Dairy Cattle from Peninsular Malaysia. In : *Advances in Animal and Veterinary Sciences* [en ligne]. janvier 2018. Vol. 6, n° 2. [Consulté le 29 juin 2020]. DOI 10.17582/journal.aavs/2018/6.2.70.74. Disponible à l'adresse : http://nexusacademicpublishers.com/table_contents_detail/4/925/html.

BOCK, R. E., JACKSON, L., DE VOS, A. J. et JORGENSEN, W. K., 2004. Babesiosis of cattle. In : *Parasitology*. 2004. Vol.129, n°S1, p.247-269. DOI 10.1017/S0031182004005190.

BOCK, Re, BLIGHT, Gw, KINGSTON, Tg et DE VOS, Aj, 1995. A survey of cattle producers in the *Boophilus microplus* endemic area of Queensland to determine attitudes to the control of and vaccination against tick fever. In : *Australian Veterinary Journal*. 1 mars 1995. Vol. 72, n° 3, p. 88-92. DOI 10.1111/j.1751-0813.1995.tb15015.x.

BOCK, Re et DE VOS, Aj, 2001. Immunity following use of Australian tick fever vaccine: a review of the evidence. In : *Australian Veterinary Journal*. 1 décembre 2001. Vol. 79, n° 12, p. 832-839. DOI 10.1111/j.1751-0813.2001.tb10931.x.

BÖSE, R., JORGENSEN, W.K., DALGLIESH, R.J, FRIEDHOFF, K.T et DE VOS, A.J, 1995. Current state and future trends in the diagnosis of babesiosis. In : *Veterinary Parasitology*. 1 mars 1995. Vol. 57, n° 1-3, p. 61-74. DOI 10.1016/0304-4017(94)03111-9.

BOUATTOUR, A., GHAMMAM, M., DARGHOUTH, Mohamed Aziz, TOUIL, S., TAHRI, M. et HAMOUDA, F. Ben, 2004. Séroépidémiologie de la babésiose bovine à *Babesia divergens* en Tunisie. In : *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*. 1 janvier 2004. Vol. 57, n° 1-2, p. 59-64. DOI 10.19182/remvt.9906.

BRISTOL UNIVERSITY TICK, 2016. *Rhipicephalus (Boophilus) annulatus*. In : [en ligne]. 2016. [Consulté le 28 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <http://www.bristoluniversitytickid.uk/page/Rhipicephalus+Boophilus+annulatus/28/#.Xqfz-5ngo2w>.

BRIZUELA, C.M, ORTELLADO, C.A, SANABRIA, E, TORRES, O et ORTIGOSA, D, 1998. The safety and efficacy of Australian tick-borne disease vaccine strains in cattle in Paraguay. In : *Veterinary Parasitology*. 31 mars 1998. Vol. 76, n° 1-2, p. 27-41. DOI 10.1016/S0304-4017(97)00047-2.

BROWN, W. C., NORIMINE, J., GOFF, W. L., SUAREZ, C. E. et MCELWAIN, T. F., 2006. Prospects for recombinant vaccines against *Babesia bovis* and related parasites. In : *Parasite Immunology*. 1 juillet 2006. Vol. 28, n° 7, p. 315-327. DOI 10.1111/j.1365-3024.2006.00849.x.

BROWN, W.C et PALMER, G.H, 1999. Designing Blood-stage Vaccines against *Babesia bovis* and *B. bigemina*. In : *Parasitology Today*. 1 juillet 1999. Vol. 15, n° 7, p. 275-281. DOI 10.1016/S0169-4758(99)01471-4.

CANE, Rachel, 2010. New Zealand Tick species profiles prepared by New Zealand Biosecure. In : *New Zelande biosecure - Entomoly laboratory* [en ligne]. avril 2010. [Consulté le 30 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.smsl.co.nz/NZBEL/Ticks.html>.

COSTA, Valéria Medeiros de Mendonça, RIBEIRO, Múcio Flávio Barbosa, DUARTE, Amélia Lizziane Leite, MANGUEIRA, Julia Marry, PESSOA, André Flávio Almeida, AZEVEDO, Sergio Santos, BARROS, Antonio Thadeu Medeiros de, RIET-CORREA, Franklin, LABRUNA, Marcelo Bahia, COSTA, Valéria Medeiros de Mendonça, RIBEIRO, Múcio Flávio Barbosa, DUARTE, Amélia Lizziane Leite, MANGUEIRA, Julia Marry, PESSOA, André Flávio Almeida, AZEVEDO, Sergio Santos, BARROS, Antonio Thadeu Medeiros de, RIET-CORREA, Franklin et LABRUNA, Marcelo Bahia, 2013. Seroprevalence and risk factors for cattle anaplasmosis, babesiosis, and trypanosomiasis in a Brazilian semiarid region. In : *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*. juin 2013. Vol. 22, n° 2, p. 207-213. DOI 10.1590/S1984-29612013005000022.

CROSBY, Francy L., BRAYTON, Kelly A., MAGUNDA, Forgivemore, MUNDERLOH, Ulrike G., KELLEY, Karen L. et BARBET, Anthony F., 2015. Reduced Infectivity in Cattle for an Outer Membrane Protein Mutant of *Anaplasma marginale*. In : *Applied and Environmental Microbiology*. mars 2015. Vol. 81, n° 6, p. 2206-2214. DOI 10.1128/AEM.03241-14.

DANTAS-TORRES, Filipe, 2010. Biology and ecology of the brown dog tick, *Rhipicephalus sanguineus*. In : *Parasites & Vectors*. 8 avril 2010. Vol. 3, n° 1, p. 26. DOI 10.1186/1756-3305-3-26.

DE LA FUENTE, José, RODRIGUEZ, Manuel, MONTERO, Carlos et REDONDO, Miguel, 1999. Vaccination against ticks (*Boophilus* spp.): the experience with the Bm86-based vaccine Gavac™. In : *Genetic Analysis: Biomolecular Engineering*. 1 novembre 1999. Vol. 15, n° 3-5, p. 143-148. DOI 10.1016/S1050-3862(99)00018-2.

DE LA FUENTE, José, RODRIGUEZ, Manuel, REDONDO, Miguel et MONTERO, Carlos, 1998. Field studies and cost-effectiveness analysis of vaccination with Gavac™ against the cattle tick *Boophilus microplus*. In : *Vaccine*. 1 février 1998. Vol. 16, n° 4, p. 366-373. DOI 10.1016/S0264-410X(97)00208-9.

DÍAZ, E.L., CAMBEROS, E.P., CASTILLO HERRERA, G.A., ESPINOSA, M.E., ANDREWS, H.E., PANIAGUA BUELNAS, N.A., ORTEGA, A.G et VELÁZQUEZ, M.M., 2019. Development of essential oil-based phyto-formulations to control the cattle tick *Rhipicephalus microplus* using a mixture design approach. In : *Experimental Parasitology*. 1 juin 2019. Vol. 201, p. 26-33. DOI 10.1016/j.exppara.2019.04.008.

DOMINGUEZ, Mariana, ECHAIDE, Ignacio, DE ECHAIDE, Susana Torioni, WILKOWSKY, Silvina, ZABAL, Osvaldo, MOSQUEDA, Juan J., SCHNITTGER, Leonhard et FLORIN-CHRISTENSEN, Monica, 2012. Validation and field evaluation of a competitive enzyme-linked immunosorbent assay for diagnosis of *Babesia bovis* infections in Argentina. In : *Clinical and vaccine immunology: CVI*. juin 2012. Vol. 19, n° 6, p. 924-928. DOI 10.1128/CVI.00015-12.

DROUGHTMASTER STUD BREEDERS SOCIETY, 2020. Droughtmaster Australia, Droughtmaster Cattle,. In : *droughtmaster* [en ligne]. 2020. [Consulté le 20 juin 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.droughtmaster.com.au>.

GALLEGO-LOPEZ, Gina M., COOKE, Brian M. et SUAREZ, Carlos E., 2019. Interplay between Attenuation- and Virulence-Factors of *Babesia bovis* and Their Contribution to the Establishment of Persistent Infections in Cattle. In : *Pathogens* [en ligne]. 4 juillet 2019. Vol. 8, n° 3. DOI 10.3390/pathogens8030097. Disponible à l'adresse : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6789890/>.

GANZINELLI, Sabrina, BENITEZ, Daniel, GANTUYA, Sambuu, GUSWANTO, Azirwan, FLORIN-CHRISTENSEN, Monica, SCHNITTGER, Leonhard et IGARASHI, Ikuo, 2019. Highly sensitive nested PCR and rapid immunochromatographic detection of *Babesia bovis* and *Babesia bigemina* infection in a cattle herd with acute clinical and fatal cases in Argentina. In : *Transboundary and Emerging Diseases* [en ligne]. 27 décembre 2019. [Consulté le 4 juin 2020]. DOI 10.1111/tbed.13435. Disponible à l'adresse : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/tbed.13435>.

GEORGE, J.E, DAVEY, R. B. et POUND, J. M., 2002. Introduced ticks and tick-borne diseases: the threat and approaches to eradication. In : *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 1 novembre 2002. Vol. 18, n° 3, p. 401-416. DOI 10.1016/S0749-0720(02)00030-0.

GIRAUD, Christophe, TETUANUI, Noa, GRELICHE, Agnès et NIVELLE, Loïc, 2012. *Recensement général de l'agriculture*. Polynésie française. Polynésie française Ministère du Développement des activités du secteur primaire.

HOVE, Paidashe, KHUMALO, Zamantungwa T. H., CHAISI, Mamohale E., OOSTHUIZEN, Marinda C., BRAYTON, Kelly A. et COLLINS, Nicola E., 2018. Detection and Characterisation of *Anaplasma marginale* and *A. centrale* in South Africa. In : *Veterinary Sciences* [en ligne]. 3 mars 2018. Vol. 5, n° 1. DOI 10.3390/vetsci5010026. Disponible à l'adresse : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5876571/>.

HÜE, T., CAUQUIL, L., FOKOU, J. B. Hounda, DONGMO, P. M. Jazet, BAKARNGA-VIA, I. et MENUT, C., 2015. Acaricidal activity of five essential oils of *Ocimum* species on *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* larvae. In : *Parasitology Research*. 1 janvier 2015. Vol. 114, n° 1, p. 91-99. DOI 10.1007/s00436-014-4164-6.

HÜE, Thomas, 2019. La tique du bétail en Nouvelle-Calédonie : synthèse sur 75 ans de présence et 60 ans de recherche. Une histoire locale pour un enseignement global. In : *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*. 7 octobre 2019. Vol. 72, n° 3, p. 123-132. DOI 10.19182/remvt.31781.

HÜE, Thomas et FONTFREYDE, Chloé, 2019. Development of a new approach of pasture management to control *Rhipicephalus microplus* infestation. In : *Tropical Animal Health and Production*. 1 septembre 2019. Vol. 51, n° 7, p. 1989-1995. DOI 10.1007/s11250-019-01899-x.

HÜE, Thomas, HURLIN, Jean-Claude, TEURLAI, Magali et NAVES, Michel, 2014. Comparison of tick resistance of crossbred Senepol × Limousin to purebred Limousin cattle. In : *Tropical Animal Health and Production*. 1 février 2014. Vol. 46, n° 2, p. 447-453. DOI 10.1007/s11250-013-0512-2.

HÜE, Thomas, PETERMANN, Julie, HURLIN, Jean-Claude, GAIA, Huguette et CAUQUIL, Laura, 2016. Etat des lieux des résistances de la tique du bétail *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* (Canestrini) à la deltaméthrine, l'amitraz et la moxidectine en Nouvelle-Calédonie : quelles perspectives de lutte ? In : *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*. 9 mai 2016. Vol. 68, n° 4, p. 167-174. DOI 10.19182/remvt.31164.

HUSSON, Francois, LE, Sebastien et PAGÈS, Jérôme, 2017. *Exploratory Multivariate Analysis by Example Using R*. London : CRC Press. Taylor and Francis Group. ISBN 978-1-315-30186-0.

INSEE, 2018. 1721 : *Le ralentissement démographique se confirme, les jeunes continuent à émigrer*. S.l.

INSTITUT DE L'ÉLEVAGE et CONFÉDÉRATION NATIONALE DE L'ÉLEVAGE, 2019. 0019501024 : *Les chiffres clés du GEB - bovins 2019 - Production lait et viande*. S.l.

JABBAR, Abdul, ABBAS, Tariq, SANDHU, Zia-ud-Din, SADDIQLI, Hafiz A, QAMAR, Muhammad F et GASSER, Robin B, 2015. Tick-borne diseases of bovines in Pakistan: major scope for future

research and improved control. In : *Parasites & Vectors* [en ligne]. 22 mai 2015. Vol. 8. DOI 10.1186/s13071-015-0894-2. Disponible à l'adresse : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4443554/>.

JONGEJAN, F. et UILENBERG, G., 2004. The global importance of ticks. In : *Parasitology*. octobre 2004. Vol. 129, n° S1, p. S3-S14. DOI 10.1017/S0031182004005967.

KOCAN, Katherine M., FUENTE, José de la, GUGLIELMONE, Alberto A. et MELÉNDEZ, Roy D., 2003. Antigens and Alternatives for Control of Anaplasma marginale Infection in Cattle. In : *Clinical Microbiology Reviews*. octobre 2003. Vol. 16, n° 4, p. 698-712. DOI 10.1128/CMR.16.4.698-712.2003.

KOCAN, KM, DE LA FUENTE, J, BLOUIN, EF, COETZEE, JF et EWING, SA, 2010. The natural history of Anaplasma marginale. In : [en ligne]. 2 octobre 2010. [Consulté le 10 février 2020]. DOI 10.1016/j.vetpar.2009.09.012. Disponible à l'adresse : <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0304401709005457?token=6F4279AA048EEE9E77AA4220A942E96F3D8276936056F20FB6F36FA5A42AED856C5852CE634D502706F9CBDB26F3A269>.

LAFLEUR, Chloé, HÜE, Thomas et SALELE, Elenoa, 2019. *Appui technique à la lutte contre les tiques en élevage bovin en Polynésie Française*. S.I.

LAHA, Ramgopal, DAS, M. et SEN, A., 2015. Morphology, epidemiology, and phylogeny of Babesia: An overview. In : *Tropical Parasitology*. 1 juillet 2015. Vol. 5, n° 2, p. 94. DOI 10.4103/2229-5070.162490.

LAROCHE, Maureen, MARIE, Jérôme, MEDIANNIKOV, Oleg, ALMERAS, Lionel, BERENGER, Jean-Michel, MUSSO, Didier, RAOULT, Didier et PAROLA, Philippe, 2016. A novel ehrlichial agent detected in tick in French Polynesia. In : *Ticks and Tick-borne Diseases*. 1 octobre 2016. Vol. 7, n° 6, p. 1203-1208. DOI 10.1016/j.ttbdis.2016.07.014.

LÊ, Sebastien, JOSSE, Julie et HUSSON, François, 2018. *{FactoMineR}: A Package for Multivariate Analysis* [en ligne]. S.I. : s.n. Disponible à l'adresse : 10.18637/jss.v025.i01. 25(1), 1-18 : Journal of Statistical Software

LEVY, M. G., CLABAUGH, G. et RISTIC, M., 1982. Age resistance in bovine babesiosis: role of blood factors in resistance to Babesia bovis. In : *Infection and Immunity*. 1 septembre 1982. Vol. 37, n° 3, p. 1127-1131.

MAHONEY, D. F. et ROSS, D. R., 1972. Epizootiological factors in the control of bovine babesiosis. In : *Australian Veterinary Journal*. mai 1972. Vol. 48, n° 5, p. 292-298. DOI 10.1111/j.1751-0813.1972.tb05160.x.

MARCHAL, Céline, 2011. *Campagne d'éradication de la babésiose bovine en Nouvelle-Calédonie (2008-2010)*. Thèse d'exercice. France : École nationale vétérinaire d'Alfort.

MASLIN, J., BEUGNET, F., DAVOUST, B. et KLOTZ, F., 2004. Babésioses. In : *EMC - Maladies Infectieuses*. 1 novembre 2004. Vol. 1, n° 4, p. 281-292. DOI 10.1016/j.emcmi.2004.07.003.

MÉTÉO FRANCE, 2020. Climat en Polynésie française. In : [en ligne]. 2020. [Consulté le 22 juin 2020]. Disponible à l'adresse : <https://meteo.pf/fr/climat-polynesie-francaise>.

MIRABALLES, Cecilia, ARÁOZ, Virginia et RIET-CORREA, Franklin, 2019. Rhipicephalus microplus, babesiosis and anaplasmosis in Uruguay: current situation and control or elimination programs on farms. In : *Experimental and Applied Acarology*. août 2019. Vol. 78, n° 4, p. 579-593. DOI 10.1007/s10493-019-00405-0.

MONTENEGRO-JAMES, S., 1989. Immunoprophylactic control of bovine babesiosis: role of exoantigens of Babesia. In : *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 1 janvier 1989. Vol. 83, n° Supplement, p. 85-94. DOI 10.1016/0035-9203(89)90610-X.

MONTENEGRO-JAMES, Sonia, 1992. Prevalence and control of Babesiosis in the Americas. In : *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 1992. Vol. 87, p. 27-36. DOI 10.1590/S0074-02761992000700003.

MOSQUEDA, J., OLVERA-RAMIREZ, A., AGUILAR-TIPACAMU, G. et CANTO, G. J., 2012. Current advances in detection and treatment of babesiosis. In : *Current Medicinal Chemistry*. 2012. Vol. 19, n° 10, p. 1504-1518. DOI 10.2174/092986712799828355.

MUNDERLOH, Ulrike G., LYNCH, Meghan J., HERRON, Michael J., PALMER, Ann T., KURTTI, Timothy J., NELSON, Robert D. et GOODMAN, Jesse L., 2004. Infection of endothelial cells with Anaplasma marginale and A. phagocytophilum. In : *Veterinary Microbiology*. 10 juin 2004. Vol. 101, n° 1, p. 53-64. DOI 10.1016/j.vetmic.2004.02.011.

MUSSO, Didier, BROULT, Julien, PAROLA, Philippe, RAOULT, Didier et FOURNIER, Pierre-Edouard, 2014. Absence of antibodies to Rickettsia spp., Bartonella spp., Ehrlichia spp. and Coxiella burnetii in Tahiti, French Polynesia. In : *BMC Infectious Diseases*. 12 mai 2014. Vol. 14, n° 1, p. 255. DOI 10.1186/1471-2334-14-255.

MUSSO, Didier et MARIE, Jérôme, 2015. *Prospection et identification de tiques parasites d'élevage de bovins sur Tahiti et sa presqu'île*. Tahiti, Polynésie française. Service du développement rural.

NARI, Armando, 1995. Strategies for the control of one-host ticks and relationship with tick-borne diseases in South America. In : *Veterinary Parasitology*. 1 mars 1995. Vol. 57, n° 1-3, p. 153-165. DOI 10.1016/0304-4017(94)03117-F.

NOAMAN, Vahid et SHAYAN, Parviz, 2010. A new PCR-RFLP method for detection of Anaplasma marginale based on 16S rRNA. In : *Veterinary Research Communications*. janvier 2010. Vol. 34, n° 1, p. 43-50. DOI 10.1007/s11259-009-9331-3.

NOVATO, Tatiane Pinheiro Lopes, ARAÚJO, Laryssa Xavier, DE MONTEIRO, Caio Márcio Oliveira, MATURANO, Ralph, SENRA, Tatiane de Oliveira Souza, DA SILVA MATOS, Renata, GOMES, Geovany Amorim, DE CARVALHO, Mario Geraldo et DAEMON, Erik, 2015. Evaluation of the combined effect of thymol, carvacrol and (E)-cinnamaldehyde on Amblyomma sculptum (Acari: Ixodidae) and Dermacentor nitens (Acari: Ixodidae) larvae. In : *Veterinary Parasitology*. 15 septembre 2015. Vol. 212, n° 3, p. 331-335. DOI 10.1016/j.vetpar.2015.08.021.

OIE, 2018. *Manuel terrestre: OIE - World Organisation for Animal Health* [en ligne]. S.l. : s.n. [Consulté le 21 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.oie.int/fr/normes/manuel-terrestre/>.

OJEDA, J. J., OROZCO, L., FLORES, R., ROJAS, C., FIGUEROA, J. V. et ÁLVAREZ, J. A., 2010. Validation of an Attenuated Live Vaccine Against Babesiosis in Native Cattle in an Endemic Area. In : *Transboundary and Emerging Diseases*. 1 avril 2010. Vol. 57, n° 1-2, p. 84-86. DOI 10.1111/j.1865-1682.2010.01123.x.

OKAFORA, Chika C., SAMANTHA L. COLLINS, JOSEPH A. DANIEL, JOHANN F. COETZEED et BRIAN K. WHITLOCK, 2019. Seroprevalence of bovine Anaplasmosis in Georgia. In : *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*. 1 janvier 2019. Vol. 15, p. 100258. DOI 10.1016/j.vprsr.2018.100258.

OMS, 2020. COVID-19 – Chronologie de l'action de l'OMS. In : [en ligne]. 27 avril 2020. [Consulté le 29 juillet 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.who.int/fr/news-room/detail/27-04-2020-who-timeline---covid-19>.

PALMER, Guy H., BROWN, Wendy C. et RURANGIRWA, Fred R., 2000. Antigenic variation in the persistence and transmission of the ehrlichia *Anaplasma marginale*. In : *Microbes and Infection*. 1 février 2000. Vol. 2, n° 2, p. 167-176. DOI 10.1016/S1286-4579(00)00271-9.

PASCO, Laurent, 2019. 2019-170 : *Note 2019-170 Transport insulaire animaux*. S.l.

R CORE TEAM, 2019. *A Language and Environment for Statistical Computing* [en ligne]. Vienna, Austria : R Foundation for Statistical Computing. Disponible à l'adresse : <https://www.R-project.org/>.

RATHINASAMY, Vignesh, POOLE, William A., BASTOS, Reginaldo G., SUAREZ, Carlos E. et COOKE, Brian M., 2019. Babesiosis Vaccines: Lessons Learned, Challenges Ahead, and Future Glimpses. In : *Trends in Parasitology*. août 2019. Vol. 35, n° 8, p. 622-635. DOI 10.1016/j.pt.2019.06.002.

REGASSA, Assefa, PENZHORN, B. L. et BRYSON, N. R., 2004. Progression towards endemic stability to bovine babesiosis in cattle introduced onto a game ranch: research communication. In : *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*. 8 novembre 2004. Vol. 71, n° 4, p. 333-336.

REGASSA, Assefa, PENZHORN, B.L et BRYSON, N.R, 2003. Attainment of endemic stability to *Babesia bigemina* in cattle on a South African ranch where non-intensive tick control was applied. In : *Veterinary Parasitology*. 30 octobre 2003. Vol. 116, n° 4, p. 267-274. DOI 10.1016/j.vetpar.2003.07.011.

ROCHA, Juan Felipe, MARTÍNEZ, Rodrigo, LÓPEZ-VILLALOBOS, Nicolas et MORRIS, Steve Todd, 2019. Tick burden in *Bos taurus* cattle and its relationship with heat stress in three agroecological zones in the tropics of Colombia. In : *Parasites & Vectors* [en ligne]. 7 février 2019. Vol. 12. [Consulté le 9 juillet 2020]. DOI 10.1186/s13071-019-3319-9. Disponible à l'adresse : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6367763/>.

RODRIGUEZ-VIVAS, Roger I., JONSSON, Nicholas N. et BHUSHAN, Chandra, 2018. Strategies for the control of *Rhipicephalus microplus* ticks in a world of conventional acaricide and

macrocyclic lactone resistance. In : *Parasitology Research*. janvier 2018. Vol. 117, n° 1, p. 3-29. DOI 10.1007/s00436-017-5677-6.

ROVID, Anna, 2007. *Rhipicephalus (Boophilus) annulatus*. S.l. : The Center for Food Safety and Public Health (CFSPH).

SAMISH, M., GINSBERG, H. et GLAZER, I., 2004. Biological control of ticks. In : *Parasitology*. octobre 2004. Vol. 129, n° S1, p. S389-S403. DOI 10.1017/S0031182004005219.

SAMISH, M. et GLAZER, I., 2001. Entomopathogenic nematodes for the biocontrol of ticks. In : *Trends in Parasitology*. août 2001. Vol. 17, n° 8, p. 368-371. DOI 10.1016/s1471-4922(01)01985-7.

SANTA GERTRUDIS BREEDERS INTERNATIONAL, 2020. Santa Gertrudis Breed History. In : *Santa Gertrudis Breeders International* [en ligne]. 2020. [Consulté le 20 juin 2020]. Disponible à l'adresse : <https://santagertrudis.com/sgbi/santa-gertrudis-breed-history/>.

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DU GOUVERNEMENT DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE, 1955. *ARRÊTÉ n° 205 élev. du 4 février 1955, réglementant le transit interinsulaire des animaux*. S.l.

SERVICE D'INFORMATION DU GOUVERNEMENT, 2016. Polynésie française - Géographie. In : *Service d'Information du Gouvernement* [en ligne]. 29 novembre 2016. [Consulté le 4 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <http://www.outre-mer.gouv.fr/polynesie-francaise-geographie>.

STANDFAST, N.F, BOCK, R.E, WIECEK, M.M, DEVOS, A.J, JORGENSEN, W.K et KINGSTON, T.G, 2003. Overcoming constraints to meeting increased demand for Babesia bigemina vaccine in Australia. In : *Veterinary Parasitology*. 29 juillet 2003. Vol. 115, n° 3, p. 213-222. DOI 10.1016/S0304-4017(03)00223-1.

TABOR, Ala E., ALI, Abid, REHMAN, Gauhar, ROCHA GARCIA, Gustavo, ZANGIROLAMO, Amanda Fonseca, MALARDO, Thiago et JONSSON, Nicholas N., 2017. Cattle Tick Rhipicephalus microplus-Host Interface: A Review of Resistant and Susceptible Host Responses. In : *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology* [en ligne]. 11 décembre 2017. Vol. 7. [Consulté le 9 juillet 2020]. DOI 10.3389/fcimb.2017.00506. Disponible à l'adresse : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5732177/>.

TH, admin, 2016. Queue de chat, Acalypha, le jouet des enfants tahitiens. In : *Tahiti Heritage* [en ligne]. 9 décembre 2016. [Consulté le 20 juillet 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.tahitiheritage.pf/queue-chat-acalypha/>.

TH, admin, 2017. Miri, Basilic aromatique et médicinal. In : *Tahiti Heritage* [en ligne]. 17 mai 2017. [Consulté le 20 juillet 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.tahitiheritage.pf/basilic-miri-tahitien/>.

THOMPSON, K. C., TODOROVIC, R. A., MATEUS, G. et ADAMS, L. G., 1978. Methods to improve the health of cattle in the tropics: Conclusions and economic appraisal. In : *Tropical Animal Health and Production*. 1 décembre 1978. Vol. 10, n° 1, p. 141-144. DOI 10.1007/BF02235326.

TRONCY, P. M., ITARD, J. et MOREL, P. C., 2000. Manual of tropical veterinary parasitology. In : *Manual of tropical veterinary parasitology*. 2000.

UILENBERG, Gerrit, 1970. Notes sur les babesioses et l'anaplasmose des bovins à Madagascar. III. Essais de traitement. In : *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*. 1 janvier 1970. Vol. 23, n° 1, p. 15-41. DOI 10.19182/remvt.7708.

UILENBERG, Gerrit, 1996. Lutte intégrée contre les parasitoses animales tropicales. In : *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*. 1 février 1996. Vol. 49, n° 2, p. 124-129. DOI 10.19182/remvt.9529.

VAISSIE, Pauline, MONGE, Astrid et HUSSON, François, 2020. *Factoshiny: Perform Factorial Analysis from « FactoMineR » with a Shiny Application* [en ligne]. S.l. : s.n. Disponible à l'adresse : <https://CRAN.R-project.org/package=Factoshiny>.

VALLE, Manuel Rodriguez, MÈNDEZ, Luis, VALDEZ, Mario, REDONDO, Miguel, ESPINOSA, Carlos Montero, VARGAS, Milagro, CRUZ, Ricardo Leonart, BARRIOS, Humberto Perez, SEOANE, Guillermo, RAMIREZ, Emerio Serrano, BOUE, Oscar, VIGIL, Jorge Lodos, MACHADO, Héctor, NORDELO, Carlos Borroto et PIÑEIRO, Marisdania Joglar, 2004. Integrated control of Boophilus microplus ticks in Cuba based on vaccination with the anti-tick vaccine Gavac TM. In : *Experimental & Applied Acarology*. 1 novembre 2004. Vol. 34, n° 3, p. 375-382. DOI 10.1007/s10493-004-1389-6.

WILLADSEN, Peter, 1997. Vaccines, genetics and chemicals in tick control: The Australian experience. In : *Tropical Animal Health and Production*. 1 octobre 1997. Vol. 29, n° 4, p. 91S-94S. DOI 10.1007/BF02632941.

WRIGHT, I.G, 1990. Immunodiagnosis of and immunoprophylaxis against the haemoparasites babesia sp. and anaplasma sp. in domestic animals. In : . janvier 1990. Vol. 9, n° 2, p. 345-356. DOI <http://dx.doi.org/10.20506/rst.9.2.508>.

WRIGHT, I.G, CASU, R, COMMINS, M.A, DALRYMPLE, B.P, GALE, K.R et GOODGER B.V, 1992. The development of a recombinant Babesia vaccine. In : *Veterinary Parasitology*. 1 septembre 1992. Vol. 44, n° 1-2, p. 3-13. DOI 10.1016/0304-4017(92)90138-Y.

ZABEL, Taylor A. et AGUSTO, Folashade B., 2018. Transmission Dynamics of Bovine Anaplasmosis in a Cattle Herd. In : *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases* [en ligne]. 2 mai 2018. Vol. 2018. DOI 10.1155/2018/4373981. Disponible à l'adresse : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5954946/>.

ZHOU, Zuoyong, LI, Kai, SUN, Yingying, SHI, Junge, LI, Hexian, CHEN, Yiwang, YANG, Haoyue, LI, Xiao, WU, Bi, LI, Xiaoxia, WANG, Zhiying, CHENG, Fangjun et HU, Shijun, 2019. Molecular epidemiology and risk factors of Anaplasma spp., Babesia spp. and Theileria spp. infection in cattle in Chongqing, China. In : *PLoS ONE* [en ligne]. 15 juillet 2019. Vol. 14, n° 7. DOI 10.1371/journal.pone.0215585. Disponible à l'adresse : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6629066/>.

Annexe

Annexe 1 : Questionnaire rédigé sur Google Forms destiné aux éleveurs de Polynésie française

Rubrique 1 sur 5

Questionnaire pour les éleveurs de Polynésie Française

Bonjour,
Dans le cadre de ma thèse d'exercice vétérinaire à l'école de Toulouse (France), je réalise une étude sur deux maladies transmises par les tiques aux bovins : la babésiose (due à *Babesia bovis* et *Babesia bigemina*) et l'anaplasmose (due à *Anaplasma marginale*). L'objectif est d'évaluer les mesures de lutte pouvant être mises en place à Tahiti afin de diminuer l'incidence de ces deux maladies.
Je vous sollicite donc pour répondre à ce court questionnaire en ligne afin de mieux comprendre vos besoins et vos motivations.
Répondre à ce questionnaire devrait vous prendre environ 15 minutes.
Les réponses à cette étude seront traitées de manière totalement anonyme.
Si vous souhaitez recevoir les résultats de mon étude, vous pouvez noter une adresse mail à la fin du questionnaire.
Je vous remercie pour votre coopération.
Lisa AYARD.

Données démographiques

Sur quelle île se situe votre élevage? *

Votre réponse _____

Dans quelle commune se situe votre élevage? *

Votre réponse _____

Quelle(s) race(s) possédez-vous dans votre élevage ? *

- Charolaise
- Limousine
- Prim'Holstein
- Blonde d'Aquitaine
- Santa Gertrudis
- Brahman
- Autre : _____

Combien de bovins adultes possédez-vous (de plus d'un an) ? *

Votre réponse _____

Quel est votre système d'élevage ? *

- Extérieur strict
- Extérieur et bâtiment
- Bâtiment

Effectuez-vous des mouvements d'animaux (achat ou prêt d'animaux) ? *

- Oui
- Non jamais (renouvellement seulement avec les animaux du troupeau)

Quelle est la superficie de vos pâtures ? *

- Moins d'un hectare
- Entre 1 et 10 hectares
- Entre 10 et 100 hectares
- Plus de 100 hectares

Votre troupeau est-il : *

	Oui	Non
En pâture adjacente à d'autres troupeaux?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
En pâture commune avec un autre troupeau?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
En pâture sur les mêmes parcelles qu'un autre troupeau mais pas en même temps?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Effectuez-vous une rotation des pâtures (changement régulier de près) ? *

- Oui
- Non

Perception du risque

Avez-vous eu des animaux présentant les signes cliniques suivants dans les 12 derniers mois : *

	Oui	Non
Hyperthermie (température >39,5°C)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Abattement important	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Amaigrissement important	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muqueuses très pâles ou jaunâtres	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Urines foncées, moussantes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Avez-vous effectué des vaccinations au cours des 12 derniers mois? *

- Oui
 Non

Si oui, contre quelles maladies, sur quels animaux et à quelle fréquence?

Votre réponse _____

Sur quelle proportion d'animaux avez-vous observé des tiques au cours des 12 derniers mois? *

- Sur peu d'animaux (moins de 25%)
 Sur quelques animaux (entre 25% et 50%)
 Sur beaucoup d'animaux (entre 50% et 75%)
 Sur quasiment tous les animaux (plus de 75%)

La lutte contre les tiques est-elle une priorité pour vous? *

- Oui
 Non

Avez-vous effectué des traitements contre les tiques au cours des 12 derniers mois? *

- Oui
 Non

Si oui, sur quels animaux?

- Tous les animaux
 Les animaux ayant le plus de tiques
 Autre : _____

Si oui, à quelle fréquence?

- Tous les mois
- Tous les 3 mois
- Tous les ans
- Autre : _____

Avez-vous déjà entendu parlé de la babésiose? *

- Oui
- Non

Pensez-vous avoir déjà eu des cas de babésiose dans votre troupeau ? *

- Oui
- Non, je ne pense pas

Avez-vous déjà entendu parlé de l'anaplasmose? *

- Oui
- Non

Pensez-vous avoir déjà eu des cas d'anaplasmose dans votre troupeau ? *

- Oui
- Non, je ne pense pas

La lutte contre l'anaplasmose et la babésiose est-elle une priorité pour vous? *

- Oui
- Non

Avez-vous effectué des traitements contre la babésiose ou l'anaplasmose (tel que le Carbesia) dans les 12 derniers mois? *

- Oui
- Non

Si oui, sur quels animaux?

- Sur tous les animaux
- Sur les animaux ayant beaucoup de tiques
- Sur des animaux présentant des signes cliniques
- Autre : _____

Réalisez-vous d'autres traitements ou actions contre les tiques et/ou les maladies qu'elles transmettent ? *

Oui

Non

Si oui, lesquels, sur quels animaux et à quelle fréquence ?

Votre réponse

Lorsque vous effectuez un traitement ou une vaccination, changez-vous d'aiguille entre chaque animal ?

Oui

Non

Acceptabilité des mesures de lutte :

Sur une échelle de 1 à 5, indiquez votre niveau d'accord avec les affirmations suivantes : *

	1 (Pas du tout d'accord)	2	3 (Je ne sais pas)	4	5 (Tout à fait d'accord)
Une étude de séroprévalence* de la babésiose et l'anaplasmose est nécessaire pour mettre en place des moyens de lutte adaptés.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La vaccination contre la babésiose et l'anaplasmose est efficace pour lutter contre ces maladies.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Une amélioration génétique du troupeau (sélection des animaux résistants) est efficace pour lutter contre la babésiose et l'anaplasmose.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Le croisement des animaux du troupeau avec des races plus rustiques (brahman, santa gertrudis...) est efficace pour lutter contre la babésiose et l'anaplasmose.

L'utilisation de traitements à base de plantes (phytothérapie) est un bon moyen alternatif aux produits chimiques dans la lutte contre les tiques.

*Séroprévalence: recherche par analyse sanguine de la proportion de bovins ayant été exposés à la babésiose et à l'anaplasmose.

Seriez-vous prêt à mettre en place les actions suivantes pour lutter : *

	Oui	Peut-être	Non
Réaliser des prises de sang sur vos animaux pour rechercher la babésiose et l'anaplasmose.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vacciner des animaux de votre troupeau contre la babésiose et l'anaplasmose.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Effectuer une amélioration génétique du troupeau avec des reproducteurs provenant d'autres élevages.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Effectuer des croisements avec des races rustiques.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Avoir recourt à de la phytothérapie pour lutter contre les tiques.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Merci pour votre participation

Merci beaucoup d'avoir pris le temps de répondre à ce questionnaire. Si vous souhaitez recevoir les résultats de l'enquête, vous pouvez renseigner votre adresse mail ci-dessous.

Adresse mail (facultatif)

Votre réponse _____

Annexe 2 Fréquence des caractéristiques retrouvées dans les élevages de chaque groupe identifié par la classification ascendante hiérarchique

Les résultats de la loi hypergéométrique sont donnés de la manière suivante : « * » signifie que la p-value du test est inférieure à 0,05 et « ** » signifie qu'elle est inférieure à 0,01. Les catégories en gras sont celles qui sont plus représentées que la moyenne.

Variables	Groupe 1		Groupe 2		Groupe 3		Total			
	n	%	n	%	n	%	n	%		
Ile										
Tahiti	5	71	5	63	6	86	16	73		
Moorea	2	29	1	13	0	0	3	14		
Tubuai	0	0	2	25	0	0	2	9		
Raiatea	0	0	0	0	1	14	1	5		
Commune										
Taravao	1	14	1	13	4	*	57	6	27	
Papara	1	14	1	13	1		14	3	14	
Hitiaa	0	0	0	0	1		14	1	5	
Fenua aihere	1	14	0	0	0		0	1	5	
Mahaena	1	14	0	0	0		0	1	5	
Faone	0	0	1	13	0		0	1	5	
Mataia	1	14	0	0	0		0	1	5	
Toahotu	0	0	1	13	0		0	1	5	
Paea	0	0	1	13	0		0	1	5	
Haapiti	2	29	0	0	0		0	2	9	
Papetoai	0	0	1	13	0		0	1	5	
Mahu	0	0	1	13	0		0	1	5	
Taahuaia	0	0	1	13	0		0	1	5	
Opoa	0	0	0	0	1		14	1	5	
Race										
Limousine	1,67	24	1,83	23	0,83		12	4,33	20	
Charolaise	4,17	60	3,33	42	0,83		12	8,33	38	
Prim'Holstein	0	0	0,00	0	1,08		15	1,08	5	
Blonde d'Aquitaine	0	0	0,00	0	0,75		11	0,75	3	
Santa Gertrudis	1,17	17	2,83	35	1,33		19	5,33	24	
Droughtmaster	0	0	0,00	0	0,58		8	0,58	3	
Brahman	0	0	0,00	0	1,58		23	1,58	7	
Nombre de bovins										
<25	7	*	100	6	75	2	*	29	15	68
25-50	0		0	1	13	1		14	2	9
50-75	0		0	0	0	2		29	2	9
>75	0		0	1	13	2		29	3	14
Mouvements d'animaux										
Oui	2		29	3	38	4		57	9	41
Non	5		71	5	63	3		43	13	59

Superficie											
<10	5		71	6		75	2		29	13	59
10-100	2		29	2		25	4		57	8	36
>100	0		0	0		0	1		14	1	5
Contact avec d'autres troupeaux											
Oui en contact direct	0	*	0	2		25	5		71	7	32
Oui en contact indirect	0		0	0		0	2	*	29	2	9
Non	7	*	100	6		75	0	**	0	13	59
Rotation des pâtures											
Oui	1		14	2		25	6	**	86	9	41
Non	6		86	6		75	1	**	14	13	59

Annexe 3 Fréquence des connaissances, attitudes et pratiques déclarées par les éleveurs inclus dans l'étude, pour chaque groupe identifié par la classification ascendante hiérarchique

Les résultats de la loi hypergéométrique sont donnés de la manière suivante : « * » signifie que la p-value du test est inférieure à 0,05 et « ** » signifie qu'elle est inférieure à 0,01. Les catégories en gras sont celles qui sont plus représentées que la moyenne.

Variables	Groupe 1		Groupe 2		Groupe 3		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Nombre de bovins présentant des tiques								
<25	5	71	7	88	2 *	29	14	64
25-50	2	29	0 *	0	4	57	6	27
50-75	0	0	0	0	0	0	0	0
>75	0	0	1	13	1	14	2	9
Utilisation d'acaricides chimiques								
Oui	2	29	0	0	7	100	9	41
Non	5	71	8 **	100	0 **	0	13	59
Utilisation d'autres traitements contre les tiques								
Oui	2	29	2 **	25	2 **	29	6	27
Non	5	71	6	75	5	71	16	73
Symptômes de babésiose ou d'anaplasmosse								
Oui	0 **	0	3	38	6 **	86	9	41
Non	7 **	100	5	63	1 **	14	13	59
Connaissance de la babésiose ou de l'anaplasmosse								
Oui	0 *	0	1	13	6 **	86	7	32
Non	7 *	100	7	88	1 **	14	15	68
A déjà présenté un cas de babésiose ou d'anaplasmosse								
Oui	0	0	0	0	5 **	71	5	23
Non	7	100	8	100	2 **	29	17	77
A déjà traité contre la babésiose ou l'anaplasmosse								
Oui	0	0	0	0	2	29	2	9
Non	7	100	8	100	5	71	20	91

Annexe 4 Fréquence d'acceptation des mesures de lutte dans les élevages de chaque groupe identifié par la classification ascendante hiérarchique

Les résultats de la loi hypergéométrique sont donnés de la manière suivante : « * » signifie que la p-value du test est inférieure à 0,05 et « ** » signifie qu'elle est inférieure à 0,01. Les catégories en gras sont celles qui sont plus représentées que la moyenne.

Variables	Groupe 1		Groupe 2		Groupe 3		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Etude de séroprévalence								
Oui	4	57	4	50	6	86	14	64
Peut-être	2	29	2	25	1	14	5	23
Non	1	14	2	25	0	0	3	14
Vaccination								
Oui	0 **	0	8 **	100	2	29	10	45
Peut-être	2	29	0	0	3	43	5	23
Non	5 *	71	0 *	0	2	29	7	32
Amélioration génétique								
Oui	2	29	4	50	7 **	100	13	59
Peut-être	0	0	3 *	38	0	0	3	14
Non	5 **	71	1	13	0	0	6	27
Croisement avec des races rustiques								
Oui	0 **	0	4	50	5	71	9	41
Peut-être	0	0	4 *	50	1	14	5	23
Non	7 **	100	0 **	0	1	14	8	36
Phytothérapie								
Oui	3	43	8 **	100	2	29	13	59
Peut-être	1	14	0 *	0	5 **	71	6	27
Non	3 *	43	0	0	0	0	3	14

Toulouse 2020

NOM : AYARD **PRENOM :** Lisa

TITRE : Etude des connaissances, attitudes et pratiques des éleveurs de bovins en Polynésie française sur la gestion de la babésiose et l'anaplasmosé

RESUME : La babésiose à *Babesia bigemina* et *Babesia bovis* et l'anaplasmosé à *Anaplasma marginale* sont deux parasitoses tropicales d'importance sanitaire et économique majeure. Peu de données sont disponibles sur l'épidémiologie de celles-ci en Polynésie française rendant leur prise en charge compliquée. L'objectif de cette étude est de regrouper les différents moyens de lutte disponibles contre ces deux maladies en zones tropicales et subtropicales ; puis d'évaluer les connaissances, attitudes et pratiques des éleveurs afin de leur apporter une aide plus adaptée à leur situation. Ainsi, une recherche systématique sur les mesures de lutte a été effectuée. Elle a permis l'élaboration d'un questionnaire soumis aux éleveurs bovins de Polynésie française par internet et par téléphone. Les résultats ont mis en évidence deux groupes d'élevages : des élevages de petite taille n'ayant pas de problèmes d'hétoparasitoses et d'autres, de plus grande taille, situés essentiellement sur la presqu'île de Tahiti, cherchant des solutions pour lutter contre ces maladies. Ces données constituent un support pour une future étude de séroprévalence de la babésiose et l'anaplasmosé au sein des élevages polynésiens.

MOTS-CLES : prévention, tiques, *Babesia bovis*, *Babesia bigemina*, *Anaplasma marginale*

TITLE : Study of the awareness, behaviour and practices of cattle breeders in French Polynesia in relation to the management of babesiosis and anaplasmosis

ABSTRACT: Babesiosis caused by *Babesia bigemina* and *Babesia bovis* and anaplasmosis caused by *Anaplasma marginale* are two tropical parasitoses with a major health and economic impact. A small amount of data is available on their epidemiology in French Polynesia making their management complicated. The objective of this study is to bring together the different means of control available against these two diseases in tropical and subtropical zones; then to evaluate the awareness, behaviour and practices of breeders in order to provide them with a more adapted response to their problem. Thus, systematic research on control measures was carried out. It then triggered the creation of a questionnaire submitted to the cattle breeders of French Polynesia by email and telephone. The results highlighted two groups of farms: small farms with no haemoparasitosis problems and larger farms, mainly located on the Tahitian peninsula, looking for solutions to combat these diseases. The data will support a future study of the seroprevalence of babesiosis and anaplasmosis in Polynesian farms.

KEY WORDS : prevention, ticks, *Babesia bovis*, *Babesia bigemina*, *Anaplasma marginale*