

Master II GIZMAT
Gestion Intégrée des Zoonoses et des Maladies Animales Tropicales
École Nationale Vétérinaire Toulouse, Université de Toulouse et CIRAD Montpellier

RAPPORT DE STAGE

**Le syndrome « piro-like » des bovins à La Réunion :
distribution spatiale et temporelle des cas et impact
clinique des co-infections**

William R.J. Sercombe

Réalisé sous la direction de **Sylvie AHOUSSOU¹**, **Yannick GRIMAUD¹**, **Cécile SQUARZONI²** et **David WILKINSON²**

¹GDS Réunion et ²UMR ASTRE, CIRAD, Plateforme CYROI

Stage réalisé du 27/01/2025 au 20/06/2025

Mémoire soutenu le 23/06/2025 devant le jury suivant :

Timothée VERGNES, professeur en santé publique vétérinaire à l'**ENVT**, Toulouse (examineur)

Fabien CORBIÈRE, professeur en santé des ruminants à l'**ENVT**, Toulouse (rapporteur)

Année universitaire 2024-2025

Résumé : Cette étude constitue le premier recensement à La Réunion des cas cliniques bovins de syndrome « piro-like », regroupant les hémoparasitoses telles que l'anaplasmose (*Anaplasma marginale*) et la babésiose (*Babesia bovis*, *Babesia bigemina*), ainsi que les orbiviroses, notamment la maladie hémorragique épizootique (MHE) et la fièvre catarrhale ovine (FCO). Un diagnostic de certitude a été établi par RT-qPCR et a révélé, parmi les 129 bovins prélevés entre février 2024 et mai 2025, que 66 % d'entre eux, soit 85 bovins, étaient porteurs d'une co-infection. Ces co-infections étaient associées à une sévérité clinique accrue, en particulier la co-infection *A. marginale* – *B. bovis*, qui présentait un taux de mortalité de 51 %, contre 34 % pour l'ensemble des bovins étudiés. L'analyse spatiale a mis en évidence une disparité des taux d'infection selon les zones climatiques d'élevage, La Plaine des Cafres affichant le taux le plus élevé avec 12,2 cas pour 1 000 bovins. Par ailleurs, l'analyse temporelle a révélé une distribution saisonnière des cas, majoritairement concentrés durant la période estivale australe (novembre à avril). Malgré la faible spécificité des signes cliniques du syndrome « piro-like », certaines associations entre le tableau clinique et les résultats RT-qPCR apportent des informations complémentaires utiles au diagnostic clinique pour les praticiens vétérinaires de l'Île.

Mots-clés : syndrome « piro-like », La Réunion, bovins, hémoparasitoses, anaplasmose, babésiose, *Orbivirus*, co-infections.

Summary: This study represents the first survey in Reunion Island of bovine clinical cases of “piroplasmosis-like” syndrome, which includes hemoparasitoses such as anaplasmosis (*Anaplasma marginale*) and babesiosis (*Babesia bovis*, *Babesia bigemina*), as well as *Orbiviruses*, notably epizootic hemorrhagic disease virus (EHDV) and bluetongue virus (BTV). RT-qPCR was used to establish a diagnosis which revealed that, among the 129 cattle sampled between February 2024 and May 2025, 66 %, or 85 cattle, were co-infected. These co-infections were associated with increased clinical severity, in particular *A. marginale* - *B. bovis* co-infection, which had a mortality rate of 51 %, compared with 34 % for all cattle studied. Spatial analysis revealed a disparity in infection rates between different climatic zones, with La Plaine des Cafres showing the highest rate at 12.2 cases per 1,000 cattle. Temporal analysis also revealed a seasonal distribution of cases, with the majority concentrated in the southern hemisphere summer months (November to April). Despite the low specificity of the clinical signs associated with the “piroplasmosis-like” syndrome, several associations between the clinical presentation and RT-qPCR results provide valuable additional information to support clinical diagnosis for veterinary practitioners on the island.

Keywords: « piroplasmosis-like » syndrome, Reunion Island, bovines, hemoparasitoses, anaplasmosis, babesiosis, *Orbiviruses*, co-infections.

Remerciements :

Je tiens tout d'abord à remercier chaleureusement Sylvie Ahoussou, Yannick Grimaud, Cécile Squarzoni et David Wilkinson pour leur encadrement, leurs expertises, leur disponibilité et leur précieuse aide tout au long de l'élaboration de ce travail. Merci de m'avoir accordé votre confiance pour l'analyse épidémiologique de cette étude. J'ai personnellement éprouvé une grande satisfaction à réaliser ce projet à vos côtés.

Je remercie également Anaïs Etheves, qui a réalisé l'ensemble des analyses de laboratoire au CIRAD, pour son professionnalisme et son implication.

Pour leur accueil chaleureux, leur bonne humeur quotidienne et les échanges enrichissants lors des pauses café, je souhaite exprimer ma gratitude à tous les collaborateurs du GDS Réunion.

Je remercie aussi les techniciens de la SICAREVIA et de la SICALAIT, en particulier David Grangette et Johan Hoareau, avec qui j'ai pu échanger sur l'élevage bovin réunionnais et partager de nombreuses discussions intéressantes.

Un grand merci aux vétérinaires ayant participé à l'étude en déclarant et prélevant les bovins suspects de syndrome « piro-like », notamment la Clinique Vétérinaire des Hauts, la Clinique Vétérinaire SoVeto de Saint-Louis, le Cabinet Vétérinaire Beaudouard et la Clinique Vétérinaire du Sud Sauvage. J'ai beaucoup apprécié nos échanges, tant sur ce sujet que sur d'autres.

Je remercie également Timothée Vergnes, responsable du Master GIZMAT, pour sa disponibilité et son soutien lors de l'élaboration du protocole de ce travail.

Enfin, je souhaite adresser un immense merci à ma famille — mes parents, ma sœur, mon frère et ma grand-mère — pour leur soutien indéfectible. Vous êtes mes piliers, ne changez jamais. Une mention toute particulière à ma conjointe, Margaux, qui me suit sans hésitation à l'autre bout du monde dans toutes mes aventures académiques, qui deviennent rapidement nos aventures personnelles à tous les deux.

Ce stage de recherche a bénéficié du soutien du projet "Santé et Biodiversité Réunion" dans le cadre du programme FEADER co-financé par l'Union européenne, l'Etat et la Région Réunion . L'Europe s'engage à La Réunion avec le FEADER dont le Département Réunion est autorité de gestion.

Liste des abréviations :

ACM : Analyse des correspondances multiples

ACP : Analyse en Composantes Principales

ADN : Acide Désoxyribonucléique

ARN : Acide Ribonucléique

BTV : Bluetongue Virus (Virus de la Fièvre Catarrhale Ovine)

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

CYROI : Centre de Recherche et d'Innovation sur les Outre-mer et les Îles

Ct : Cycle threshold (seuil de cycle en RT-qPCR, valeur indiquant la quantité de matériel génétique détecté)

DAP : Document d'Accompagnement des Prélèvements

EDTA : Acide Éthylène Diamine Tétraacétique (agent chélateur utilisé comme anticoagulant dans les tubes de prélèvement sanguin)

EHDV : Epizootic Haemorrhagic Disease Virus (Virus de la Maladie Hémorragique Épizootique)

ENVT : Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

GDS : Groupement de Défense Sanitaire

IC : Intervalle de Confiance

MS : Matière sèche

Numéro EDE : Numéro d'Enregistrement de l'Élevage (identifiant administratif pour un élevage)

POSEIDOM : projet vétérinaire visant l'éradication de l'anaplasmose et de la babésiose chez les bovins à La Réunion entre 1994 et 1998

PS-GDS : Plateforme Sanitaire des Groupements de Défense Sanitaire

RT-qPCR : Reverse Transcription quantitative Polymerase Chain Reaction (PCR quantitative après transcription inverse)

SEDAEL : Société d'études de développement et d'amélioration de l'élevage Océan Indien

SICALAIT : Société d'intérêt collectif agricole pour la filière lait

SICAREVIA : Société d'intérêt collectif agricole pour la filière viande

SIGAL : Système d'Information de la Direction Générale de l'Alimentation

UMR ASTRE : Unité Mixte de Recherche Agriculture, Santé, Territoires, Environnement

Table des matières

I. INTRODUCTION.....	6
1. Les hémoparasitoses : aspects cliniques et épidémiologiques.....	6
a. L'anaplasmose bovine.....	6
b. La babésiose bovine.....	7
2. La situation sanitaire de la Réunion face aux hémoparasitoses.....	9
a. Structure de l'élevage bovin à La Réunion.....	9
b. Contexte épidémiologique de l'anaplasmose bovine à La Réunion.....	10
c. Contexte épidémiologique de la babésiose bovine à La Réunion.....	10
d. Impact des hémoparasitoses sur le cheptel bovin réunionnais.....	11
3. La situation sanitaire de La Réunion face aux orbiviroses bovines.....	13
4. Objectifs.....	13
II. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	14
1. Protocole, échantillonnage et zone d'étude.....	14
2. Analyse génomique des agents pathogènes impliqués dans le syndrome « piro-like ».....	15
a. Détection du génome d' <i>Anaplasma marginale</i> par RT-qPCR.....	16
b. Détection du génome de <i>Babesia bovis</i> et <i>Babesia bigemina</i> par RT-qPCR.....	16
c. Détection du génome de BTV et EHDV par RT-qPCR.....	17
3. Analyse spatiale et zonation climatique des élevages.....	17
4. Analyses.....	19
a. Création d'un score clinique comme indicateur de sévérité.....	19
b. Analyses statistiques.....	19
III. RÉSULTATS.....	20
1. Distribution spatiale et temporelle des cas confirmés de syndrome « piro-like ».....	22
a. Distribution spatiale.....	22
b. Distribution temporelle.....	25
2. Impact des co-infections sur le tableau clinique des bovins touchés par le syndrome « piro-like ».....	27
a. Effet des co-infections sur la sévérité du tableau clinique.....	27
b. Agents pathogènes associés aux formes cliniques sévères.....	29
3. Typologie des tableaux cliniques associés aux résultats RT-qPCR.....	30
IV. DISCUSSION.....	32
V. CONCLUSION.....	38
VI. BIBLIOGRAPHIE.....	39
VII. ANNEXES.....	45

I. INTRODUCTION

Le syndrome « piro-like » des bovins à La Réunion regroupe un ensemble de maladies infectieuses vectorielles, comprenant : 1) d'une part les « hémoparasitoses », telles que l'anaplasmose et la babésiose ; 2) d'autre part les orbiviroses, localement appelées « bavites », regroupant la fièvre catarrhale ovine (FCO ou BTV pour bluetongue virus) et la maladie hémorragique épizootique (MHE ou EHDV pour epizootic haemorrhagic disease virus). Ce syndrome désigne un tableau clinique peu spécifique, caractérisé par des signes tels que l'hyperthermie, l'anorexie ou encore l'abattement. En pratique, il est souvent difficile d'attribuer de manière certaine ces signes à l'une des maladies du syndrome. De plus, les tests diagnostiques permettant une identification fiable sont rarement sollicités par les éleveurs bovins.

Les deux grandes entités pathologiques regroupées sous le syndrome « piro-like » présentent par ailleurs des différences épidémiologiques marquées : elles ne partagent ni les mêmes vecteurs, ni la même dynamique de transmission. Ainsi, certaines années, les orbiviroses ont provoqué une recrudescence d'animaux symptomatiques à La Réunion, tandis qu'en d'autres périodes, très peu de cas cliniques ont été observés (Grimaud and Dupraz, 2023; Véron, 2015). À l'inverse, les hémoparasitoses semblent présentes de manière quasi-constante chaque année.

Leur étiologie divergente doit également être soulignée : les orbiviroses sont d'origine virale, l'anaplasmose est causée par une bactérie, et la babésiose par un parasite protozoaire.

Ces éléments rendent difficile la conduite d'une étude épidémiologique sur les orbiviroses sans disposer de données recueillies sur plusieurs années consécutives. Par conséquent, afin de proposer une analyse à la fois pertinente et réalisable, ce mémoire se concentrera plus particulièrement sur les hémoparasitoses, qui constituent une problématique majeure et persistante pour les éleveurs bovins réunionnais.

1. Les hémoparasitoses : aspects cliniques et épidémiologiques

a. L'anaplasmose bovine

L'anaplasmose bovine à La Réunion est causée par *Anaplasma marginale*, une bactérie intra-érythrocytaire appartenant à l'ordre des Rickettsiales (Adjou and Jammes, 2011; Aubry and Geale, 2011; Baldacchino et al., 2013). Il s'agit d'une maladie hémolytique vectorielle, répandue dans les régions tropicales et subtropicales du globe. Elle peut se transmettre par morsure de tique, piqûre de mouche ou lors de certains actes zootechniques tels que les injections, la castration ou l'écornage (Aubry and Geale, 2011).

À La Réunion, la transmission entre bovins est principalement associée à la tique *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, ainsi qu'aux mouches *Stomoxys calcitrans* et *Stomoxys nigra* (Adjou and Jammes, 2011; Baldacchino et al., 2013). Cette tique, fréquente en zone tropicale, présente un cycle de vie monoxène. Une fois fixées sur leur hôte, les femelles sont peu mobiles, et il a été démontré qu'il n'existe pas de transmission transovarienne de *A. marginale* (Mazzucco Panizza et al., 2022). La transmission entre bovins repose ainsi principalement sur l'activité des mâles, plus mobiles, qui changent d'hôtes à la recherche de partenaires pour l'accouplement (Futse et al.,

2003). Ces tiques mâles peuvent transmettre la bactérie de manière intrastadiale, et restent infectées à vie après contact avec l'agent pathogène (Kocan et al., 2010).

Par ailleurs, les mouches hématophages agissent comme vecteurs mécaniques, notamment en contexte de forte densité bovine et de pullulation de mouches, conditions parfois réunies dans certains élevages réunionnais. Cette situation peut alors conduire à l'apparition d'épisodes d'anaplasmose clinique à allure épidémique (Adjou and Jammes, 2011; Hüe and Ceniceros, 2007).

La période d'incubation de l'anaplasmose bovine varie de 7 à 60 jours. La sévérité de la maladie dépend notamment de l'âge de l'animal (Aubry and Geale, 2011). En effet, les veaux et jeunes bovins de moins d'un an développent peu ou pas de symptômes cliniques. En revanche, chez les bovins adultes de plus de deux ans, la maladie se manifeste fréquemment sous une forme aiguë, avec une létalité pouvant atteindre 29 à 49 % des cas (Aubry and Geale, 2011; Brunshwig et al., 2009).

Les signes cliniques incluent une hyperthermie, une anémie suivie d'un ictère sans hémoglobinurie, une atonie digestive avec constipation, ainsi que des avortements (Adjou and Jammes, 2011; Aubry and Geale, 2011). Une fois infecté, un bovin reste porteur de la bactérie à vie, quel que soit son âge, même après l'administration d'un traitement à base de tétracyclines. Toutefois, la concentration d'érythrocytes infectés chez les porteurs chroniques est bien inférieure à celle observée en phase aiguë, variant généralement entre 10^3 et 10^5 cellules infectées par millilitre de sang (Aubry and Geale, 2011). Ce portage chronique joue un rôle essentiel dans la transmission de la maladie au sein des troupeaux et dans le maintien de son caractère endémique.

Plusieurs facteurs de risque associés à l'apparition de l'anaplasmose bovine ont été identifiés dans des pays comme les États-Unis, le Brésil ou l'Argentine. Parmi eux figurent notamment la présence de tiques, l'âge des animaux (les veaux étant plus susceptibles d'être infectés que les adultes), le recours au brûlage pastoral, l'utilisation combinée de différents pâturages pour l'alimentation, ou encore l'emploi systématique d'une seule molécule acaricide (Amorim et al., 2014; Morel et al., 2024; Spare et al., 2020).

À La Réunion, bien que certains facteurs de risque soient suspectés, ils n'ont pas encore été formellement identifiés ni quantifiés.

b. La babésiose bovine

La babésiose est une maladie vectorielle causée par un protozoaire intra-érythrocytaire du genre *Babesia*, transmis par des tiques (Bock et al., 2004; Jacob et al., 2020).

Sur le plan économique, elle constitue la maladie vectorielle ayant le plus fort impact sur l'industrie bovine à l'échelle mondiale (McLeod and Kristjanson, 1999). Les pertes engendrées résultent de la mortalité des animaux, de la baisse de production (lait et viande), des avortements, ainsi que des coûts liés aux traitements et aux moyens de lutte, notamment l'utilisation d'acaricides (Bock et al., 2004; Jacob et al., 2020).

À La Réunion, *Babesia bigemina* et *Babesia bovis* sont les deux espèces responsables de la babésiose bovine, transmises par la tique *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Tillard and Messad, 1998). Cette dernière constitue un vecteur biologique pour le parasite, qui réalise une partie de son cycle de développement en son sein. Contrairement à *Anaplasma marginale*, la transmission transovarienne est possible : les tiques

fémmelles infectées peuvent ainsi transmettre le parasite à leur descendance. Les mâles et les fémmelles sont donc tous deux capables d'assurer la transmission de *Babesia* (Bock et al., 2004; Dalglish et al., 1978; Mackenstedt et al., 1995).

La période d'incubation de la babésiose varie selon l'espèce de *Babesia* : elle est de 4 à 5 jours pour *B. bigemina* et de 10 à 12 jours pour *B. bovis* (World Organisation for Animal Health, 2021). À l'instar de l'anaplasmose, les jeunes bovins exposés précocement — jusqu'à l'âge de 9 mois — présentent rarement des signes cliniques et développent une immunité robuste (Bock et al., 2004; Tillard and Messad, 1998).

En revanche, une primo-infection à l'âge adulte peut entraîner des signes cliniques marqués tels que de la fièvre, une anémie et une hémoglobinurie. Des avortements sont également rapportés, ainsi qu'une baisse de la fertilité chez les taureaux infectés (World Organisation for Animal Health, 2021).

Bien que les deux espèces soient pathogènes, *B. bigemina* est généralement considérée comme moins virulente, et la guérison est souvent plus rapide qu'en cas d'infection par *B. bovis* (Bock et al., 2004). La pathogénie de *B. bigemina* repose principalement sur une destruction massive des érythrocytes, souvent associée à des lésions hépatiques et rénales. Celle de *B. bovis*, en revanche, implique des troubles de la coagulation, des signes neurologiques centraux, et peut conduire au décès de l'animal dans les formes sévères (Bock et al., 2004; Brunschwig et al., 2009; Chandran, 2021).

À la nécropsie, les lésions les plus fréquemment observées incluent une anémie ou un ictère généralisé, de l'hémoglobinurie, une splénomégalie œdémateuse, une hépatomégalie, des reins congestifs de couleur sombre, ainsi qu'une distension de la vésicule biliaire (Bock et al., 2004; Henker et al., 2020).

Des formes subaiguës chez les bovins adultes sont également décrites, bien que plus difficiles à détecter en raison de symptômes cliniques plus discrets (Bock et al., 2004).

Les bovins ayant survécu à l'infection développent une immunité durable, d'une durée d'au moins quatre ans, qui les protège de la maladie clinique. Toutefois, ils demeurent porteurs chroniques et asymptomatiques du parasite pendant plusieurs mois, voire plusieurs années, selon la race du bovin et l'espèce de *Babesia* en cause (Johnston et al., 1978; Mahoney, 1969).

Par exemple, les animaux rétablis d'une infection à *B. bigemina* peuvent contaminer les tiques pendant environ 7 semaines après l'épisode infectieux et restent porteurs du parasite jusqu'à 6 mois. En revanche, les bovins infectés par *B. bovis* conservent le protozoaire pendant au moins quatre ans. Cette durée de portage est toutefois plus courte chez les bovins de type zébu (*Bos indicus*), qui éliminent naturellement *B. bovis* en moins de trois ans (Bock et al., 2004).

Il est également intéressant de noter que l'immunité conférée par une infection à *B. bigemina* apporte une certaine protection contre une infection à *B. bovis*, alors que l'inverse n'est pas observé (Smith et al., 1980; Wright et al., 1987).

Par ailleurs, divers facteurs de risque associés à la présence de cas de babésiose dans l'élevage bovin ont été identifiés. Parmi ceux-ci figurent l'âge du bovin, son statut nutritionnel, l'utilisation d'acaricides, le niveau d'infestation par les tiques sur le site d'élevage, la proximité entre les animaux, ainsi que le mouvement ou l'introduction de nouveaux animaux dans un troupeau. La race du bovin apparaît également comme un facteur déterminant : en effet, les bovins de type zébu (*Bos indicus*) sont généralement plus résistants à la babésiose que les bovins

de type *Bos taurus* et présentent des signes cliniques moins marqués (Bock et al., 2004; He et al., 2021; McFadzean et al., 2023).

2. La situation sanitaire de la Réunion face aux hémoparasitoses

a. Structure de l'élevage bovin à La Réunion

L'élevage bovin à La Réunion s'organise autour de deux principales filières : la production laitière et la production de viande. Chacune est structurée par une société d'intérêt collectif agricole : la SICALAIT pour la filière lait, et la SICAREVIA pour la filière viande. Toutefois, environ 500 élevages ne sont affiliés à aucune coopérative et sont considérés comme indépendants ; ils représentent environ 6 % de la production locale de viande (DAAF La Réunion, 2015; Gaillard, 2023). Au total, on recense environ 1 200 exploitations bovines, qu'elles soient laitières ou allaitantes, sur l'île (De Romemont and Proietti, 2024).

La filière laitière, structurée autour de la coopérative SICALAIT, regroupe environ 50 élevages, avec une médiane de 47 vaches par exploitation. La race prédominante est la Prim'Holstein, accompagnée de quelques Montbéliardes et Brunnes des Alpes. La production annuelle moyenne atteint 6 100 litres de lait par vache (Agreste - Ministère de l'Agriculture, 2021). Les élevages laitiers sont majoritairement implantés dans les « Hauts » de l'île, au-delà de 800 mètres d'altitude, où les conditions climatiques sont plus adaptées aux races européennes. Les principaux bassins laitiers se situent à la Plaine des Cafres (1 300–2 000 m) et dans les « Hauts » de l'Ouest (800–1 300 m) (Agreste - Ministère de l'Agriculture, 2021; Marblé et al., 2018). L'alimentation des vaches repose fortement sur les concentrés, avec des apports compris entre 10 et 14 kg de matière sèche (MS) par jour, contre environ 5 kg MS en moyenne en France métropolitaine (Institut de l'élevage, 2021). Cette dépendance accrue est liée aux contraintes locales de production de fourrages conservés (ensilage) et au manque de prairies mécanisables (Marblé et al., 2018). De ce fait, le système hors sol, caractérisé par l'absence de pâturage et une alimentation entièrement distribuée, est majoritaire dans l'élevage bovin laitier à La Réunion.

La filière viande, structurée autour de la coopérative SICAREVIA, regroupe 299 élevages, produisant environ 1 800 tonnes équivalent carcasse, soit 94 % de la production réunionnaise et 32 % de la consommation locale (Réunion, 2024).

Le cheptel allaitant est composé d'environ 23 000 bovins, dont 9 000 vaches, issues majoritairement de race Limousine ou Blonde d'Aquitaine. La race locale Moka, résultat de croisements entre zébus malgaches et autres races rustiques, reste marginale avec environ 600 têtes (DAAF La Réunion, 2015).

Le système d'élevage dominant est celui de naisseur, représentant 70 % des exploitations. Les veaux y sont élevés jusqu'à l'âge de 8 à 10 mois, avant d'être vendus à des ateliers d'engraissement ou à la SEDAEL pour la reproduction. Les élevages naisseurs sont principalement situés dans les « Hauts » de l'île, au-delà de 500 m d'altitude, zones offrant un climat plus favorable aux bovins et un accès au foncier propice aux pâturages. À l'inverse, les ateliers d'engraissement se trouvent dans les « Bas », à plus basse altitude, à proximité des zones de culture de la canne à sucre, qui fournit un fourrage complémentaire. Un système mixte naisseur-engraisseur existe également, bien que minoritaire (DAAF La Réunion, 2015).

b. Contexte épidémiologique de l'anaplasmose bovine à La Réunion

L'anaplasmose bovine est une maladie endémique au sein du cheptel réunionnais. Une première enquête sérologique, menée en 1994 dans le cadre du programme POSEIDOM (« Éradication des babésioses et de l'anaplasmose à La Réunion »), avait révélé une séroprévalence de 19 % pour *Anaplasma marginale* parmi les bovins testés (Adjou and Jammes, 2011; Tillard and Messad, 1998).

Une seconde enquête transversale réalisée en 2004, puis réitérée en 2006, a mis en évidence une séroprévalence de 67 % en 2004, puis de 54 % en 2006, chez les bovins âgés de plus de trois ans (Brunschwig et al., 2009).

En 2009, une étude menée par le GDS Réunion a retrouvé une séroprévalence similaire à celle observée en 1994, soit environ 20 % de bovins séropositifs. Les auteurs soulignent par ailleurs une forte hétérogénéité de la séroprévalence entre les filières laitière et allaitante (Adjou and Jammes, 2011).

Par ailleurs, plusieurs études font état de co-séropositivités, témoignant d'infections concomitantes par différents agents responsables d'hétoparasitoses (Adjou and Jammes, 2011; Brunschwig et al., 2009; Tillard and Messad, 1998).

Plus récemment, une étude de cohorte non publiée, conduite en 2018 par le GDS Réunion (Dernburg, 2018), a évalué par RT-qPCR la prévalence d'agents hétoparasitaires chez environ 250 bovins cliniquement sains âgés de 24 mois. Les résultats ont mis en évidence une prévalence globale de 77,6 % pour *A. marginale*. Les co-infections étaient fréquentes, près de la moitié des bovins étant également porteurs d'une espèce de *Babesia*.

Des différences notables ont été observées selon le type de production, avec des prévalences de 66,7 % chez les bovins laitiers et de 87 % chez les bovins allaitants. Enfin, l'analyse spatiale des données a révélé des disparités régionales : la zone Ouest de l'île affichait la prévalence la plus élevée (92,3 %), tandis que la région du Tampon présentait la plus faible (72,1 %).

c. Contexte épidémiologique de la babésiose bovine à La Réunion

L'étude sérologique réalisée entre 1994 et 1998 dans le cadre du programme POSEIDOM a mis en évidence un risque élevé de babésiose clinique, notamment chez les jeunes bovins adultes (Tillard and Messad, 1998). Malgré des niveaux de séroprévalence relativement élevés, notamment dans les zones de la Plaine des Cafres et des Hauts de l'Ouest — où les bovins allaitants sont fréquemment exposés à *Rhipicephalus microplus* — les résultats suggéraient une situation épidémiologique instable (Tillard and Messad, 1998). En effet, les séroprévalences observées restaient insuffisantes pour garantir une stabilité enzootique. Il est admis qu'un seuil d'au moins 74 % de veaux infectés avant l'âge de 9 mois est nécessaire pour établir cette stabilité (Smith et al., 2000).

Par ailleurs, une enquête conduite par le GDS Réunion en 2009 a révélé une baisse des séroprévalences pour *Babesia bigemina*, *Babesia bovis* et *Anaplasma marginale* sur une période de deux ans. Cette diminution de l'immunité acquise pourrait expliquer la recrudescence de cas cliniques d'hétoparasitoses observée en 2008 (Brunschwig et al., 2009).

Plus récemment, une étude de cohorte non publiée menée par le GDS Réunion en 2018 a évalué, par RT-qPCR, la prévalence des agents pathogènes responsables d'hétoparasitoses chez des bovins cliniquement sains (Dernburg, 2018). Les résultats ont révélé que 32,4 % des animaux étaient porteurs de *Babesia bovis* et 12,4 % de *Babesia bigemina*.

Une forte disparité entre filières a été observée pour *B. bovis*, avec une prévalence de 42,2 % chez les bovins allaitants, contre seulement 10,7 % chez les bovins laitiers. À l'inverse, aucune différence notable n'a été observée pour *B. bigemina*, dont la prévalence était de 11,1 % dans la filière laitière et de 10,1 % dans la filière viande.

Comme mentionné précédemment, environ la moitié des animaux testés étaient co-infectés par *Anaplasma marginale* et une espèce de *Babesia*. En revanche, aucune co-infection simultanée par *B. bovis* et *B. bigemina* n'a été détectée.

Sur le plan géographique, les prévalences les plus élevées ont été enregistrées dans l'Ouest de l'île, atteignant 50 % pour *B. bovis* et 19,2 % pour *B. bigemina*. À l'inverse, la prévalence de *B. bovis* était la plus faible dans le Sud avec 12,5 %, tandis que la zone du Tampon présentait la plus faible prévalence pour *B. bigemina* avec 5,9 %.

d. Impact des hétoparasitoses sur le cheptel bovin réunionnais

Les premières mentions officielles d'anaplasmose et de babésiose bovine à La Réunion remontent à 1980, dans un rapport technique de Pierre-Claude Morel (Morel, 1980), mettant en évidence l'impact de ces maladies sur l'élevage local.

Outre les dépenses vétérinaires liées aux traitements et la mortalité de certains bovins, l'impact économique lié à la perte de production (baisse de la production laitière, perte de poids...) et la lutte antivectorielle représente une lourde charge pour les élevages bovins réunionnais (Tillard and Messad, 1998). Aucune estimation du coût des hétoparasitoses bovines à La Réunion n'a été effectuée à ce jour.

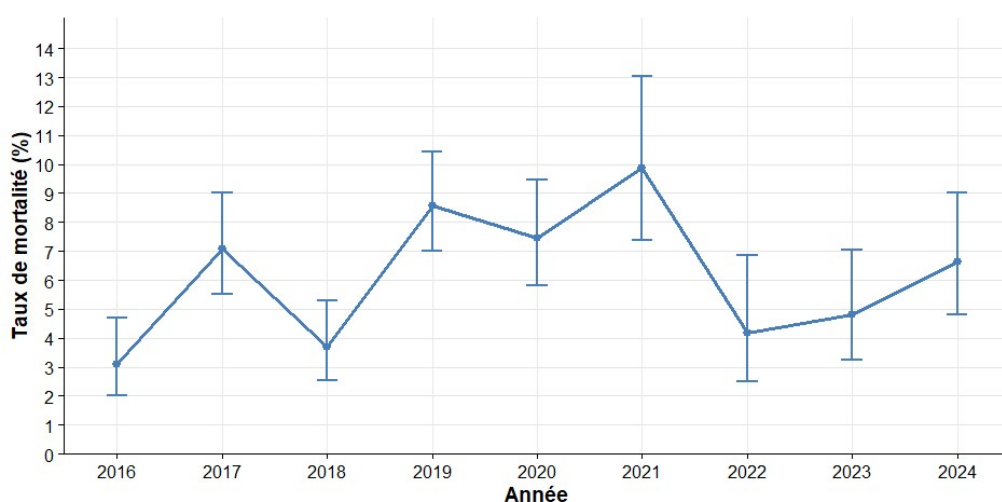


Figure 1 : Evolution de la mortalité bovine due aux hétoparasitoses.

Données de 2016 à 2024 avec un intervalle de confiance à 95 %.

Source : GDS Réunion, données d'équarrissage.

Sur l'aspect sanitaire, entre 2000 et 2004, la mortalité attribuée à ces maladies a été estimée à 16,5 % (Adjou & Jammes, 2011) plaçant ainsi les hétoparasitoses comme la première cause de mortalité bovine d'origine infectieuse.

Entre 2016 et 2024, le taux de mortalité lié aux hémoparasitoses a fluctué entre 3 % (IC95% = [2,02 % - 4,69 %]) et 10 % (IC95% = [7,39 % - 13,03%]) selon les années (**Figure 1**). Cela correspond entre 16 à 95 bovins morts d'hémoparasitoses par an.

Ces estimations sont probablement sous-évaluées, car elles ne prennent en compte que les bovins pour lesquels une cause de décès a été renseignée, soit environ 35 % des décès déclarés (n = 382 à 1108 bovins par an, selon les années) (**Figure 2**). Par ailleurs, dans la majorité des cas, la cause de décès est renseignée par l'éleveur lui-même, sans confirmation par un examen nécropsique vétérinaire ou par un diagnostic de certitude réalisé en laboratoire. Cela constitue une limite majeure, susceptible d'affecter la fiabilité des estimations du nombre réel de cas d'hémoparasitoses.

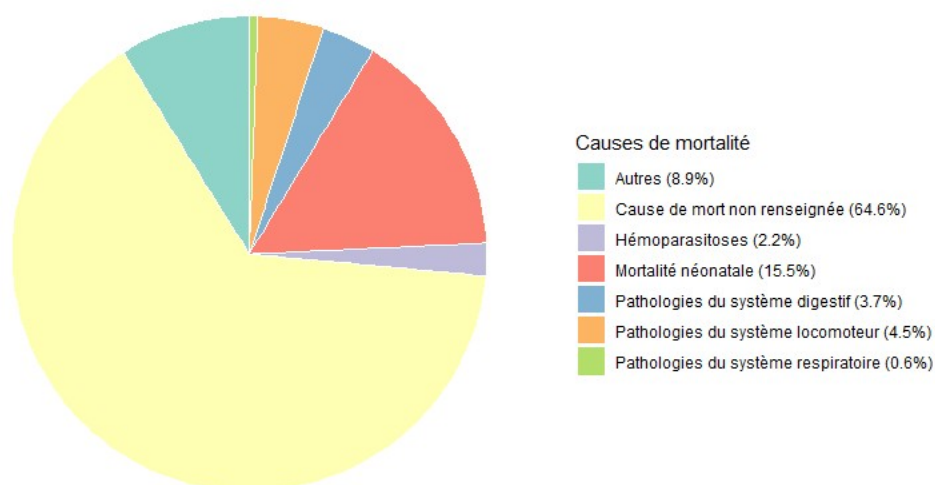


Figure 2 : Causes de mortalité bovine à La Réunion.

Données de 2016 à 2024.

Source : GDS Réunion, données d'équarrissage.

La mortalité liée aux hémoparasitoses affecte l'ensemble des types d'élevage bovin, mais avec des niveaux de sévérité variables.

Les bovins allaitants sont les plus durement touchés, représentant environ 70 % des 403 bovins morts d'hémoparasitoses entre 2016 et 2024 (**Figure 3**). Parmi ceux-ci, les animaux issus des élevages partenaires de la SICA REVIA sont particulièrement concernés. En effet, environ 85 % des 282 bovins allaitants morts sur la période proviennent de ces structures. Cette surreprésentation s'explique probablement par le fait que les éleveurs affiliés à la SICA REVIA détiennent la majorité du cheptel allaitant de l'île (DAAF La Réunion, 2015).

Les élevages laitiers, en revanche, sont comparativement moins touchés et recense environ 28 % des morts, soit 112 bovins entre 2016 et 2024. Cette différence pourrait s'expliquer par la prédominance de systèmes hors-sol dans la filière laitière, lesquels limitent les contacts entre les bovins et le vecteur de la babésiose, *R. microplus* (Agreste - Ministère de l'Agriculture, 2021; Marblé et al., 2018).

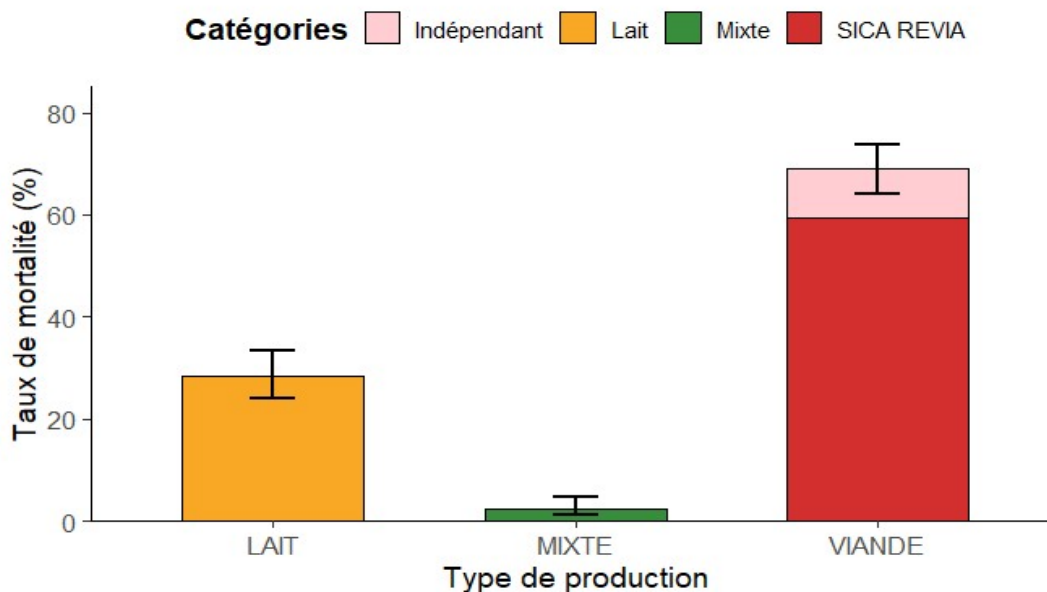


Figure 3 : Mortalité des bovins due aux HPs selon le type de production.

Données de 2016 à 2024 avec intervalles de confiance à 95 %.

Source : GDS Réunion, données d'équarrissage.

3. La situation sanitaire de La Réunion face aux orbiviroses bovines

Au cours des 20 dernières années, le cheptel réunionnais a été affecté par plusieurs épizooties liées aux *Orbivirus*, notamment la maladie hémorragique épizootique (MHE) et la fièvre catarrhale ovine (FCO). Plusieurs épizooties associées à la MHE se sont succédées en 2009, début 2014 et début 2016 (Grimaud and Dupraz, 2023; Véron, 2015). Ces virus, transmis par différentes espèces de moucheron hémato-phages du genre *Culicoides*, peuvent infecter plusieurs espèces de mammifères (Grimaud and Dupraz, 2023; Sailleau et al., 2005; Véron, 2015). Selon le sérotype viral, l'espèce concernée et le statut immunitaire de l'animal, l'infection peut être asymptomatique ou provoquer divers symptômes d'intensité variable, tels que de l'hyperthermie, l'abattement, l'anorexie, des ulcérations buccales, du ptyalisme, des œdèmes, et dans certains cas, entraîner la mort de l'animal (Grimaud and Dupraz, 2023; Maclachlan et al., 2015; WOA, 2021). Une étude menée en 2011 révèle, chez les bovins réunionnais, des séroprévalences de 80 % et 64 % pour la FCO et la MHE respectivement (Grimaud and Dupraz, 2023).

4. Objectifs

Les hémoparasitoses représentent un enjeu majeur et récurrent pour l'élevage bovin à La Réunion depuis plus de quarante ans. Le syndrome « piro-like », qui englobe les hémoparasitoses et les orbiviroses, se manifeste par des signes cliniques peu spécifiques, rendant nécessaire le recours à des méthodes de diagnostic moléculaires, telles que la RT-qPCR, pour établir un diagnostic de certitude. Toutefois, ces examens ne sont pas systématiquement réalisés par les vétérinaires praticiens, ni demandés par les éleveurs. Par conséquent, les cas cliniques ne sont

pas recensés de manière exhaustive et l'identification précise des agents pathogènes en cause reste lacunaire.

Ce travail vise ainsi à recenser les cas cliniques suspects de syndrome « piro-like » identifiés par les éleveurs et les vétérinaires, et à établir un diagnostic de certitude par RT-qPCR des agents infectieux impliqués. L'étude de leur distribution spatiale et temporelle permettra d'identifier les zones géographiques et les périodes de l'année associées à un risque accru d'infection.

Par ailleurs, l'identification des agents pathogènes impliqués contribuera à fournir un appui diagnostique objectif aux vétérinaires praticiens et à mieux comprendre la corrélation entre les signes cliniques observés et le pathogène responsable. Les données recueillies permettront également d'évaluer l'impact relatif de chaque agent infectieux sur l'état clinique des bovins suspects de syndrome « piro-like ».

Enfin, ce travail s'inscrit dans une démarche d'amélioration des stratégies de lutte contre les hémoparasitoses bovines à La Réunion. Il ouvrira une réflexion sur les mesures de prévention et de gestion à mettre en œuvre ou à renforcer, dans le but d'améliorer la maîtrise de ces maladies au sein des élevages.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Protocole d'échantillonnage

Les bovins suspects de syndrome « piro-like », déclarés par l'éleveur à son vétérinaire traitant ou au GDS Réunion, ont été échantillonnés entre le 2 février 2024 et le 1^{er} juin 2025 avec l'accord oral du propriétaire. Toutefois, la déclaration des cas de syndrome « piro-like » à La Réunion n'est pas systématique, malgré le fait que certaines des maladies en cause, telles que la fièvre catarrhale ovine (FCO) ou la maladie hémorragique épizootique (MHE), soient à déclaration obligatoire en France. L'automédication des bovins par les éleveurs reste d'ailleurs une pratique fréquente à La Réunion, compte tenu de l'endémicité des maladies vectorielles, notamment la babésiose et l'anaplasmose. Une campagne d'information a été menée en février 2025 auprès des éleveurs et des techniciens afin d'augmenter le taux de déclaration des bovins suspects de syndrome « piro-like » (**Annexe 2**). Le document a été diffusé par courriel, en s'appuyant sur la base de contacts des éleveurs adhérents au GDS Réunion, et a été publié sur le site web du GDS.

Lors de l'échantillonnage, les bovins ont été contenus temporairement au moyen d'un cornadis ou d'un couloir de contention. Les prélèvements sanguins ont été effectués par ponction de la veine coccygienne, à l'aide d'aiguilles stériles et de tubes sous vide comprenant un tube EDTA et un tube sec.

Lorsque le bovin était retrouvé mort à la suite d'une suspicion de syndrome « piro-like », une nécropsie était réalisée et des prélèvements des reins, de la rate et du foie étaient effectués.

Les échantillons de sang et d'organes ont ensuite été acheminés depuis les cliniques vétérinaires jusqu'au laboratoire du CIRAD à Sainte-Clotilde, UMR ASTRE, plateforme CYROI (La Réunion), via la navette logistique du Laboratoire Départemental d'Analyse (LDA). Chaque

prélèvement était accompagné d'un document d'accompagnement de prélèvement (DAP), incluant notamment les coordonnées de l'éleveur, les informations relatives au bovin, ainsi qu'une description du tableau clinique observé (**Annexe 2**).

Le laboratoire du CIRAD est équipé pour la réalisation d'analyses génomiques par PCR quantitative en temps réel (RT-qPCR), méthode permettant la détection ciblée des agents pathogènes impliqués dans le syndrome « piro-like ». Depuis début 2024, ces analyses sont entièrement financées par le CIRAD, ce qui les rendent gratuites pour les éleveurs et les cliniques vétérinaires.

Les résultats des analyses RT-qPCR ont été centralisés et standardisés au sein d'une base de données dédiée. Cette base regroupe, pour chaque bovin analysé :

- Les résultats d'identification génomique des agents pathogènes ciblés,
- Des données individuelles (numéro d'identification, âge, sexe, race),
- Des informations sur l'élevage d'origine (numéro EDE, adresse, temps de présence du bovin sur l'exploitation),
- Ainsi que la liste des signes cliniques observés, renseignés par le vétérinaire au moment du prélèvement.

Les informations relatives aux éleveurs et aux bovins ont été obtenus grâce au logiciel SIGAL et la base PS-GDS.

Le logiciel SIGAL (*Système d'Information de la Direction Générale de l'Alimentation*) est un outil national développé et géré par le ministère de l'Agriculture, destiné à la gestion des données sanitaires des élevages bovins en France. Les données des éleveurs, comme le numéro EDE, le numéro de téléphone, l'adresse de l'atelier et le nombre de bovins, ont été extraites à partir de ce logiciel.

La base PS-GDS (*Plateforme Sanitaire des GDS*) est un outil développé et géré par le Groupement de Défense Sanitaire (GDS) à l'échelle nationale. Elle centralise des informations relatives à chaque bovin, notamment son identification individuelle, ses mouvements inter-élevages, ainsi que les données permettant de suivre l'évolution de son statut sanitaire (réforme, mortalité, abattage sanitaire etc.). Les données extraites de la base PS-GDS comprenaient l'âge, le sexe et la race du bovin ; sa date d'entrée dans l'élevage où la maladie a été déclarée ; ainsi que le suivi de la mortalité consécutive à l'épisode pathologique.

En effet, le document d'accompagnement du prélèvement (DAP) fournissait des informations cliniques sur l'état de l'animal au moment de la visite vétérinaire mais ne permettait pas de connaître son évolution clinique. Le suivi de la mortalité via la base PS-GDS a ainsi permis d'identifier les animaux décédés jusqu'à cinq jours après l'intervention du vétérinaire.

2. Analyse génomique des agents pathogènes impliqués dans le syndrome « piro-like »

L'ADN a été extrait à partir de sang total (EDTA) ou d'organes (rein, rate, foie) à l'aide du kit NucleoSpin® RNA Virus (réf. 740956, Macherey-Nagel, Düren, Allemagne). Les extraits d'ADN ont été conservés à -20°C, et ceux d'ARN à -80°C, jusqu'à l'analyse.

Tableau 1 : Séquences des sondes et amorces utilisées pour la détection par RT-qPCR d'*Anaplasma marginale*, *Babesia bovis*, *Babesia bigemina*, du virus de la fièvre catarrhale ovine (BTV) et du virus de la maladie hémorragique épizootique (EHDV).

Segment ciblé	Nom des amorces/sondes	Séquence (5' – 3')	Référence bibliographique
Gène msp1b d' <i>A. marginale</i>	Ana_F	TTGGCAAGGCAGCAGCTT	D'après (Decaro et al., 2008)
	Ana_R	TTCCGCGAGCATGTGCAT	
	Ana_probe (HPLC)	6FAM-TCGGTCTAACATCTCCAGGCTTTCAT-BHQ1	
Gène cytochrome b de <i>Babesia bovis</i> et <i>bigemina</i>	cbosg-1	TGTTCTCTGGAAGCGTTGATTC	D'après (Buling et al., 2007)
	cbosg-2	AGCGTGAAAATAACGCATTGC	
	cbisg-1	TGTTCCAGGAGATGTTGATTC	
	cbisg-2	AGCATGGAAAATAACGAAGTGC	
Segment 10 du BTV (gène NS3)	pan-BTV-Seg10-Forward	TGGAYAAAGCRATGTCAAA	D'après (Portanti et al., 2025)
	pan-BTV-Seg10-Reverse	ACRTCATCACGAAACGCTTC	
	pan-BTV-Seg10-Probe	FAM-ARGCTGCATTGCGATCGTACGC-BHQ1	
Segment 9 de l'EHDV (gène VP6)	pan-EHDV-Seg9-Forward	ATGTCAGCTGCGGYTTTG	D'après (Portanti et al., 2025)
	pan-EHDV-Seg9-Reverse	TCCCAATCAACTAARTGRATYTG VATCT	
	pan-EHDV-Seg9-Probe	Cy5-CCTCGGTGCAACGTTGGATCAC-BHQ2	

a. Détection du génome d'*Anaplasma marginale* par RT-qPCR

La détection d'*A. marginale* repose sur l'amplification en temps réel du gène msp1b, cible couramment utilisée pour la détection spécifique de cette bactérie (Decaro et al., 2008).

La RT-qPCR a été réalisée dans un volume final de 20 µL, contenant :

- 12.25 µL de AgPath-ID™ One-Step RT-PCR Reagents (2X) (Thermo Fisher Scientific, USA),
- 1 µL d'amorce sens (Ana_F), 1 µL d'amorce antisens (Ana_R), et 0.75 µL de sonde TaqMan (Ana_probe (HPLC)) (Tableau 1),
- 5 µL d'ADN matrice.

Les conditions thermiques étaient les suivantes :

- Activation de l'UNG (Uracil N glycosylase) à 45°C pendant 10 minutes ;
- Dénaturation initiale à 95°C pendant 10 minutes ;
- 40 cycles d'amplification à 95°C pendant 30 secondes, puis à 60°C pendant 1 minute (dénaturation, hybridation, et lecture de fluorescence).

Les réactions ont été réalisées sur un thermocycleur en temps réel (Stratagene Mx3005P).

Un échantillon était déclaré positif si la valeur de cycle seuil (Ct) était inférieure à 40, avec une courbe d'amplification sigmoïdale typique. Chaque série comprenait un témoin positif (ADN d'*A. marginale*), un témoin négatif (eau ultrapure), et un contrôle d'extraction.

b. Détection du génome de *Babesia bovis* et *Babesia bigemina* par RT-qPCR

La détection des deux protozoaires repose sur l'amplification du gène mitochondrial du cytochrome b, selon la méthode décrite par (Buling et al., 2007).

L'analyse a été réalisée avec le système Stratagene Mx3005P, en utilisant un mélange PCR composé de :

- 10 µL de Power SYBR® Green PCR Master Mix (Applied Biosystems),

- 2 µL de chaque amorce cbosg-1 et cbosg-2 (10µM),
- 1 µL de chaque amorce cbisg-1 et cbisg-2 (10µM) (**Tableau 1**),
- 3 µL d'eau RNase/DNase-free.

Les conditions d'amplification étaient les suivantes :

- Dénaturation initiale à 95°C pendant 10 minutes ;
- 45 cycles d'amplification à 95 °C pendant 30 secondes, puis à 60 °C pendant 1 minute ;
- Étape de dissociation à 95 °C pendant 1 minute, puis à 55 °C pendant 30 secondes et enfin à 95 °C pendant 30 secondes.

Un échantillon était considéré positif si le Ct était inférieur à 35, avec une courbe d'amplification spécifique. L'analyse de la courbe de dissociation permettait de différencier les deux espèces sur la base de la température de fusion (Tm).

c. Détection du génome de BTV et EHDV par RT-qPCR

La détection simultanée de BTV et EHDV a été réalisée à l'aide du kit ID Gene™ BTV/EHDV Triplex (Innovative Diagnostics, France), selon les instructions du fabricant.

Chaque volume réactionnel de 25 µL contenait :

- 21 µL de mix réactionnel prêt à l'emploi (contenant les amorces, sondes TaqMan™, enzymes et tampon),
- 4 µL d'ARN matrice extrait à partir du sang total (EDTA) ou d'un homogénat d'organe (rate, foie ou rein).

Le kit permet la détection simultanée des deux virus par amplification de la cible NS3 (segment 10) pour BTV et de la cible VP6 (segment 9) pour EHDV (**Tableau 1**) (Portanti et al., 2025). Un contrôle interne exogène est également ajouté lors de l'extraction, pour contrôler l'efficacité de l'extraction et l'absence d'inhibition.

Les conditions d'amplification étaient les suivantes :

- Transcription inverse à 48 °C pendant 10 minutes ;
- Activation de la Taq polymérase à 95 °C pendant 10 minutes ;
- 40 cycles d'amplification : dénaturation à 95 °C pendant 15 secondes, puis hybridation/élongation et lecture de fluorescence à 60 °C pendant 45 secondes.

Les échantillons étaient considérés positifs pour BTV ou EHDV si le Ct était < 40, avec une courbe d'amplification typique. Chaque série comportait un contrôle positif (ARN viral de référence), un contrôle négatif (eau RNase-free), et un contrôle d'extraction contenant le contrôle interne.

3. Analyse spatiale et zonation climatique des élevages

L'ensemble des cartes présentées et des analyses spatiales ont été réalisées à l'aide du logiciel QGIS version 3.38.0 (Sherman et al., 2017). Les adresses des éleveurs ont été géocodées en coordonnées GPS au format WGS 84 (EPSG : 4326) à l'aide de Google Maps (<https://www.google.com/maps>).

Enfin, une conversion semi-automatisée des coordonnées géographiques (WGS 84) en coordonnées projetées au format UTM 40S (EPSG : 32740) a été effectuée à l'aide du logiciel

RStudio version 2024.12.1 (RStudio Team, 2024, Build 563), afin de situer toutes les données sur le même système de référence spatiale.

Une zonation des élevages où des cas de syndrome « piro-like » ont été détectés, a été effectuée en tenant compte des différentes zones climatiques de l'île. Contrairement à une zonation selon les limites administratives, cette méthode permet de tenir compte de différents paramètres pouvant affecter la présence et l'abondance des vecteurs dans le milieu comme la température, l'humidité, l'altitude et la végétation. Ce découpage, selon le climat de l'île, suit celui de la zonation « daupi » (Barrière et al., 2019) qui a pour intérêt de reprendre dans ses contours : 1) la classification bioclimatique de Cadet de 1990 et permet un découpage de la structuration végétative de l'île et 2) la classification climatique Köppen-Geiger qui marque une différence entre la côte sous le vent à l'ouest et la côte au vent à l'est. Ainsi, cinq zones climatiques d'élevage sont distinguées en rapport avec les sites d'échantillonnage et les bassins d'élevages du sud et de l'ouest (**Figure 4**) :

- La Plaine des Cafres – Forêt de Tamarins
- Le Tampon – Forêt humide de montagne
- Le Sud – Forêt semi sèche et savane
- Les Hauts de l'Ouest – Forêt humide de montagne
- Les Bas de l'Ouest – Forêt semi sèche et savane

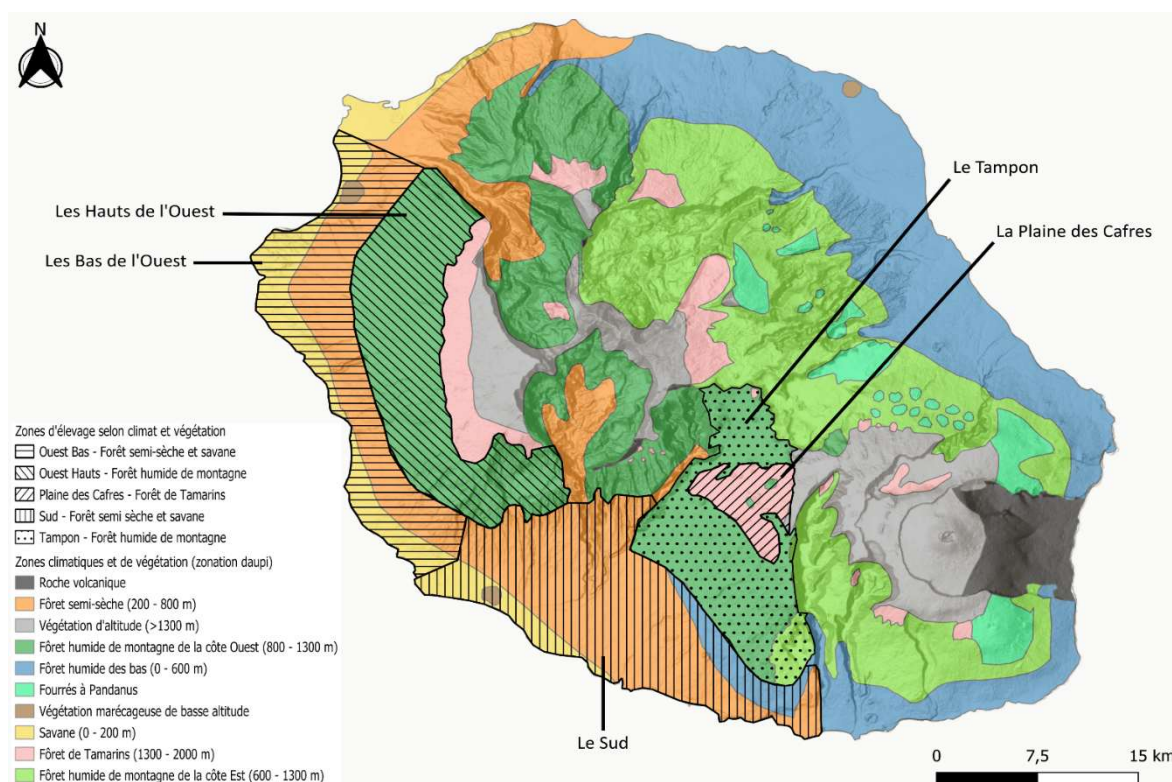


Figure 4 : Carte des zones climatiques d'élevage de La Réunion. Les cinq zones représentées correspondent aux secteurs d'élevage dans lesquels des prélèvements ont été réalisés sur des bovins présentant des signes cliniques évocateurs d'un syndrome « piro-like ».

Finalement, le profil mensuel de la température et de l'humidité (facteurs majeurs affectant la présence de vecteur) des cinq zones climatiques d'élevage a été extrait via le site [Accueil | meteo.data.gouv.fr](https://meteo.data.gouv.fr) du mois de janvier 2024 à mai 2025.

4. Analyses

a. Création d'un score clinique comme indicateur de sévérité

Dans le but de quantifier la sévérité de l'état clinique de chaque bovin malade, un score clinique a été élaboré à partir de la description des signes cliniques indiqués par le vétérinaire sur le document d'accompagnement des prélèvements. Afin de prendre en compte la gravité de chaque signe clinique, un coefficient de sévérité a été attribué à chacun d'entre eux. Ces coefficients varient de 1, pour les signes les moins graves, à 70 pour les signes les plus graves (**Annexe 3**). Le choix des coefficients est basé sur l'expérience vétérinaire des praticiens à La Réunion, ainsi que celle de l'auteur. Ils ont été attribués de manière à suivre une logique sémiologique, tout en donnant davantage de poids aux signes cliniques les plus graves, comme les signes neurologiques, l'hémoglobininurie ou encore la mort de l'animal, par rapport à ceux jugés moins graves tels que l'hyperthermie, l'abattement ou l'anorexie.

Pour chaque bovin, le score clinique est calculé comme suit :

$$\text{Score clinique} = \frac{\sum \text{Coefficients signes cliniques du bovin}}{\sum \text{Tous les coefficients}} * 100$$

Le numérateur correspond à la somme pondérée des signes cliniques observés chez le bovin malade, tandis que le dénominateur représente la somme des pondérations maximales théoriques, c'est-à-dire la somme des coefficients de sévérité attribués à l'ensemble des signes cliniques pris en compte dans le score (**Annexe 3**).

Cette moyenne pondérée permet de tenir compte de l'importance relative de chaque signe clinique, ainsi que du nombre de signe clinique. Le score clinique est finalement multiplié par 100 pour ramener le score à une échelle plus lisible (score de 4 à 30).

Nous obtenons donc un score clinique final cohérent d'un point de vue clinique :

- Les bovins morts obtiennent le score le plus élevé ;
- Les bovins présentant jusqu'à 8 signes cliniques légers à modérés ont des scores inférieurs à ceux ayant un seul signe grave ;
- Les bovins ayant un tableau clinique similaire obtiennent des scores très proches.

b. Analyses statistiques

L'ensemble des données a été compilé avec le logiciel Excel 2016, puis analysé à l'aide de R version 4.4.2 (R core team 2024) et de RStudio version 2024.12.1 (RStudio Team, 2024, Build 563).

Le nombre d'agents pathogènes positifs a été déterminé pour chaque bovin à partir des résultats RT-qPCR, afin de vérifier s'il existait une différence significative de score clinique entre les bovins positifs à un (groupe 1), deux (groupe 2) ou plus de deux agents pathogènes (groupe 3-4). Afin de limiter l'impact des faibles effectifs ($n < 5$), souvent problématiques dans certains tests statistiques, les bovins positifs à quatre pathogènes ont été inclus dans le groupe des bovins positifs à trois pathogènes.

La différence de score entre les trois groupes a été explorée, dans un premier temps, en utilisant un test de Kruskal-Wallis, puis un test post-hoc de Dunn, avec correction de Bonferroni afin de mettre en évidence quel groupe présentait une différence de score clinique.

Dans le but d'affiner les résultats de cette première analyse, les scores cliniques ont été répartis en trois catégories de sévérité : signes cliniques légers, modérés et sévères. La répartition dans ces trois classes a été faite en utilisant les terciles comme seuils, afin d'obtenir un nombre d'individus comparable dans chaque catégorie, bien que cette méthode ne soit pas la plus robuste statistiquement. L'association entre la catégorie de sévérité clinique et le nombre de pathogènes détectés a été explorée par un test du χ^2 d'indépendance. Les résidus standardisés ajustés (ASR) du test de χ^2 ont finalement été interprétés afin de définir si une sur-représentation de l'effectif bovin était présente dans les sous-groupes : catégorie de sévérité clinique – nombre d'agents pathogènes.

Dans le but d'analyser la relation entre le score clinique et la présence ou l'absence des cinq pathogènes détectés par RT-qPCR, un modèle linéaire généralisé a été utilisé. Lorsque les infections seules et les co-infections étaient détectées chez ≥ 5 bovins en RT-qPCR, alors ces variables et leurs interactions correspondantes étaient incluses dans le modèle.

La sélection du modèle minimal adéquat a été réalisée par une procédure de sélection à la fois ascendante et descendante, basée sur le critère d'information d'Akaike (AIC). La fonction *Anova* de type 2 a ensuite été utilisée pour évaluer la significativité des variables explicatives en tenant compte du fait que les données sont déséquilibrées, c'est-à-dire que le nombre d'observations n'est pas identique entre chaque combinaison de modalités de facteurs.

Une analyse en composantes principales (ACP) suivie d'une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été réalisée à l'aide du package R FactoMineR, afin d'explorer les associations entre les signes cliniques observés chez les bovins malades. Cette approche factorielle a permis de répartir les individus selon la similarité de leur tableau clinique. Les résultats de RT-qPCR pour chacun des cinq agents pathogènes ont ensuite été projetés sur le plan factoriel, sous réserve qu'ils concernent un effectif minimal de cinq bovins. L'analyse des contributions par le v-test a été utilisée pour identifier les signes cliniques et les agents pathogènes les plus caractéristiques de chaque groupe identifié par la classification.

III. RÉSULTATS

Entre février 2024 et mai 2025, un total de 146 bovins présentant des signes cliniques évocateurs d'un syndrome « piro-like » ont été prélevés. Parmi eux, 12 bovins (soit environ 8 %) ont présenté des résultats RT-qPCR négatifs pour l'ensemble des agents pathogènes recherchés. Par ailleurs, des résultats non interprétables ont été obtenus pour les échantillons de 5 bovins. Au total, ce sont 129 bovins qui présentaient un résultat RT-qPCR.

Sur les 129 bovins, environ 83 % ($n = 108$) sont positifs à *Anaplasma marginale*, et 43 % ($n = 56$) à *Babesia bovis*, que ce soit en infection seule ou en co-infection (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Proportion de bovins positifs en RT-qPCR pour les agents pathogènes du syndrome « piro-like ». Les pourcentages incluent les infections simples et les co-infections.

Agent pathogène	Pourcentage de bovins positifs
<i>Anaplasma marginale</i>	83 %
<i>Babesia bovis</i>	43 %
<i>Babesia bigemina</i>	24 %
EHDV (virus de la maladie hémorragique épizootique)	28 %
BTV (virus de la fièvre catarrhale ovine)	9 %

Environ 66 % des bovins (n = 85) sont porteurs d’une co-infection, où le nombre d’agents pathogènes détectés par RT-qPCR varie de 2 à 4 (**Figure 5**). La co-infection la plus détectée est l’association entre *A. marginale* et *B. bovis* (n = 31). Malgré le relativement faible nombre de bovins prélevés (n = 129), une grande variété de combinaisons de pathogènes est présente avec 18 combinaisons au total dont 13 sont des co-infections (**Figure 5**).

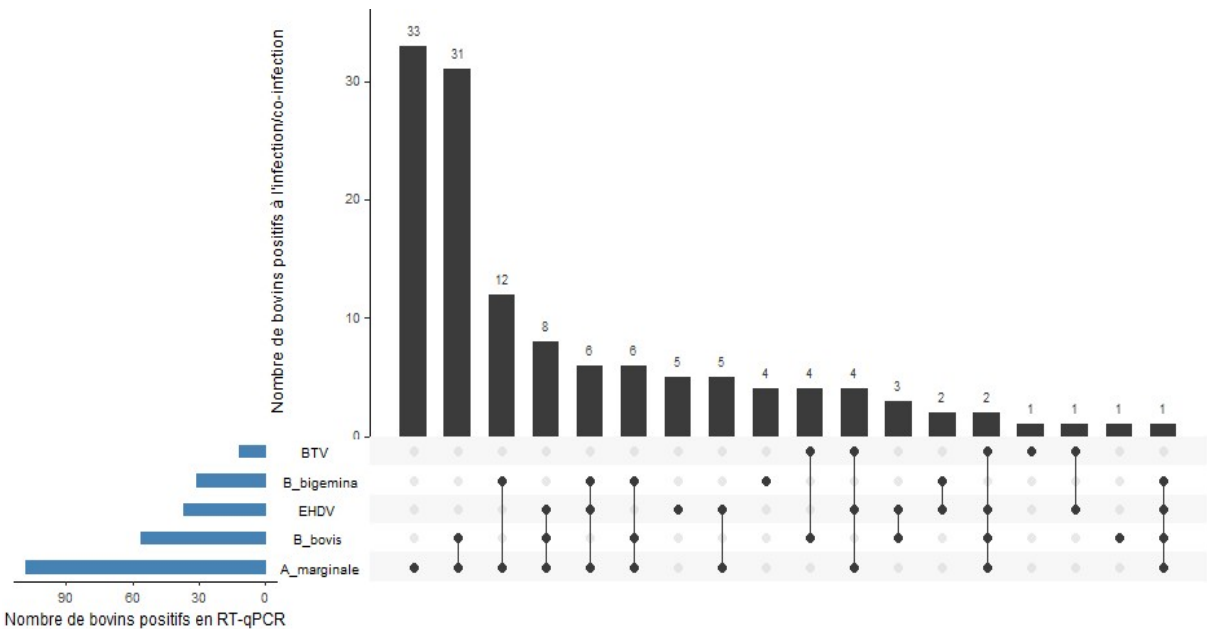


Figure 5 : Répartition des infections simples et des co-infections (≥ 2 agents pathogènes détectés) chez les bovins atteints de syndrome « piro-like » à La Réunion.

Données recueillies de février 2024 à mai 2025.

Les signes cliniques les plus fréquemment observés par les vétérinaires praticiens étaient de l’hyperthermie dans 52 % des cas cliniques, soit 67 bovins ; de l’abattement et de l’anorexie dans plus de 43 % des cas, soit 56 bovins ; de la tachycardie et de la tachypnée dans 31 % des cas, soit 40 bovins ; de l’anémie ou de l’ictère dans 29 % des cas, soit 38 bovins ; et du ptyalisme dans 23 % des cas, soit 30 bovins.

Dans la situation où le bovin mourrait de l’infection, les signes cliniques antérieurs n’étaient pas retenus ; seule la mention de la mort était alors prise en compte comme manifestation clinique. Ces morts représentent 34 % des cas, soit 44 animaux.

1. Distribution spatiale et temporelle des cas confirmés de syndrome « piro-like »

a. Distribution spatiale

Sur les 52 élevages touchés par le syndrome « piro-like », environ 42 %, soit 22 élevages, sont localisés dans la zone climatique d'élevage de La Plaine des Cafres (**Figure 6**), l'une des principales zones d'élevage bovin de La Réunion. Cette région recense 75 cas cliniques déclarés, représentant ainsi plus de 58 % des bovins positifs (**Tableau 3**).

Des foyers ont également été identifiés dans les autres zones climatiques du Tampon, du Sud, des Bas de l'Ouest et des Hauts de l'Ouest et recensent les 42% des cas cliniques confirmés restants, soit 54 bovins positifs (**Figure 6**).

Bien que les zones du Nord et de l'Est de l'île présentent des densités bovines plus faible, des cas de mortalité suspectés d'être liés au syndrome « piro-like » ont été déclarés (**Figure 7**). Cependant, aucun cas n'a été prélevé dans ces zones malgré la présence de cliniques vétérinaires pratiquant la médecine rurale.

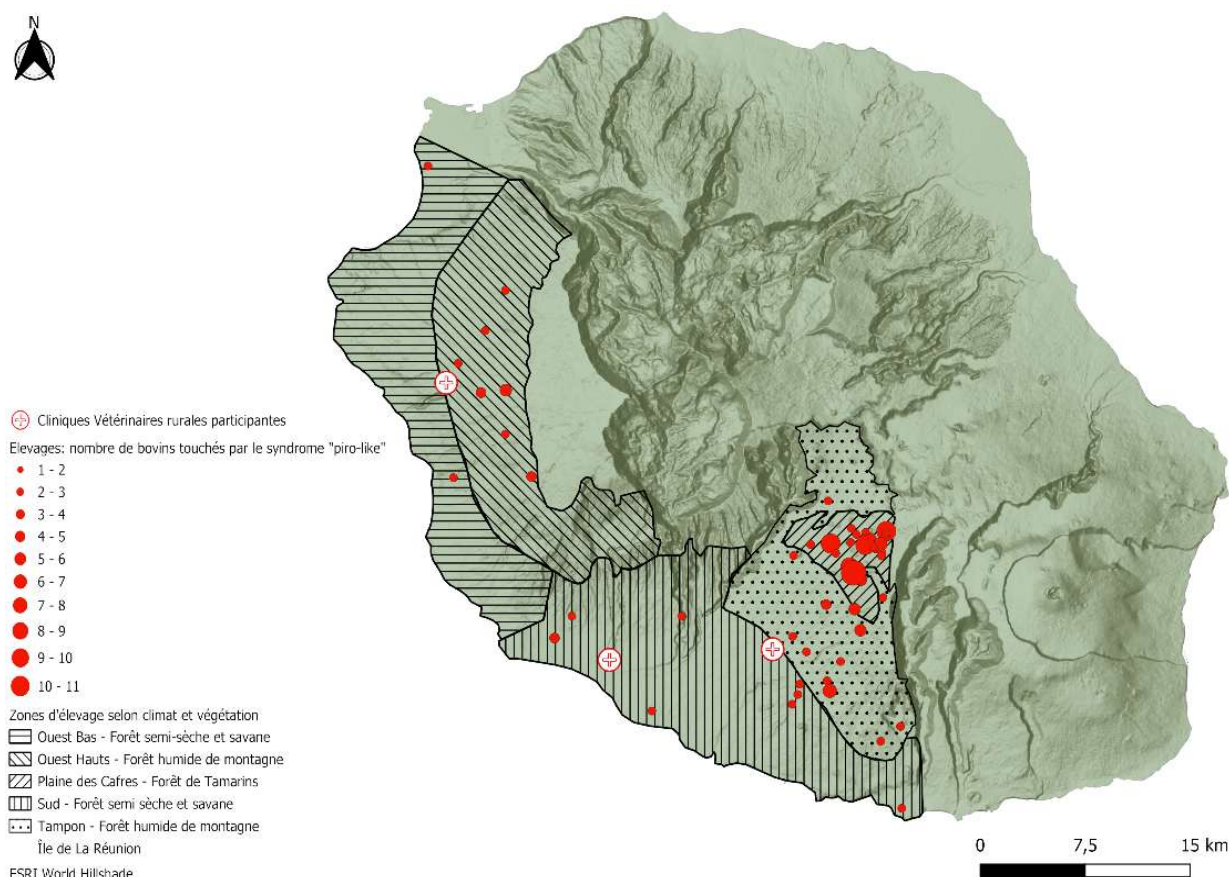


Figure 6 : Distribution des élevages touchés par le syndrome « piro-like » et du nombre de cas cliniques détectés, selon les zones climatiques d'élevage (motifs).

La taille du cercle représentant les élevages bovins est proportionnelle au nombre de cas cliniques détectés. Les cliniques vétérinaires ayant participé à l'envoi de prélèvement sont indiquées par une croix rouge. Données recueillies de février 2024 à mai 2025.

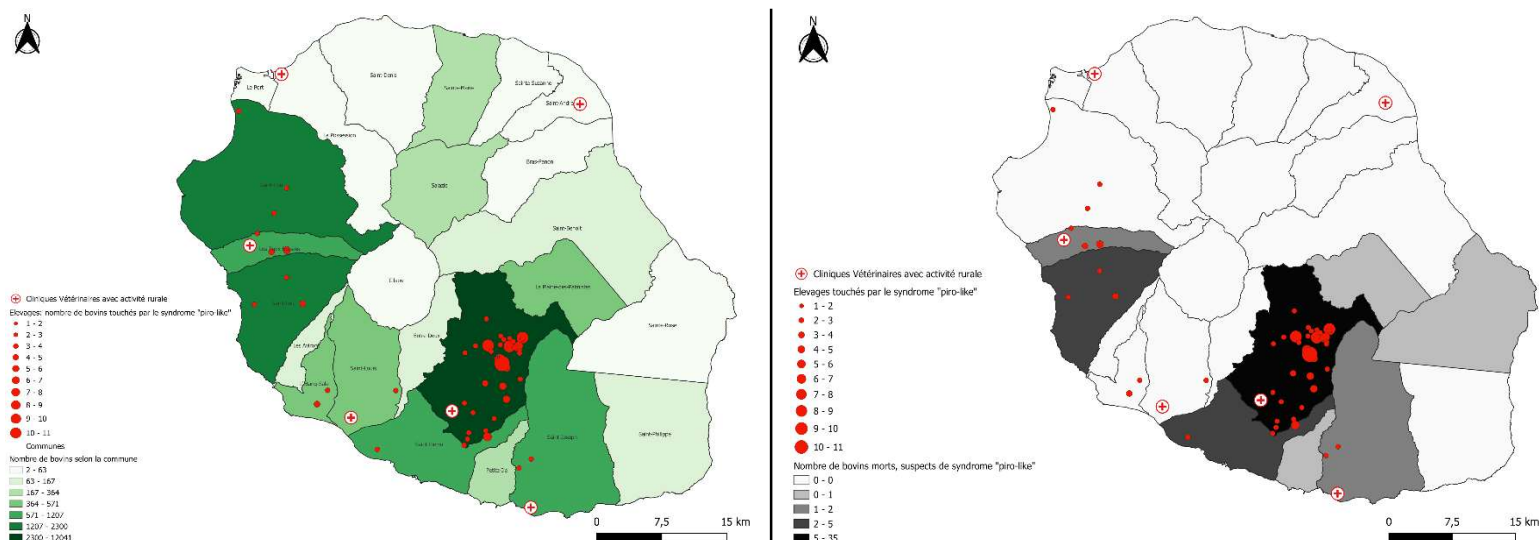


Figure 7 : Distribution des élevages touchés par le syndrome « piro-like » et du nombre de cas cliniques détectés, selon le nombre de bovins par commune (à gauche) et selon le taux de mortalité due à une suspicion de syndrome « piro-like » par commune (à droite).

La taille du cercle représentant les élevages bovins est proportionnelle au nombre de cas cliniques détectés. Les cliniques vétérinaires ayant une activité rurale sont indiquées par une croix rouge. Données recueillies de février 2024 à mai 2025.

La zone climatique de La Plaine des Cafres présente le taux de syndrome « piro-like » le plus élevé, avec 12,2 cas pour 1000 bovins, soit plus de trois fois celui observé dans les Hauts de l'Ouest avec 3,1 cas pour 1000 bovins (test Chi², $p = 7 \times 10^{-7}$). La densité bovine y est également bien plus élevée avec 181 bovins/km² contre 24 bovins/km² dans les Hauts de l'Ouest. Les zones climatiques des Hauts de l'Ouest et du Tampon présentent un taux comparable de syndrome « piro-like » avec 3,1 et 3,9 cas pour 1000 bovins, respectivement (Tableau 3).

Tableau 3 : Taux de syndrome « piro-like » et densité bovine selon les zones climatiques d'élevage de La Réunion.

Zones climatiques d'élevage	Nombre de bovins total	Nombre de cas de syndrome « piro-like » confirmés	Taux de syndrome « piro-like » (pour 1000 bovins)	Densité de bovin (nombre de bovins / km ²)
Plaine des Cafres – Forêt de Tamarins	6155	75	12.2	181
Le Tampon – Forêt humide de montagne	6456	25	3.9	45
Sud – Forêt semi sèche et savane	2341	12	5.1	10
Les Bas de l'Ouest - Forêt semi sèche et savane	689	3	4.3	4
Les Hauts de l'Ouest - Forêt humide de montagne	4486	14	3.1	24

Parmi les bovins positifs uniquement aux hémoparasites, qui représentent 87 animaux, soit 67 % des résultats RT-qPCR, *Anaplasma marginale* est l'agent pathogène le plus fréquemment détecté dans l'ensemble des zones climatiques d'élevage (Figure 8). Présente seule

ou en co-infection, *A. marginale* est largement répandue et a été identifiée chez 100 % des bovins des zones des Bas de l'Ouest, des Hauts de l'Ouest et du Tampon.

Les co-infections représentent plus de 50 % des résultats RT-qPCR dans toutes les zones climatiques. La combinaison la plus fréquente est celle entre *A. marginale* et *Babesia bovis*, sauf dans la zone du Tampon, où la co-infection impliquant les trois agents pathogènes responsables des hémoparasitoses est majoritaire (**Figure 8**).

Une grande diversité de profils infectieux est observée dans les zones de la Plaine des Cafres et du Sud, avec cinq associations pathogènes différentes recensées. À l'inverse, les Bas de l'Ouest se distinguent par une faible diversité, avec seulement deux combinaisons détectées, et constituent la seule zone où *Babesia bigemina* n'a pas été retrouvée. Par ailleurs, la co-infection entre *B. bigemina* et *B. bovis* n'a été identifiée dans aucune des zones d'élevage. Les co-infections impliquant exclusivement *B. bovis* ou *B. bigemina* demeurent rares, représentant environ 5 % des résultats RT-qPCR positifs (**Figure 8**).

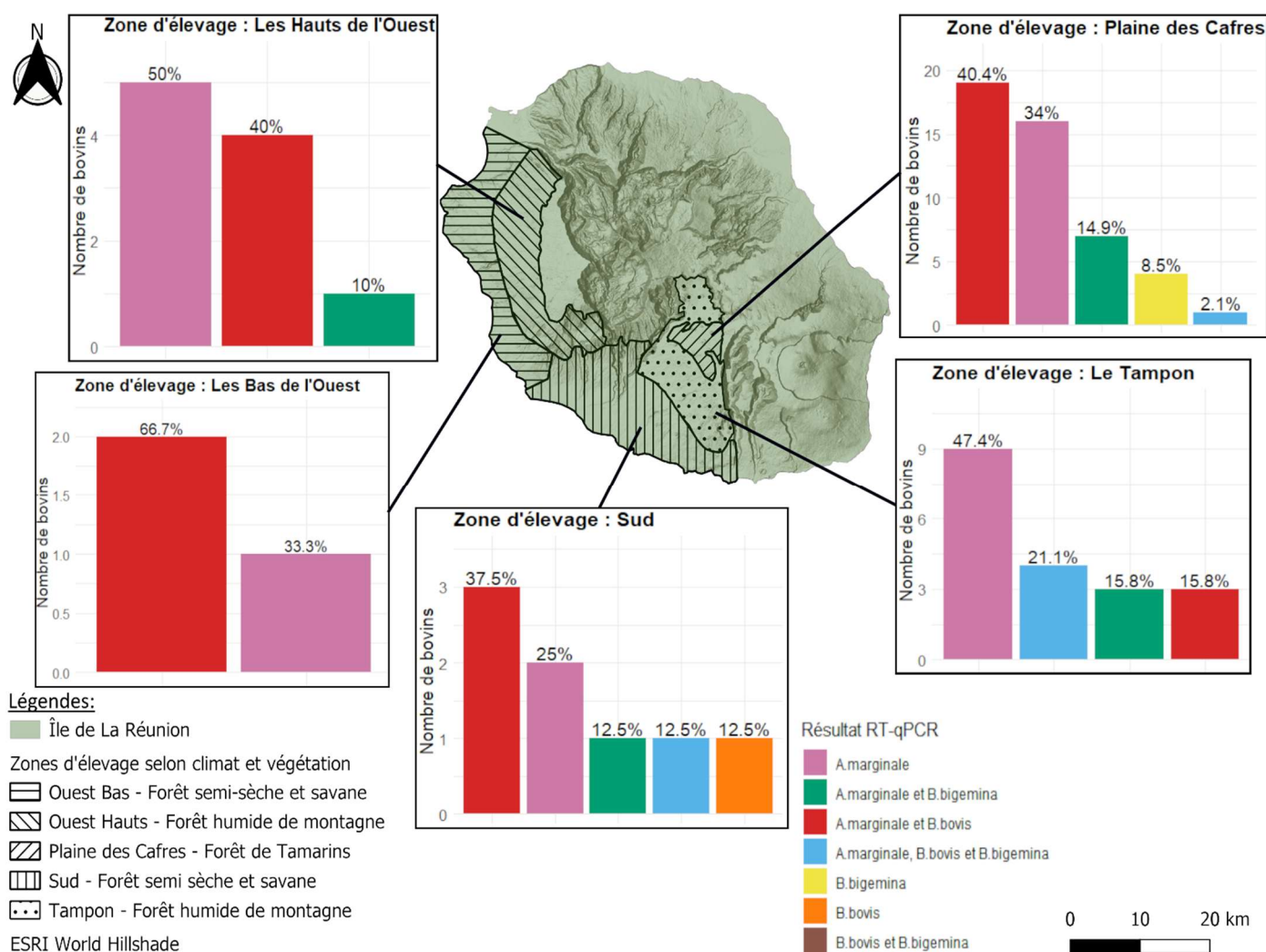


Figure 8 : Distribution des résultats RT-qPCR des bovins positifs uniquement à une hémoparasitose selon les zones climatiques d'élevage.

Chaque couleur correspond à une combinaison d'agent(s) pathogène(s). Données recueillies de février 2024 à mai 2025.

b. Distribution temporelle

À l'échelle de l'Île de La Réunion, le nombre de cas de syndrome « piro-like » détectés présente une dynamique saisonnière, avec une augmentation durant l'été austral (novembre à avril) et, inversement, une diminution marquée en hiver (mai à octobre).

Un pic de cas cliniques a été observé en mars 2025, immédiatement après le passage du cyclone Garance le 28 février 2025, un épisode marqué par de fortes précipitations ayant mis fin à une période de sécheresse depuis juillet 2024 (**Figure 9**).

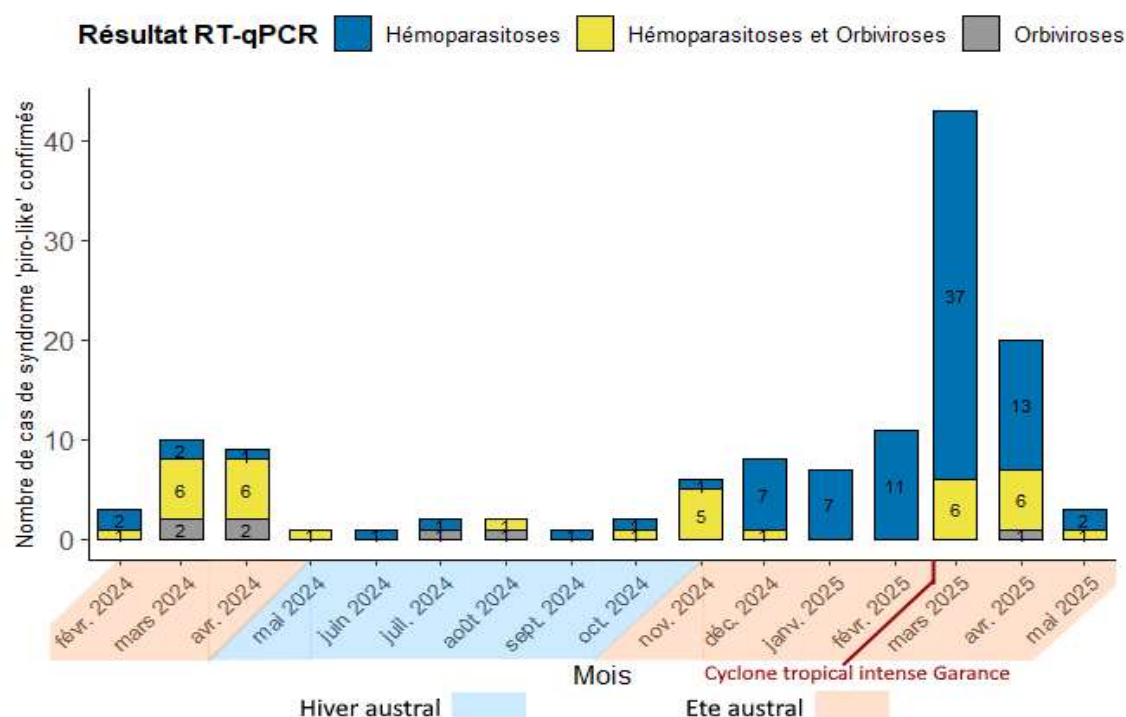


Figure 9 : Dynamique mensuelle des cas de syndrome « piro-like » selon le résultat RT-qPCR à La Réunion, entre février 2024 et mai 2025.

Les agents pathogènes responsables sont divisés en trois catégories : Hémoparasitoses (anaplasmose et babésiose), Orbiviroses (FCO et MHE) et Hémoparasitoses et Orbiviroses. L'hiver et l'été austral sont indiqués en bleu et en rose respectivement. La date du cyclone tropical intense Garance, le 28 février 2025 est indiquée en rouge.

Lorsqu'on analyse la répartition temporelle des cas cliniques par zone climatique d'élevage, la même dynamique saisonnière se confirme : la majorité des cas est enregistrée pendant l'été austral, avec une baisse marquée en hiver, notamment dans les zones de La Plaine des Cafres et du Tampon. Cette baisse est cependant moins prononcée dans d'autres zones, telles que le Sud ou les Bas de l'Ouest, où l'incidence reste plus faible et les pics d'occurrence moins distincts (**Figure 10**).

Dans l'ensemble des zones climatiques, les températures moyennes et les niveaux d'humidité diminuent pendant l'hiver austral, en particulier dans les zones de moyenne altitude telles que La Plaine des Cafres, le Tampon et les Hauts de l'Ouest (**Figure 10**).

Enfin, le pic de cas observé en mars 2025 apparaît de manière simultanée dans toutes les zones climatiques. Il est précédé d'une hausse de la température et de l'humidité au cours du mois de février (**Figure 10**).

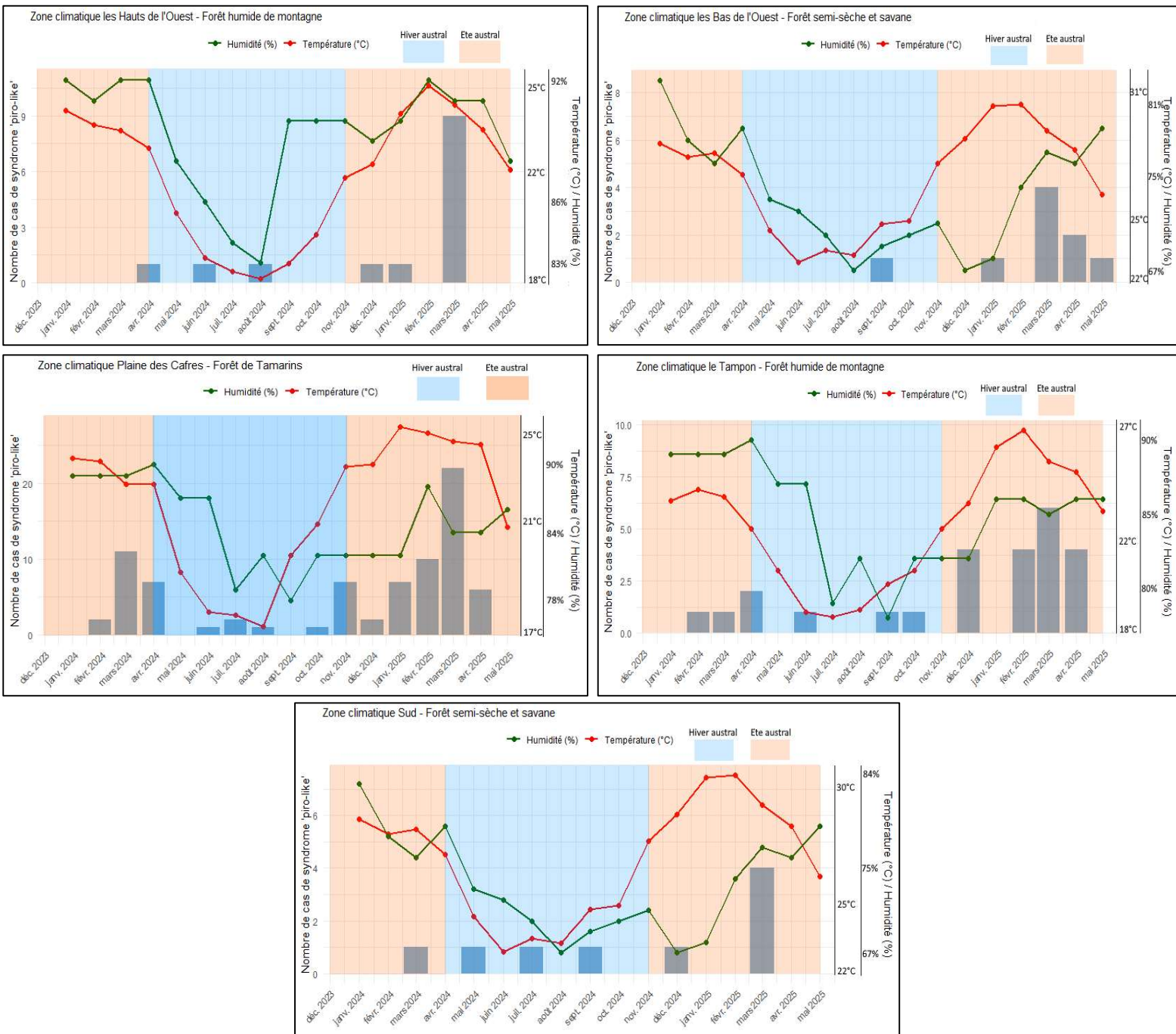


Figure 10 : Dynamique mensuelle des cas confirmés de syndrome « piro-like » selon la zone climatique d'élevage entre février 2024 et mai 2025.

Les moyennes mensuelles de température (en rouge) et d'humidité (en vert) sont indiquées de janvier 2024 à mai 2025. L'hiver et l'été austral sont indiqués en bleu et en rose respectivement.

La saisonnalité des cas n'est pas aussi évidente quand l'on prend en compte le faible effectif des bovins positifs en RT-qPCR uniquement aux *Orbivirus* qui représente 7 animaux, soit 5 % des bovins (**Figure 9**). En revanche, on peut observer une augmentation en été austral des bovins positifs à la fois pour au moins un hémoparasite et un *Orbivirus*, qui représente 27% des bovins, soit 35 animaux.

Parmi les 87 bovins positifs uniquement aux hémoparasites, qui représentent 67 % des résultats RT-qPCR, une variabilité temporelle des résultats est observée (**Figure 11**). En effet, durant l'hiver austral, aucun cas de babésiose isolée n'a été détecté, alors que toutes les combinaisons de pathogènes associés aux hémoparasitoses ont été identifiées pendant la saison estivale.

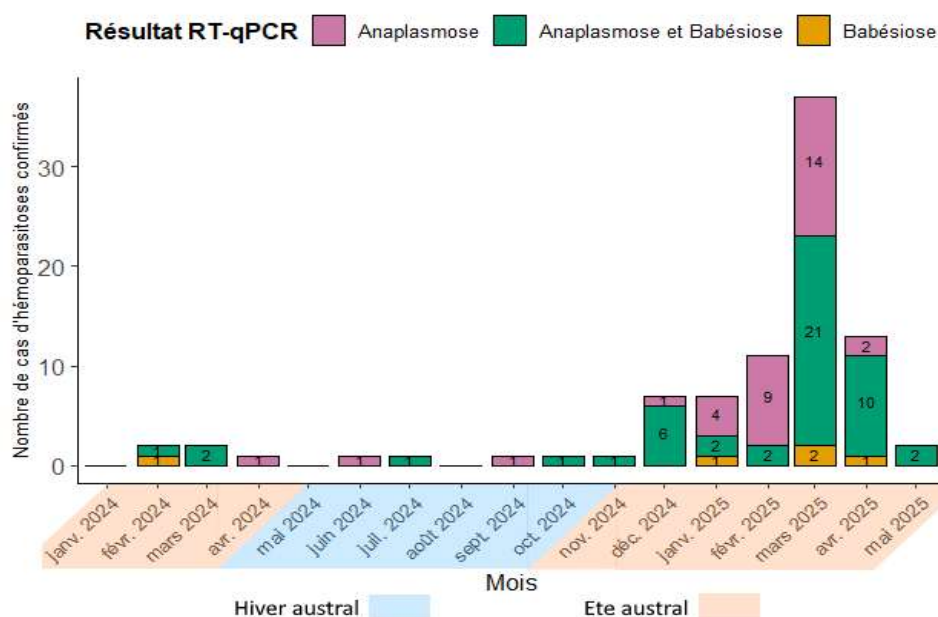


Figure 11 : Dynamique mensuelle des cas d'hémoparasitoses selon le résultat RT-qPCR à La Réunion, entre février 2024 et mai 2025.

Les agents pathogènes responsables sont divisés en trois catégories : Anaplasmose (*A. marginale*), Babésiose (*B. bovis* et *B. bigemina*), et Anaplasmose et Babésiose. L'hiver et l'été austral sont indiqués en bleu et en rose respectivement.

2. Impact des co-infections sur le tableau clinique des bovins touchés par le syndrome « piro-like »

a. Effet des co-infections sur la sévérité du tableau clinique

En raison de la non-normalité de la distribution des scores cliniques (test de Shapiro-Wilk, $p < 5 \times 10^{-11}$), un test de Kruskal-Wallis a été réalisé afin d'évaluer l'existence d'une différence significative entre les scores cliniques des trois groupes, définis selon le nombre de pathogènes détectés en RT-qPCR. Ce test révèle une différence significative entre les scores cliniques d'au moins deux groupes ($p = 0,03$), sans identifier lesquels.

Le test post-hoc de Dunn, avec correction de Bonferroni, met en évidence une différence significative entre le groupe des bovins positifs à un seul agent pathogène et le groupe des bovins positifs à deux pathogènes ($p < 0,05$) (**Figure 12**).

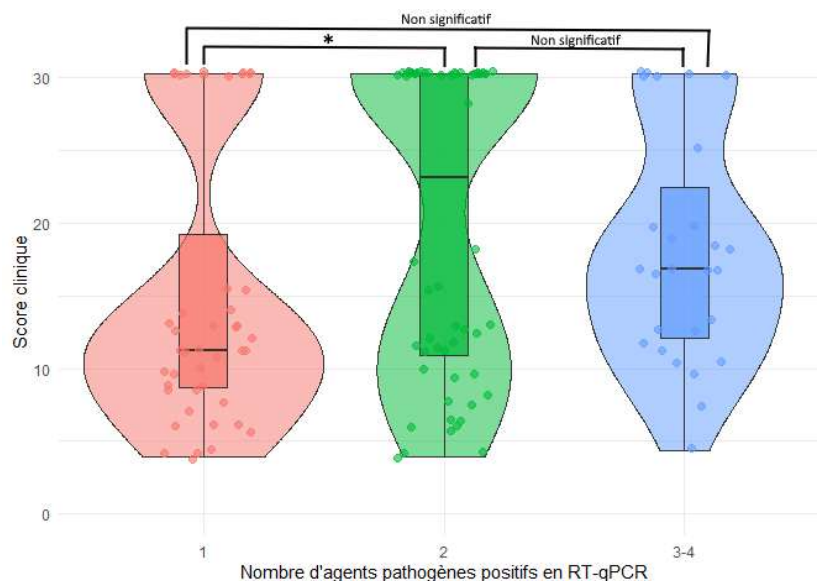


Figure 12 : Distribution des scores cliniques des bovins atteints de syndrome « piro-like » selon le nombre d'agents pathogènes détectés par RT-qPCR.

* : $p < 0,05$; Non significatif : $p > 0,05$. Données recueillies de février 2024 à mai 2025.

Pour affiner cette analyse, les scores cliniques ont été classés en trois catégories ordinales : 42 bovins présentent des signes cliniques légers, 43 bovins présentent des signes cliniques modérés et 44 bovins présentent des signes cliniques sévères caractérisée par la mort du bovin.

Un test du χ^2 d'indépendance confirme l'existence d'une association significative entre le nombre de pathogènes détectés et le niveau de sévérité clinique ($p = 0,005$).

Les résidus standardisés ajustés (ASR) du test de χ^2 permettent ensuite de vérifier si une sur-représentation de l'effectif bovin était présente parmi les sous-groupes (**Figure 13**) :

- Les bovins infectés par un seul pathogène (groupe 1) sont sur-représentés dans la catégorie "signes cliniques légers" (ASR = 2,16 ; $p < 0,05$).
- Les bovins coinfecteds par deux pathogènes (groupe 2) et par ≥ 3 pathogènes (groupe 3-4) sont sur-représentés dans les catégories "signes cliniques sévères" (ASR = 2,85 ; $p < 0,005$) et "signes cliniques modérés" (ASR = 2,91 ; $p < 0,005$), respectivement.

Ces résultats suggèrent donc une sévérité clinique accrue en cas de co-infection.

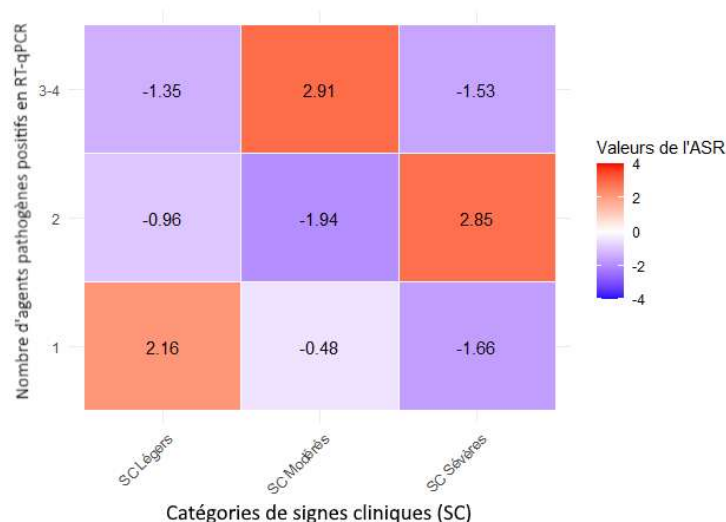


Figure 13 : Représentativité des bovins selon la catégorie de sévérité clinique et le nombre de pathogènes détectés par RT-qPCR.

Les cellules dont les bovins sont sur-représentés sont en rouge ; les cellules dont les bovins sont sous-représentés sont en bleu. Une valeur $|ASR| > 1.96$ représente un niveau de confiance de 95 %.

b. Agents pathogènes associés aux formes cliniques sévères

Afin d'identifier plus précisément les agents pathogènes ou les co-infections associés à une aggravation clinique, un modèle linéaire généralisé a été utilisé.

La variable *A. marginale* ($p = 0,01$) ainsi que l'interaction entre *A. marginale* et *B. bovis* ($p = 0.008$) sont significatives (**Figure 14**).

Le score clinique prédit pour une infection par *A. marginale* seule est de 14,2 (IC 95 % = [11,4 – 16,9]) (**Figure 14**), alors qu'il atteint 20,5 (IC 95 % = [17,4 – 23,6]) en cas de co-infection entre *A. marginale* et *B. bovis*. Les bovins coinfectés avec *A. marginale* et *B. bovis* présentent donc un tableau clinique plus sévère que les bovins positifs à *A. marginale* seule.

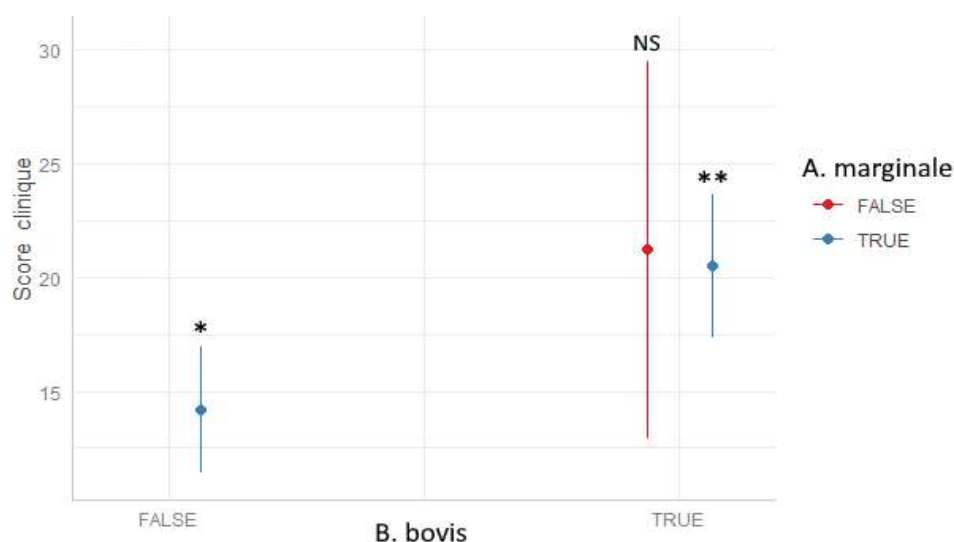


Figure 14 : Valeurs prédites du score clinique en fonction des combinaisons de pathogènes : *Anaplasma marginale* et *Babesia bovis*.

*** : $p < 0.0002$; * : $p < 0.05$; NS : non significatif.

TRUE : agent pathogène positif en RT-qPCR ; FALSE : agent pathogène négatif en RT-qPCR.

Cette tendance se retrouve également au niveau des taux de mortalité. Sur les 129 bovins inclus dans l'étude, 44 sont morts, soit une mortalité globale de 34 % (**Figure 15**). Parmi les bovins morts, 16 présentaient une co-infection par *A. marginale* et *B. bovis*, ce qui correspond à un taux de mortalité de 51 % chez les 31 animaux positifs à cette association. En comparaison, 33 bovins étaient positifs uniquement à *A. marginale*, dont 6 sont morts, soit un taux de mortalité de 18 % (**Figure 15**).

Ces résultats confirment que si *A. marginale* peut, à elle seule, entraîner la mort, sa co-infection avec *B. bovis* est associée à une forme cliniquement plus sévère et à une mortalité significativement plus élevée (test du Chi², p = 0,01).

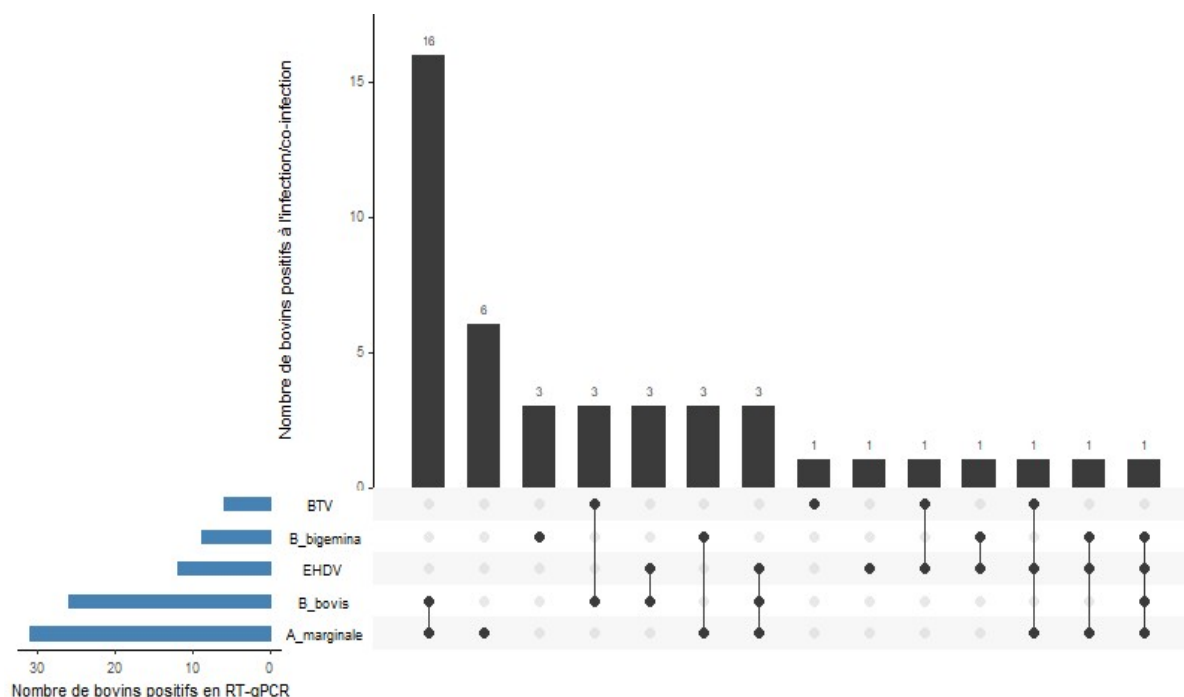


Figure 15 : Répartition des infections simples et des co-infections chez les bovins morts de syndrome « piro-like » à La Réunion.

Données recueillies de février 2024 à mai 2025.

3. Typologie des tableaux cliniques associés aux résultats RT-qPCR

Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée afin d'explorer les associations entre les signes cliniques observés chez les bovins malades. Elle a été suivie d'une classification ascendante hiérarchique (CAH), qui a permis d'identifier quatre groupes distincts de bovins présentant des tableaux cliniques et des résultats RT-qPCR différents.

Les deux premières dimensions de l'analyse en composantes principales expliquent ensemble environ 40,8 % de la variance totale (**Figure 16**).

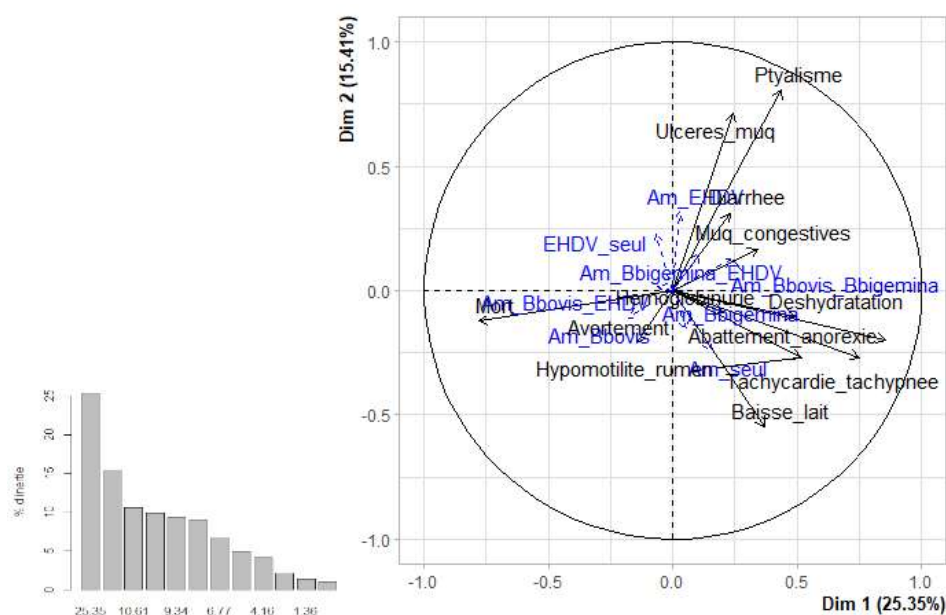


Figure 16 : Projection des signes cliniques et des résultats RT-qPCR sur le plan factoriel (ACP).

Le diagramme des éboulis est indiqué en bas à gauche. Les flèches noires indiquent les signes cliniques, et les flèches bleues représentent les agents pathogènes détectés par RT-qPCR.

Le groupe 1 se distingue par la présence de signes cliniques tels que la mort et les avortements (**Figure 17**). Par projection sur le plan factoriel, ce groupe est majoritairement associé à une co-infection entre *Anaplasma marginale* et *Babesia bovis*. Les bovins morts représentent 78 % des individus de ce groupe, contre 34 % dans l'ensemble des cas cliniques (v-test = 9,2 ; $p = 3,5 \times 10^{-20}$) (**Annexe 4**).

Le groupe 1 se différencie nettement du groupe 3 qui est marqué par des signes cliniques tels que l'abattement, l'anorexie, la tachycardie, la tachypnée et l'hémoglobinurie. La co-infection entre *A. marginale*, *B. bovis* et *B. bigemina* y est la plus fréquemment observée.

Des similitudes cliniques existent entre les groupes 3 et 4, notamment la tachycardie, la tachypnée, l'abattement et l'anorexie. Toutefois, le groupe 4 est surtout associé à une chute de la production laitière et à une hypomotilité du rumen. Ce groupe est majoritairement lié à des infections par *A. marginale* seule.

Enfin, le groupe 2 se caractérise par des signes cliniques spécifiques, tels que des ulcérations de la muqueuse buccale et du ptyalisme. Ces symptômes sont observés chez 100 % des individus du groupe, alors qu'ils ne concernent que 14 % et 25 % des bovins malades respectivement (v-test = 9,7 ; $p = 2,4 \times 10^{-22}$). Ce groupe est principalement associé à des infections par *EHDV* seul ou en co-infection avec *A. marginale*.

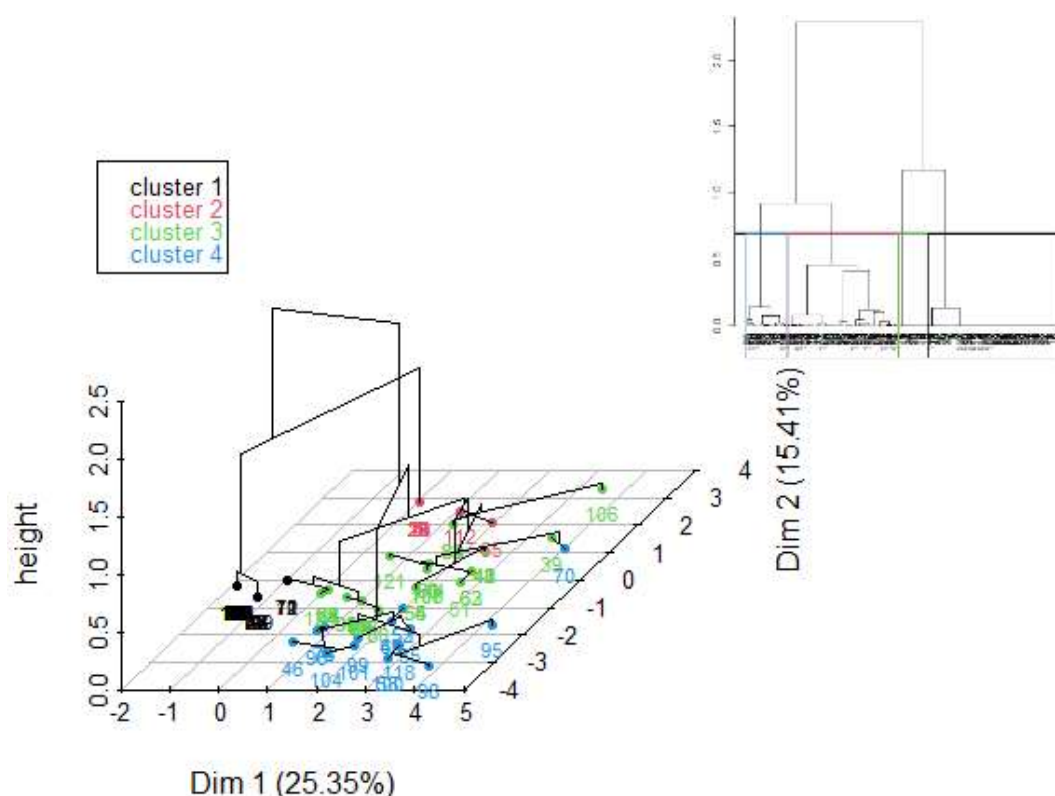


Figure 17 : Classification des bovins malades selon leurs signes cliniques et leurs résultats RT-qPCR par ACP et analyse hiérarchique ascendante.

L'arbre hiérarchique est représenté en haut à droite. Cluster = groupe.

IV. DISCUSSION

Cette étude a recensé, pour la première fois à La Réunion, les cas cliniques de syndrome « piro-like » et notamment d'hétoparasitoses qui représentent un problème majeur et récurrent pour l'élevage bovin. Grâce à l'utilisation de la RT-qPCR, un diagnostic de certitude a pu être établi, permettant d'identifier avec précision les agents pathogènes impliqués. Les résultats révèlent une forte prévalence des hétoparasitoses chez les bovins atteints, ainsi qu'une diversité importante d'agents pathogènes et de co-infections.

Sur le plan clinique, les bovins présentaient des signes peu spécifiques mais fréquemment rapportés, tels que l'hyperthermie, l'abattement, ou encore l'anorexie. Malgré cela, quelques associations entre le tableau clinique et le résultat RT-qPCR ont pu être mises en évidence.

L'analyse spatiale et temporelle a permis d'identifier cinq zones climatiques d'élevage à risque, ainsi qu'une forte saisonnalité, avec une incidence accrue durant l'été austral.

Enfin, l'analyse statistique a mis en évidence une sévérité clinique accrue en cas de co-infection, notamment chez les bovins infectés simultanément par *A. marginale* et *B. bovis*, comparativement à ceux infectés par *A. marginale* seule.

Les signes cliniques observés chez les bovins atteints du syndrome « piro-like » étaient peu spécifiques, ce qui rend le diagnostic clinique difficilement fiable sans confirmation moléculaire. L'hyperthermie, l'abattement, l'anorexie, la tachycardie, la tachypnée ainsi que les signes d'anémie, d'ictère ou de ptyalisme étaient les plus fréquemment rapportés par les vétérinaires. Ces symptômes, bien que compatibles avec une hémoparasitose, peuvent également être rencontrés dans de nombreuses affections infectieuses chez les ruminants, dont les orbiviroses (Maclachlan et al., 2015; Sailleau et al., 2005; WOA, 2021; Ziam et al., 2020). De plus, on constate que 8 % des bovins suspectés cliniquement de syndrome « piro-like », soit 12 animaux prélevés, ont démontré un résultat négatif à tous les agents pathogènes testés. Cette difficulté souligne la nécessité systématique d'un outil diagnostique comme la RT-qPCR pour confirmer l'étiologie.

Malgré des signes cliniques peu spécifiques, la typologie des bovins selon leurs tableaux cliniques a permis d'identifier des groupes de bovins présentant des signes cliniques et un résultat RT-qPCR similaires. Bien que ces groupes ne constituent pas une classification définitive, ils fournissent néanmoins des informations supplémentaires utiles au diagnostic clinique pour les praticiens vétérinaires à La Réunion.

Au vu du codage binaire des variables représentant la présence ou l'absence des signes cliniques et des agents pathogènes, une analyse des correspondances multiples (ACM) avait été initialement envisagée. Cependant, la rareté des modalités pour de nombreuses variables a fortement limité la capacité de l'ACM à discriminer des profils individuels. Une analyse en composantes principales (ACP) a donc été réalisée. Bien que l'ACP soit classiquement réservée aux variables continues, elle peut être utilisée dans un cadre exploratoire sur des variables binaires (Chazard, 2016). Par conséquent, ces résultats doivent être interprétés avec prudence.

De plus, il est important de souligner que les signes cliniques ont été décrits par plusieurs vétérinaires, ce qui introduit une variabilité inter observateur potentielle, liée notamment à l'expérience ou aux conditions d'examen du bovin. Cela constitue donc un biais d'observation pouvant affecter la liste de signes cliniques présents sur le document d'accompagnement.

Lorsque l'on compare la prévalence des agents d'hémoparasitoses chez les bovins cliniquement atteints, trouvée par notre étude, et celle chez des bovins sains (Dernburg, 2018), on constate une similitude. En effet, d'après nos résultats, la prévalence d'*A. marginale* des bovins cliniques, en infection seule ou en co-infection, est de 83 %. Dans l'étude de cohorte menée par le GDS en 2018 (Dernburg, 2018), menée sur des bovins sains testés par PCR, la prévalence d'*A. marginale* était de 77,6 %. De même, les prévalences de *B. bovis* et *B. bigemina* chez les bovins cliniques sont de 43 % et 24 % respectivement, alors que chez les bovins sains elles sont de 32,4 % et 12,4 % respectivement. Avant de comparer ces prévalences entre elles, il est essentiel de rappeler que notre étude et celle du GDS (Dernburg, 2018) reposent sur des méthodologies distinctes, en particulier concernant leur stratégie d'échantillonnage. Notre étude se base sur un échantillonnage opportuniste, qui repose sur la déclaration de cas cliniques par les éleveurs et les vétérinaires, tandis que l'étude du GDS s'appuie sur un échantillonnage aléatoire réalisé dans le cadre d'une étude de cohorte chez des bovins sains de deux ans, répartis sur l'ensemble de La Réunion. Cette différence rend donc délicate toute comparaison directe des taux de prévalence, notamment parce que les deux populations étudiées ne sont pas comparables sur le plan statistique.

La forte prévalence d'*A. marginale*, aussi bien chez les bovins cliniquement atteints que chez les animaux sains, suggère que sa détection seule ne suffit pas à expliquer l'apparition de signes cliniques. En effet, à la suite d'une infection, les bovins restent porteurs asymptomatiques à vie, même après un traitement à base de tétracyclines. La bactérie demeure alors détectable par PCR (Aubry and Geale, 2011; Hairgrove et al., 2015).

Toutefois, il a été démontré que, dans les zones où l'anaplasmose est endémique, la majorité de la population bovine développe une immunité à une souche d'*A. marginale* qui prédomine (Palmer and Brayton, 2013). La création d'une nouvelle souche peut mener à une surinfection des bovins déjà infectés avec la souche prédominante ou conduire à une primo-infection chez les quelques bovins naïfs. L'apparition d'une nouvelle souche serait favorisée par une pression de sélection immunitaire accrue, poussant à la transmission de souches génétiquement et antigéniquement différentes (Castañeda-Ortiz et al., 2015). Ces surinfections par une souche distincte sont donc communes dans les zones où la prévalence d'infection est haute (Aubry and Geale, 2011; Palmer and Brayton, 2013).

Au vu de la forte prévalence d'infection à *A. marginale* à La Réunion, il est possible que des surinfections soient responsable de certains cas cliniques. La diversité des souches d'*A. marginale* pourrait donc être élevée et il serait judicieux de considérer l'analyse moléculaire des souches, par géotypage des protéines de surface *msh1a* et *msh2*, comme outil complémentaire pour explorer la diversité de l'infection (Castañeda-Ortiz et al., 2015; Palmer and Brayton, 2013).

Les prévalences plus élevées de *B. bovis* et *B. bigemina* chez les bovins atteints cliniquement comparés aux bovins sains peut être expliqué par l'élimination progressive du pathogène par les bovins qui ont survécu à l'infection. En effet, après une infection, les bovins restent porteurs de *B. bigemina* jusqu'à 6 mois et ceux infectés par *B. bovis* conservent le protozoaire pendant au moins quatre ans, puis éliminent le parasite naturellement (Bock et al., 2004). Par ailleurs, l'administration d'un anti protozoaire, comme l'imidocarbe, permet d'éliminer complètement le parasite de l'organisme du bovin (World Organisation for Animal Health, 2021).

L'analyse spatiale des cas confirmés de syndrome « piro-like » a révélé que le taux de cas de syndrome « piro-like » le plus élevé se trouve dans la zone climatique d'élevage de la Plaine des Cafres, avec 12,2 cas pour 1000 bovins. Une hypothèse avancée, qui pourrait expliquer cette différence, est la forte densité de bovins, qui atteint 181 bovins / km² à la Plaine des Cafres contre 24 bovins / km² pour les Hauts de l'Ouest par exemple, et qui faciliterait la transmission vectorielle des pathogènes entre les bovins et entre les élevages (Adjou and Jammes, 2011; Rodríguez-Vivas et al., 2004; Silva et al., 2014). En effet, il a été démontré que des bovins présents dans une zone à haute densité de bovins, correspondant à 500 bovins / km², avait 22,3 fois plus de chance d'être séropositif à *A. marginale* que des bovins gardés dans une zone à faible densité de bovins avec 100 bovins / km² (Da Silva and Da Fonseca, 2014). De même, une augmentation de la densité de bovins influence la probabilité qu'une larve de *R. microplus* s'accroche à un bovin et est donc associée à un taux d'inoculation de *B. bovis* plus élevé (Morel et al., 2019; Solorio-Rivera et al., 1999). La densité de bovins est aussi un paramètre clé dans l'écologie des *Culicoides*, influençant directement le cycle de transmission des *Orbivirus* (Grimaud, 2019; Robert, 2017).

Le Nord et l'Est de l'Île ont recensé trois morts attribués aux hémoparasitoses en 2024 et la présence des agents pathogènes responsables des hémoparasitoses chez des bovins cliniquement sains a récemment été démontré par RT-qPCR (Dernburg, 2018). Malgré cela, aucun cas clinique n'a été détectés dans ces zones de l'Île, ce qui pourrait être lié au faible effectif

bovin présent et à une activité vétérinaire rurale moins développée qu'à La Plaine des Cafres ou dans les Hauts de l'Ouest. En effet, les cas cliniques recensés reposent majoritairement sur les prélèvements effectués par certaines cliniques vétérinaires. Les zones où l'activité vétérinaire rurale est plus faible pourraient donc présenter une sous-déclaration des cas, constituant un biais de détection pour cette étude. Par ailleurs, les élevages les plus suivis par un vétérinaire peuvent être surreprésentés, tandis que des foyers actifs mais non détectés pourraient passer inaperçus.

L'analyse temporelle des cas confirmés de syndrome « piro-like » démontre une augmentation du nombre de cas lors de la période estivale. Cette tendance est cohérente avec l'écologie des vecteurs, dont la prolifération est favorisée par les conditions climatiques favorables de l'été austral, caractérisée par une température et une humidité élevée (Avlessi et al., 2024; Bouyer et al., 2011; Hübner and Ceniceros, 2007). Elle reflète également la distribution saisonnière des cas d'anaplasmose observés dans les années 2000, principalement détectés entre janvier et juin (Messad, 2002), ainsi que celle des cas d'orbivirose (MHE) en 2016, observés entre février et mai (Véron, 2015).

Les cas cliniques de MHE, qui sont observés tous les deux ou trois ans à La Réunion, pourraient être liés aux variations de pluviométrie, qui impacteraient fortement les densités de *Culicoides*, assurant ainsi une transmission du virus plus efficace certaines années, notamment en saison chaude et à haute altitude (Grimaud and Dupraz, 2023). En outre, la population de cerfs sauvages dans les Hauts de l'Île pourrait constituer un réservoir enzootique de la MHE (Véron, 2015).

De façon similaire à La Réunion, une augmentation des infections vectorielles, comme l'anaplasmose ou la babésiose, a été détectée en Thaïlande durant la période estivale, où le climat y est chaud et humide (Arnuphappasert et al., 2024). Aux Etats-Unis, la majorité des transmissions d'anaplasmose a lieu au printemps et en été, lorsque l'activité des arthropodes est la plus haute (Zaugg, 1990). Toutefois, des cas de babésiose chez des bovins ont été détectés de manière atypique durant la période hivernale en Angleterre (Johnson et al., 2020). Une élévation anormale de la température moyenne en février a déclenché l'activité de la tique *Ixodes ricinus* et a contribué à la transmission de *B. divergens* au sein du troupeau. Au vu de l'augmentation rapide de la température moyenne de la surface terrestre, causée par le changement climatique (Khasnis and Nettleman, 2005), il est possible que l'activité vectorielle devienne plus importante lors de la période hivernale et favorise l'augmentation du nombre de cas d'hémo-parasitoses à La Réunion durant cette période.

Lors de l'hiver austral, nos résultats démontrent une diminution du nombre de cas dans les zones climatiques d'élevage de moyenne altitude (> 600 m), comme les Hauts de l'Ouest, Le Tampon ou La Plaine des Cafres. Cette diminution est moins évidente à observer dans les zones de basse altitude (< 600 m), comme Le Sud ou les Bas de l'Ouest et peut être expliqué par le fait que la température reste en moyenne entre 20.5 et 26 °C toute l'année ce qui permet de maintenir une activité vectorielle suffisante pour la transmission de pathogènes (Bouyer et al., 2011; Lysyk, 1995; Oshiro et al., 2021). À titre de comparaison, la température moyenne annuelle au-delà de 500 mètres d'altitude est entre 16 et 21 °C et descend entre 12 et 17 °C de 1000 à 2000 mètres d'altitude (Grimaud et al., 2019).

L'augmentation marquée du nombre de cas déclarés en mars 2025 pourrait correspondre à un pic épidémiologique. En effet, ce pic est précédé, dans toutes les zones climatiques

d'élevage de l'Île, par une élévation de la température et de l'humidité favorisant la pullulation des vecteurs. D'autre part, le stress engendré par le passage du cyclone tropical intense le 28 février 2025 peut avoir provoqué une baisse transitoire du système immunitaire des bovins, permettant aux pathogènes de se multiplier et d'entraîner l'apparition de signes cliniques, voire la mort (Filipe et al., 2020; Hùe and Ceniceròs, 2007). Toutefois, cette hausse pourrait également refléter un biais de déclaration, en lien avec la diffusion de l'information sur l'étude actuelle du syndrome « piro-like » et la gratuité des tests diagnostiques, relayée massivement à partir de début février 2025 via différents canaux de communication.

Les résultats RT-qPCR de notre étude ont détecté la présence de 18 combinaisons d'agents pathogènes dont 13 co-infections, présentes chez 66 % des bovins cliniquement atteints, soit 85 animaux. En outre, les bovins positifs à une co-infection souffraient de signes cliniques plus sévères que les bovins positifs à un seul pathogène. Néanmoins, les co-infections à au moins deux des trois hémoparasites ont aussi été détectées, à de nombreuses reprises, chez des bovins asymptomatiques (AL-Hosary, 2017; Dernburg, 2018; Herrera et al., 2017; Jaimes-Dueñez et al., 2018; Niu et al., 2015; Sivakumar et al., 2018, 2013). Il est vraisemblable que les co-infections détectées chez les bovins asymptomatiques traduisent un portage chronique des hémoparasites, traces d'une ou plusieurs infections passées (Alvarez et al., 2019; Hairgrove et al., 2015; Rahal et al., 2023).

Plusieurs études suggèrent que la co-infection entre *Babesia spp.* et *Anaplasma spp.* joue défavorablement dans l'évolution de l'état clinique du bovin (Hofmann-Lehmann et al., 2004; McFadzean et al., 2023). En effet, il a été démontré que la perte de production et le nombre de morts étaient plus importants chez les bovins atteints d'une co-infection, approchant les 80 % de taux de mortalité (McFadzean et al., 2023). Il a été suggéré qu'une infection à *A. phagocytophilum* pouvait parfois réduire temporairement les défenses immunitaires du bovin qui devenait susceptible à un épisode clinique grave de babésiose (Andersson et al., 2017). Les auteurs d'une étude de 1976 constate d'ailleurs que si un bovin était d'abord infecté par *A. phagocytophilum*, puis quelques semaines plus tard par *B. divergens*, la babésiose était alors exacerbée (Purnell et al., 1976). Cependant, d'autres résultats contradictoires ne trouvent pas de lien entre co-infection et aggravation de l'état clinique du bovin et mettent plutôt en avant l'importance de la précocité de la prise en charge médicale du bovin comme déterminant majeur pour sa survie (Andersson et al., 2017).

Nous avons donc analysé la relation entre la sévérité des signes cliniques et la présence des pathogènes détectés par RT-qPCR, en prenant en compte les diverses co-infections détectées. Nous avons ainsi démontré que les bovins coinfectés avec *A. marginale* et *B. bovis* présentent un tableau clinique plus sévère que les bovins positifs à *A. marginale* seule. Les bovins positifs à cette co-infection présentaient d'ailleurs un taux de mortalité de plus de 50%, contre 34% pour l'ensemble des bovins prélevés. Cependant, 10 combinaisons d'agents pathogènes n'ont pas été intégrées dans l'analyse statistique à cause du fait que l'effectif était insuffisant (moins de cinq bovins par combinaison). Cela limite donc la portée de l'analyse en réduisant sa capacité à explorer certaines associations potentiellement pertinentes entre agents pathogènes.

Quoiqu'il en soit, l'impact des co-infections et leurs mécanismes sur la sévérité clinique des symptômes est encore mal connu et nécessite davantage de recherche (McFadzean et al., 2021).

Malgré la sensibilité accrue de la PCR, qui permet de détecter la présence de multiples agents infectieux même en faible quantité, cette méthode diagnostique ne permet pas d'incriminer l'agent étiologique responsable des signes cliniques en cas de co-infection (Zautner et al., 2017). En effet, la valeur Ct, qui correspond à la concentration du microorganisme dans l'échantillon, ne peut pas être utilisé comme repère. Une étude a montré que des valeurs Ct basses, caractérisées par une forte concentration de microorganismes, peuvent également être observées chez des individus asymptomatiques vivant dans des environnements à forte pression microbiologique (Frickmann et al., 2015). Des seuils de Ct ont été proposés pour certaines pathologies, néanmoins, les valeurs Ct d'un même échantillon peuvent varier en fonction du protocole PCR utilisé, rendant leur interprétation délicate (Zautner et al., 2017). Une standardisation des protocoles PCR est donc nécessaire à l'avenir et des études complémentaires permettront de déterminer des seuils Ct fiables pour les échantillons biologiques lorsque cela est possible. En l'absence d'outil diagnostique nous permettant de distinguer l'agent pathogène responsable des signes cliniques dans le cas de co-infection, nous devons considérer les co-infections comme un ensemble de pathogènes agissant potentiellement en synergie au détriment de la santé des bovins.

En l'absence de vaccins commercialisés en Europe contre l'anaplasmose ou la babésiose, d'autres méthodes de prévention doivent être mis en place pour protéger le cheptel bovin réunionnais contre les hémoparasitoses. Les programmes de lutte antivectorielle, débutés par le programme POSEIDOM en 1994 puis poursuivi par le GDS Réunion jusqu'à aujourd'hui, ont contribué à améliorer les connaissances sur les vecteurs et les hémoparasitoses mais ne sont pas parvenus à éradiquer l'anaplasmose et la babésiose de La Réunion (Dernburg, 2018; Tillard and Messad, 1998).

Étant donné l'endémicité des hémoparasitoses bovines à La Réunion, une partie de la prévention pourrait venir du concept de stabilité enzootique. Ce concept décrit une situation où une majorité de veaux s'immunisent grâce à une forte pression infectieuse, ce qui mène au développement d'une immunité de troupeau forte et donc une faible incidence de cas cliniques. Il a été déclaré que si 75 % des veaux étaient exposés à une infection à *B. bovis*, défini par un niveau de séroprévalence de 75 %, avant l'âge de 9 mois alors les cas cliniques seraient peu nombreux (Mahoney, 1974). Ce concept pourrait partiellement expliquer la variation du taux d'incidence du syndrome « piro-like » entre les zones de La Plaine des Cafres et des Hauts de l'Ouest, respectivement de 12,2 et 3,1 cas pour 1 000 bovins. En effet, selon les observations empiriques du GDS Réunion, la densité de tiques est nettement plus élevée dans les Hauts de l'Ouest que dans La Plaine des Cafres. Ainsi, si les veaux des Hauts de l'Ouest sont massivement infestés par des tiques avant l'âge de 9 mois au pâturage, un plus grand nombre d'entre eux développerait une immunité contre les hémoparasitoses. Par conséquent, cette immunisation accrue dans cette zone se traduirait par une prévalence plus faible de cas cliniques. Cette hypothèse est d'ailleurs étayée par le niveau élevé de prévalence des hémoparasites chez les bovins adultes asymptomatiques dans l'Ouest de l'Île, tel que révélé par l'étude du GDS en 2018 (Dernburg, 2018). Les prévalences d'*A. marginale*, *B. bovis* et *B. bigemina* y étaient en effet les plus élevées de toute l'Île.

Malgré cela, la stabilité endémique ne peut pas être considérée à elle seule comme une stratégie de contrôle suffisante des hémoparasitoses. En effet, des variations climatiques, comme une sécheresse, ou des changements dans les pratiques d'élevage, comme un

déséquilibre nutritionnel, pourraient réduire la transmission de la maladie chez les veaux. Cela entraînerait une augmentation du nombre de bovins susceptibles et donc une potentielle recrudescence des hémoparasitoses (Bock et al., 2004; Brunschwig et al., 2009). En effet, une étude a démontré que la majorité des éleveurs qui laissent quelques tiques parasiter leur bétail, pensant que cela les protège des maladies à tiques, exposaient leur cheptel à un grand risque d'épidémie (Sserugga et al., 2003).

Le mouvement d'animaux a été associé à un risque élevé de babésiose, ainsi que l'introduction d'animaux naïfs dans un environnement infestés de tiques (He et al., 2021; McFadzean et al., 2023). Les mouvements de bovins sont réguliers à La Réunion, notamment entre la SEDAEL, qui élève les jeunes bovins reproducteurs, et les élevages allaitants de l'Île. Ces mouvements pourraient constituer une voie majeure de diffusion des hémoparasitoses. En effet, si un bovin naïf vis-à-vis des hémoparasites rejoint un élevage soumis à une forte pression infectieuse, il est alors à risque de développer une forme clinique. Par ailleurs, un bovin porteur sain d'anaplasmose, de babésiose, ou de tiques infectées qui est introduit dans un cheptel naïf, pourrait être à l'origine d'une épizootie d'hémoparasitoses.

La connaissance du statut sanitaire du bovin intrant et de son cheptel d'origine vis à vis des hémoparasites permettrait une gestion plus raisonnée des mouvements d'animaux. La mise en place d'un dépistage PCR ou sérologique des hémoparasites lors de l'examen d'achat apparaît donc comme une mesure pertinente. De plus, une enquête de détection des hémoparasitoses au sein des élevages bovins fournisseurs d'animaux reproducteurs serait judicieux à mettre en place. L'introduction de bovins naïfs dans des élevages où les hémoparasitoses circulent activement pourra alors être évitée, ou du moins encadrée par une prophylaxie adaptée.

Certains agents thérapeutiques, comme l'imidocarbe, sont utilisés en tant que traitement et en prophylaxie afin d'éviter les formes cliniques sévères de babésiose chez les bovins (Alves et al., 2023; Kuttler, 1980; McHardy, 1983; Reck et al., 2024). Il est généralement admis que l'administration d'imidocarbe à dose préventive ou curative permet la réduction des signes cliniques chez le bovin traité et donne lieu à une séroconversion, à condition que l'animal soit exposé à des tiques infectées. Une étude montre que 66 % et 75 % des bovins traités de manière prophylactique avec de l'imidocarbe deviennent séropositifs après quatre traitements successifs à 28 jours d'intervalle pour *B. bigemina* et *B. bovis* respectivement (Reck et al., 2024). Cependant, l'utilisation de l'imidocarbe en prophylaxie est fortement freinée, à La Réunion et ailleurs en Europe, par le très long délai d'attente pour la viande et les abats des bovins qui est de 213 jours ("Carbesia® solution injectable pour bovins et chiens," 2025).

V. CONCLUSION

Cette étude a permis, pour la première fois à La Réunion, de recenser les cas cliniques de syndrome « piro-like » et d'établir un diagnostic de certitude par RT-qPCR. Malgré la faible spécificité des signes cliniques observés chez les bovins malades, certaines associations entre le tableau clinique et les résultats RT-qPCR ont été mises en évidence, fournissant ainsi des informations complémentaires utiles au diagnostic clinique pour les vétérinaires de l'Île. L'impact du nombre d'agents pathogènes détectés, ainsi que celui du type de pathogène, sur la sévérité clinique a été déterminé. Par ailleurs, l'analyse spatiale a révélé une disparité des taux

d'infection au syndrome « piro-like » selon les zones climatiques d'élevage, tandis que l'analyse temporelle a mis en évidence une distribution saisonnière des cas, majoritairement concentrés durant la période estivale australe (novembre à avril).

Afin d'approfondir la compréhension de la dynamique temporelle des hémoparasitoses et des orbiviroses, il serait pertinent de poursuivre la détection et le prélèvement de bovins suspects sur une période plus longue qu'une année et demie, ce qui permettrait d'augmenter la taille de l'échantillon. Cela garantirait une meilleure représentativité de toutes les combinaisons possibles d'agents pathogènes, insuffisamment couvertes dans cette étude. Il serait également particulièrement pertinent d'améliorer la communication auprès de tous les éleveurs bovins concernant la gratuité des tests RT-qPCR, afin d'augmenter le taux de déclaration des cas cliniques. En effet, ce taux reste faible, en partie parce que la majorité des cas de syndrome « piro-like » sont traités directement par les éleveurs, sans réalisation de prélèvements, ni concertation avec le vétérinaire traitant.

Finalement, l'inclusion d'autres pathologies infectieuses présentant des signes cliniques similaires, telles que la leptospirose ou l'ehrlichiose, dans l'analyse RT-qPCR permettrait d'étudier l'impact potentiel des co-infections avec les agents du syndrome « piro-like ».

VI. BIBLIOGRAPHIE

- Adjou, K., Jammes, C., 2011. Une anémie accompagnée d'un syndrome fébrile signe parfois une anaplasmosé. La Semaine Vétérinaire.
- Agreste - Ministère de l'Agriculture, 2021. La filière lait à La Réunion.
- AL-Hosary, A.A.T., 2017. Comparison between conventional and molecular methods for diagnosis of bovine babesiosis (*Babesia bovis* infection) in tick infested cattle in upper Egypt. *J Parasit Dis* 41, 243–246. <https://doi.org/10.1007/s12639-016-0785-2>
- Alvarez, J.A., Rojas, C., Figueroa, J.V., 2019. Diagnostic Tools for the Identification of *Babesia* sp. in Persistently Infected Cattle. *Pathogens* 8, 143. <https://doi.org/10.3390/pathogens8030143>
- Alves, H.C., Afonso, P.H.A., Salvador, V.F., Leal, L.L.L., De Moraes, I.M.L., Ferreira, L.L., De Aquino, L.M., Couto, L.F.M., Heller, L.M., Zapa, D.M.B., Cruz, B.C., Soares, V.E., Monteiro, C.M.D.O., Lopes, W.D.Z., 2023. Effect of a preventive strategic control program, with imidocarb dipropionate, against tick fever agents in dairy calves. *Trop Anim Health Prod* 55, 315. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03709-x>
- Amorim, L.S., Wenceslau, A.A., Carvalho, F.S., Carneiro, P.L.S., Albuquerque, G.R., 2014. Bovine babesiosis and anaplasmosis complex: diagnosis and evaluation of the risk factors from Bahia, Brazil. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.* 23, 328–336. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612014064>
- Andersson, M.O., Víchová, B., Tolf, C., Krzyzanowska, S., Waldenström, J., Karlsson, M.E., 2017. Co-infection with *Babesia divergens* and *Anaplasma phagocytophilum* in cattle (*Bos taurus*), Sweden. *Ticks and Tick-borne Diseases* 8, 933–935. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2017.08.005>

- Arnuphapprasert, A., Nugraheni, Y.R., Khunmanee, S., Kaewlamun, W., Kaewthamasorn, M., 2024. Seasonal dynamics and genetic characterization of bovine arthropod-borne parasites in Nan Province, Thailand with molecular identification of *Anaplasma platys* and *Trypanosoma theileri*. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases* 107, 102156. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2024.102156>
- Aubry, P., Geale, D.W., 2011. A Review of Bovine Anaplasmosis: Review of Bovine Anaplasmosis. *Transboundary and Emerging Diseases* 58, 1–30. <https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2010.01173.x>
- Avlessi, S.P.M., Dupraz, M., Grimaud, Y., 2024. Etude des facteurs environnementaux influençant la présence de la tique *Rhipicephalus microplus* dans les pâturages et de la résistance aux acaricides des populations locales à La Réunion. *Agritrop CIRAD*.
- Baldacchino, F., Muenworn, V., Desquesnes, M., Desoli, F., Charoenviriyaphap, T., Duvallet, G., 2013. Transmission of pathogens by *Stomoxys* flies (Diptera, Muscidae): a review. *Parasite* 20, 26. <https://doi.org/10.1051/parasite/2013026>
- Barrière, O., Behnassi, M., David, G., Douzal, V., Fargette, M., Libourel, T., Loireau, M., Pascal, L., Prost, C., Ravena-Cañete, V., Seyler, F., Morand, S. (Eds.), 2019. *Coviability of Social and Ecological Systems: Reconnecting Mankind to the Biosphere in an Era of Global Change: Vol. 2: Coviability Questioned by a Diversity of Situations*. Springer International Publishing, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-78111-2>
- Bock, R., Jackson, L., De Vos, A., Jorgensen, W., 2004. Babesiosis of cattle. *Parasitology* 129, S247–S269. <https://doi.org/10.1017/S0031182004005190>
- Bouyer, J., Grimaud, Y., Pannequin, M., Esnault, O., Desquesnes, M., 2011. Importance épidémiologique et contrôle des stomoxes à la Réunion. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* no 43/Spécial DOM-TOM.
- Brunschwig, P., Lancelot, R., Zanella, G., 2009. Expertise sur la mortalité des bovins laitiers à la Réunion.
- Buling, A., Criado-Fornelio, A., Asenzo, G., Benitez, D., Barba-Carretero, J.C., Florin-Christensen, M., 2007. A quantitative PCR assay for the detection and quantification of *Babesia bovis* and *B. bigemina*. *Veterinary Parasitology* 147, 16–25. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2007.03.031>
- Carbesia® solution injectable pour bovins et chiens [WWW Document], 2025. . Med’Vet. URL <https://med-vet.fr/produits/medicament/carbesia-r-solution-injectablebovinschiens/af8dbf83-c90f-43fe-81f4-3b4d21d82b84> (accessed 6.12.25).
- Castañeda-Ortiz, E.J., Ueti, M.W., Camacho-Nuez, M., Mosqueda, J.J., Mousel, M.R., Johnson, W.C., Palmer, G.H., 2015. Association of *Anaplasma marginale* Strain Superinfection with Infection Prevalence within Tropical Regions. *PLoS ONE* 10, e0120748. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120748>
- Chandran, D., 2021. Bovine babesiosis: A general review. *Int. J. Vet. Sci. Ani. Husb* 6, 40–44.
- Chazard, E., 2016. Analyses descriptives - Analyses en composantes principales (ACP).
- Da Silva, J.B., Da Fonseca, A.H., 2014. Risk factors for anaplasmosis in dairy cows during the peripartum. *Trop Anim Health Prod* 46, 461–465. <https://doi.org/10.1007/s11250-013-0514-0>

- DAAF La Réunion, 2015. La production de viande bovine à La Réunion.
- Dalglish, R.J., Stewart, N.P., Callow, L.L., 1978. Transmission of *Babesia bigemina* by transfer of adult male *Boophilus microplus*.
- De Romemont, A., Proietti, C. (Eds.), 2024. Rapport des évaluations 2020-2024. CIRAD; ImpresS, Montpellier, France. <https://doi.org/10.19182/agritrop/00230>
- Decaro, N., Carelli, G., Lorusso, E., Lucente, M.S., Greco, G., Lorusso, A., Radogna, A., Ceci, L., Buonavoglia, C., 2008. Duplex Real-Time Polymerase Chain Reaction for Simultaneous Detection and Quantification of *Anaplasma Marginale* and *Anaplasma Centrale*. *J VET Diagn Invest* 20, 606–611. <https://doi.org/10.1177/104063870802000511>
- Dernburg, A., 2018. Exposition des bovins réunionnais aux principaux hémoparasites : constitution d'une co-horte (Rapport interne). GDS Réunion, La Réunion.
- Filipe, J., Herrera, V., Curone, G., Vigo, D., Riva, F., 2020. Floods, Hurricanes, and Other Catastrophes: A Challenge for the Immune System of Livestock and Other Animals. *Frontiers in Veterinary Science*. <https://doi.org/10.3389/FVETS.2020.00016>
- Frickmann, H., Schwarz, N.G., Rakotozandrindrainy, R., May, J., Hagen, R.M., 2015. PCR for enteric pathogens in high-prevalence settings. What does a positive signal tell us? *Infectious Diseases* 47, 491–498. <https://doi.org/10.3109/23744235.2015.1022212>
- Futse, J.E., Ueti, M.W., Knowles, D.P., Palmer, G.H., 2003. Transmission of *Anaplasma marginale* by *Boophilus microplus* : Retention of Vector Competence in the Absence of Vector-Pathogen Interaction. *J Clin Microbiol* 41, 3829–3834. <https://doi.org/10.1128/JCM.41.8.3829-3834.2003>
- Gaillard, P., 2023. Les éleveurs indépendants de La Réunion face à la leucose bovine.
- Grimaud, Y., 2019. Dynamique des populations de Culicoides à l'île de La Réunion, moucheron vecteurs d'orbiviroses. HAL theses.
- Grimaud, Y., Dupraz, M., 2023. Les culicoides, ce petit moucheron vecteur des bavites.
- Grimaud, Y., Guis, H., Chiroleu, F., Boucher, F., Tran, A., Rakotoarivony, I., Duhayon, M., Cêtre-Sossah, C., Esnault, O., Cardinale, E., Garros, C., 2019. Modelling temporal dynamics of *Culicoides* Latreille (Diptera: Ceratopogonidae) populations on Reunion Island (Indian Ocean), vectors of viruses of veterinary importance. *Parasites Vectors* 12, 562. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3812-1>
- Hairgrove, T., Schroeder, M.E., Budke, C.M., Rodgers, S., Chung, C., Ueti, M.W., Bounpheng, M.A., 2015. Molecular and serological in-herd prevalence of *Anaplasma marginale* infection in Texas cattle. *Prev Vet Med* 119, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2015.02.006>
- He, L., Bastos, R.G., Sun, Y., Hua, G., Guan, G., Zhao, J., Suarez, C.E., 2021. Babesiosis as a potential threat for bovine production in China. *Parasites Vectors* 14, 460. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04948-3>
- Henker, L.C., Lorenzetti, M.P., Fagundes-Moreira, R., Dalto, A.G.C., Sonne, L., Driemeier, D., Soares, J.F., Pavarini, S.P., 2020. Bovine abortion, stillbirth and neonatal death associated with *Babesia bovis* and *Anaplasma* sp. infections in southern Brazil. *Ticks and Tick-borne Diseases* 11, 101443. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2020.101443>

- Herrera, P.C.T., Vilorio, V.V., Balbin, M.M., Mingala, C.N., 2017. Prevalence of babesiosis (*Babesia bovis* and *Babesia bigemina*) in cattle and water buffalo in Nueva Ecija, Philippines using nested polymerase chain reaction. *Annals of Parasitology* 63.
- Hofmann-Lehmann, R., Meli, M.L., Dreher, U.M., Gönczi, E., Deplazes, P., Braun, U., Engels, M., Schüpbach, J., Jörger, K., Thoma, R., Griot, C., Stärk, K.D.C., Willi, B., Schmidt, J., Kocan, K.M., Lutz, H., 2004. Concurrent Infections with Vector-Borne Pathogens Associated with Fatal Hemolytic Anemia in a Cattle Herd in Switzerland. *J Clin Microbiol* 42, 3775–3780.
<https://doi.org/10.1128/JCM.42.8.3775-3780.2004>
- Hüe, T., Cenicerós, R., 2007. Gestion de la lutte contre les hémoparasitoses et leurs vecteurs - Ile de la Réunion - Etat des connaissances en 2007. La Réunion.
- Institut de l'élevage, I., 2021. Les chiffres clés de l'alimentation des vaches laitières.
- Jacob, S.S., Sengupta, P.P., Paramanandham, K., Suresh, K.P., Chamuah, J.K., Rudramurthy, G.R., Roy, P., 2020. Bovine babesiosis: An insight into the global perspective on the disease distribution by systematic review and meta-analysis. *Veterinary Parasitology* 283, 109136.
<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109136>
- Jaimes-Dueñez, J., Triana-Chávez, O., Holguín-Rocha, A., Tobon-Castaño, A., Mejía-Jaramillo, A.M., 2018. Molecular surveillance and phylogenetic traits of *Babesia bigemina* and *Babesia bovis* in cattle (*Bos taurus*) and water buffaloes (*Bubalus bubalis*) from Colombia. *Parasites Vectors* 11, 510.
<https://doi.org/10.1186/s13071-018-3091-2>
- Johnson, N., Paul Phipps, L., McFadzean, H., Barlow, A.M., 2020. An outbreak of bovine babesiosis in February, 2019, triggered by above average winter temperatures in southern England and co-infection with *Babesia divergens* and *Anaplasma phagocytophilum*. *Parasites Vectors* 13, 305. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04174-3>
- Johnston, L.A.Y., Leatch, G., Jones, P.N., 1978. The duration of latent infection and functional immunity in droughmaster and hereford cattle following natural infection with *Babesia argentina* and *Babesia bigemina*. *Aust Veterinary J* 54, 14–18. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1978.tb00262.x>
- Khasnis, A.A., Nettleman, M.D., 2005. Global warming and infectious disease. *Archives of medical research* 36, 689–696.
- Kocan, K.M., De La Fuente, J., Blouin, E.F., Coetzee, J.F., Ewing, S.A., 2010. The natural history of *Anaplasma marginale*. *Veterinary Parasitology* 167, 95–107.
<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.09.012>
- Kuttler, K.L., 1980. Pharmacotherapeutics of drugs used in treatment of anaplasmosis and babesiosis. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 176, 1103–1108.
- Lysyk, T.J., 1995. Temperature and population density effects on feeding activity of *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) on cattle. *J Med Entomol* 32, 508–514.
<https://doi.org/10.1093/jmedent/32.4.508>
- Mackenstedt, U., Gauer, M., Fuchs, P., Zapf, F., Schein, E., Mehlhorn, H., 1995. DNA measurements reveal differences in the life cycles of *Babesia bigemina* and *B. canis*, two typical members of the genus *Babesia*. *Parasitol Res* 81, 595–604.
<https://doi.org/10.1007/BF00932027>

- Maclachlan, N.J., Zientara, S., Savini, G., Daniels, P.W., 2015. Epizootic haemorrhagic disease. *Rev Sci Tech* 34, 341–351. <https://doi.org/10.20506/rst.34.2.2361>
- Mahoney, D.F., 1974. The application of epizootiological principles in the control of Babesiosis in cattle.
- Mahoney, D.F., 1969. Bovine babesiosis: a study of factors concerned in transmission. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology* 63, 1–14. <https://doi.org/10.1080/00034983.1969.11686595>
- Marblé, Y., Aubron, C., Vigne, M., 2018. Le développement des Hauts de la Réunion par l'élevage bovin laitier : un modèle à bout de souffle. *Géocarrefour* 92. <https://doi.org/10.4000/geocarrefour.10865>
- Mazzucco Panizza, M., Cutullé, C., Primo, M.E., Morel, N., Sebastian, P.S., Nava, S., 2022. Assays to evaluate the transovarial transmission of *Anaplasma marginale* by *Rhipicephalus microplus*. *Veterinary Parasitology* 311, 109808. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2022.109808>
- McFadzean, H., Johnson, N., Phipps, L.P., Hobbs, R.L., 2021. High morbidity associated with an outbreak of tick-borne disease in a dairy herd, Cornwall. *Vet Record Case Reports* 9, e171. <https://doi.org/10.1002/vrc2.171>
- McFadzean, H., Johnson, N., Phipps, L.P., Swinson, V., Boden, L.A., 2023. Surveillance and Risk Analysis for Bovine Babesiosis in England and Wales to Inform Disease Distribution. *Animals* 13, 2118. <https://doi.org/10.3390/ani13132118>
- McHardy, N., 1983. The prophylactic activity of imidocarb against tick-transmitted parasitic infections, in: Ruckebusch, Y., Toutain, P.-L., Koritz, G.D. (Eds.), *Veterinary Pharmacology and Toxicology*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 247–254. https://doi.org/10.1007/978-94-009-6604-8_26
- McLeod, R., Kristjanson, P., 1999. Final report of joint esys/ILRI/ACIAR TickCost project—Economic impact of ticks and tick-borne diseases to livestock in Africa, Asia and Australia. International Livestock Research Institute, Nairobi.
- Messad, S., 2002. MISSION D'APPUI AU PROJET RESIR Réseau d'Epidémiosurveillance de l'île de la Réunion - Diagnostic et analyses statistiques des données du réseau, Rapport CIRAD-EMVT n°2002-041.
- Morel, N., Mastropaolo, M., De Echaide, S.T., Signorini, M.L., Mangold, A.J., 2019. Risks of cattle babesiosis (*Babesia bovis*) outbreaks in a semi-arid region of Argentina. *Preventive Veterinary Medicine* 170, 104747. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104747>
- Morel, N., Mastropaolo, M., de Echaide, S.T., Signorini, M.L., Mangold, A.J., Primo, M.E., 2024. Analysis of management factors influencing *Anaplasma marginale* transmission. *Veterinary Parasitology* 331, 110283.
- Morel, P.-C., 1980. Maladies du bétail transmises par les tiques (Département de La Réunion) [WWW Document]. URL https://agritrop.cirad.fr/381123/?utm_source=chatgpt.com (accessed 4.19.25).
- Niu, Q., Liu, Z., Yu, P., Yang, J., Abdallah, M.O., Guan, G., Liu, G., Luo, J., Yin, H., 2015. Genetic characterization and molecular survey of *Babesia bovis*, *Babesia bigemina* and *Babesia ovata* in cattle, dairy cattle and yaks in China. *Parasites Vectors* 8, 518. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-1110-0>
- Oshiro, L.M., Da Silva Rodrigues, V., Garcia, M.V., De Oliveira Souza Higa, L., Suzin, A., Barros, J.C., Andreotti, R., 2021. Effect of low temperature and relative humidity

- on reproduction and survival of the tick *Rhipicephalus microplus*. *Exp Appl Acarol* 83, 95–106. <https://doi.org/10.1007/s10493-020-00576-1>
- Palmer, G.H., Brayton, K.A., 2013. Antigenic variation and transmission fitness as drivers of bacterial strain structure: Antigenic variation and strain structure. *Cell Microbiol* 15, 1969–1975. <https://doi.org/10.1111/cmi.12182>
- Portanti, O., Ciarrocchi, E., Irelli, R., Palombieri, A., Salini, R., Melegari, I., Piscicella, M., Pulsoni, S., Di Sabatino, D., Spedicato, M., Savini, G., Lorusso, A., 2025. Validation of a molecular multiplex assay for the simultaneous detection and differentiation of bluetongue virus and epizootic haemorrhagic disease virus in biological samples. *Journal of Virological Methods* 332, 115064. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2024.115064>
- Purnell, R.E., Brocklesby, D.W., Hendry, D.J., Young, E.R., 1976. Separation and recombination of *Babesia divergens* and *Ehrlichia phagocytophila* from a field case of redwater from Eire. *The Veterinary Record* 99, 415–417.
- Rahal, N.M., Luz, G.B., Martins, K.R., Gasperin, B.G., Feijó, J. de O., Dalto, A.G.C., Rovani, M.T., Cunha, R.C., Corrêa, M.N., 2023. Association between chronic *Anaplasma marginale* and *Babesia* spp. infection and hematological parameters of taurine heifers. *Rev Bras Parasitol Vet* 32, e006423. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612023052>
- Reck, J., Klafke, G., Scheffer, R., Correia, T.R., Scott, F.B., Martins, J.R., 2024. A 50-year-old question: Can imidocarb chemoprophylaxis ensure seroconversion for babesiosis in cattle under field conditions? *Veterinary Parasitology* 332, 110337. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2024.110337>
- Réunion, D. de la, 2024. Les filières animales à la Réunion [WWW Document]. DAAF de la Réunion. URL <https://daaf.reunion.agriculture.gouv.fr/les-filieres-animales-a-la-reunion-a3513.html> (accessed 1.29.25).
- Robert, V., 2017. Chapitre 2. Introduction à l'entomologie médicale et vétérinaire, in: Duvallet, G., Fontenille, D., Robert, V. (Eds.), *Entomologie médicale et vétérinaire*. IRD Éditions, pp. 37–59. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.21965>
- Rodríguez-Vivas, R.I., Mata-Mendez, Y., Pérez-Gutierrez, E., Wagner, G., 2004. The Effect of Management Factors on the Seroprevalence of *Anaplasma marginale* in *Bos indicus* cattle in the Mexican Tropics. *Tropical Animal Health and Production* 36, 135–143. <https://doi.org/10.1023/B:TROP.0000012105.19518.80>
- Sailleau, C., Bréard, E., Gourreau, J.-M., Galibert, T., 2005. La fièvre catarrhale du mouton sur l'Île de La Réunion. *Epidémiol. et santé anim.*, 2005, 48, 101-104.
- Sherman, G., Sutton, T., Blazek, R., Holl, S., Dassau, O., Mitchell, T., Dobias, M., 2017. Quantum GIS, Open Source Geospatial Foundation Project.
- Silva, J.B.D., Castro, G.N.D.S., Fonseca, A.H., 2014. Longitudinal study of risk factors for anaplasmosis and transplacental transmission in herd cattle. *Sem. Ci. Agr.* 35, 2491. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2491>
- Sivakumar, T., Lan, D.T.B., Long, P.T., Viet, L.Q., Weerasooriya, G., Kume, A., Suganuma, K., Igarashi, I., Yokoyama, N., 2018. Serological and molecular surveys of *Babesia bovis* and *Babesia bigemina* among native cattle and cattle imported from Thailand in Hue, Vietnam. *The Journal of Veterinary Medical Science* 80, 333–336. <https://doi.org/10.1292/jvms.17-0549>
- Sivakumar, T., Lan, D.T.B., Long, P.T., Yoshinari, T., Tattiyapong, M., Guswanto, A., Okubo, K., Igarashi, I., Inoue, N., Xuan, X., 2013. PCR detection and genetic diversity of

- bovine hemoprotozoan parasites in Vietnam. *Journal of Veterinary Medical Science* 75, 1455–1462.
- Smith, R.D., Evans, D.E., Martins, J.R., Ceresér, V.H., Correa, B.L., Petraccia, C., Cardozo, H., Solari, M.A., Nari, A., 2000. Babesiosis (*Babesia bovis*) Stability in Unstable Environments. *Annals of the New York Academy of Sciences* 916, 510–520. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb05330.x>
- Smith, R.D., Molinar, E., Larios, F., Monroy, J., Trigo, F., Ristic, M., 1980. Bovine babesiosis: pathogenicity and heterologous species immunity of tick-borne *Babesia bovis* and *B. bigemina* infections. *American Journal of Veterinary Research* 41, 1957–1965.
- Solorio-Rivera, J.L., RodróÁguez-Vivas, R.I., PeÁrez-Gutierrez, E., Wagner, G., 1999. Management factors associated with *Babesia bovis* seroprevalence in cattle from eastern Yucatán, Mexico.
- Spare, M.R., Hanzlicek, G.A., Wootten, K.L., Anderson, G.A., Thomson, D.U., Sanderson, M.W., Ganta, R.R., Reif, K.E., Raghavan, R.K., 2020. Bovine anaplasmosis herd prevalence and management practices as risk-factors associated with herd disease status. *Veterinary Parasitology* 277, 100021. <https://doi.org/10.1016/j.vpoa.2019.100021>
- Sserugga, J., Jonsson, N., Bock, R., More, S., 2003. Serological evidence of exposure to tick fever organisms in young cattle on Queensland dairy farms. *Aust Veterinary J* 81, 147–152. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2003.tb11077.x>
- Tillard, E., Messad, S., 1998. Bilan du programme POSEIDOM : “Eradication des Babésioses et de l’Anaplasmosé à la Réunion.” Cirad.
- Véron, L., 2015. Caractérisation de la circulation des virus EHDV et BTV dans les élevages de bovins et de cervidés entre 2015 et 2017 à La Réunion. *Agritrop CIRAD*.
- WOAH, 2021. Bluetongue (infection with Bluetongue Virus).
- World Organisation for Animal Health, 2021. Bovine Babesiosis.
- Wright, I.G., Goodger, B.V., Leatch, G., Aylward, J.H., Rode-Bramanis, K., Waltisbuhl, D.J., 1987. Protection of *Babesia bigemina*-immune animals against subsequent challenge with virulent *Babesia bovis*. *Infect Immun* 55, 364–368. <https://doi.org/10.1128/iai.55.2.364-368.1987>
- Zaugg, J.L., 1990. Seasonality of natural transmission of bovine anaplasmosis under desert mountain range conditions.
- Zautner, A.E., Groß, U., Emele, M.F., Hagen, R.M., Frickmann, H., 2017. More Pathogenicity or Just More Pathogens?—On the Interpretation Problem of Multiple Pathogen Detections with Diagnostic Multiplex Assays. *Front. Microbiol.* 8, 1210. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01210>
- Ziam, H., Kernif, T., Saidani, K., Kelanemer, R., Hammaz, Z., Geysen, D., 2020. Bovine piroplasmosis-anaplasmosis and clinical signs of tropical theileriosis in the plains of Djurdjura (north Algeria). *Veterinary Medicine and Science* 6, 720–729. <https://doi.org/10.1002/vms3.305>

VII. ANNEXES

Annexe 1 : Fiche d'information à destination des éleveurs bovins et des techniciens concernant l'enquête en cours sur le syndrome « piro-like » des bovins.

Fiche d'information à destination des éleveurs bovins et des techniciens

DEPARTEMENT DE LA Réunion

Co-financé par l'Union européenne

GDS Réunion

cirad LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

ASTRE

Pôle RUMINANT GDS Réunion

Février - Juin 2025

Enquête sur le syndrome « PIRO-like » des bovins à la Réunion

Enjeux :

- Le syndrome « piro-like » est causé par des **hémoparasitoses (anaplasmose et babésiose)**, cause majeure de mortalité bovine à La Réunion, et par les « **bavites** » (fièvre catarrhale ovine (FCO) et maladie hémorragique épizootique (MHE)).
- Les **bovins infectés** d'hémoparasitoses peuvent rester porteurs chroniques des pathogènes pendant plusieurs mois ou années, constituant une **source potentielle de transmission**.
- L'**impact économique** de ces maladies sur les filières viande et lait reste à ce jour **méconnu** à La Réunion.

Objectifs de l'enquête :

- Localiser les **zones d'élevage** touchées par des cas de « piro-like » et caractériser les signes cliniques de chaque maladie grâce à un diagnostic de certitude par PCR.
- Analyser les **pratiques d'élevage** permettant de réduire l'apparition de ces maladies et formuler des **recommandations adaptées**.
- Évaluer l'**impact économique** des hémoparasitoses sur les éleveurs (mortalité, coûts des traitements, pertes de production).

Votre vigilance fait la différence : signalez-nous tout cas suspect

- En cas de suspicion de « piro-like » (fièvre, abattement, muqueuses pâles ou jaunâtres, urine rouge, œdème de la face, salivation excessive, lésions buccales), votre vétérinaire enverra un **prélèvement sanguin** au laboratoire du CIRAD pour identification de l'agent pathogène.
- Si vous ne consultez pas de vétérinaire, le GDS peut réaliser la prise de sang et l'envoyer au laboratoire.
- En cas de décès suspect, un **prélèvement d'organes** sera effectué par votre vétérinaire traitant, et envoyé au laboratoire du CIRAD.
- L'**ensemble des analyses** réalisées par le CIRAD dans le cadre du projet est **GRATUIT**.

Si vous avez une question concernant l'enquête, n'hésitez pas à nous appeler : **06 92 63 33 29**
Merci d'avance pour votre collaboration !

SERCOMBE William, vétérinaire, assistant de recherche GDS
Tel : 06 92 63 33 29 courriel : william.sercombe@gds974.re

AHOUSSOU Sylvie, vétérinaire conseil GDS



Dans le cadre de ce projet de recherche, des données biologiques (ex. : prélèvements sanguins ou d'organes) et des données à caractère personnel (ex. : nom, adresse) peuvent être collectées. La personne responsable de l'élevage consent à leur utilisation exclusive à des fins de recherche scientifique par le GDS Réunion et le CIRAD. Ces données seront traitées conformément au Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD – UE 2016/679). Elles seront conservées pendant un an et ne seront transmises qu'aux partenaires du projet. Conformément à la réglementation, la personne concernée dispose d'un droit d'accès, de rectification et de suppression de ses données, qu'elle peut exercer en contactant william.sercombe@gds974.re

**Annexe 2 : Document d'accompagnement des prélèvements de sang ou d'organes de bovins
présentant des signes cliniques évocateurs d'un syndrome « piro-like ».**

Etude Hémoparasitoses/Orbiviroses/Leptospiroses Bovins

CIRAD/GDS974/GTV974/LDA974

Document d'accompagnement des prélèvements : 1 tube sec + 1 tube EDTA a minima

Urgent ☐

PCR: BTV/EHDV ; Anaplasma marginale/Babesia bovis/Babesia bigemina/Ehrlichia ruminantium ; Leptospira spp.

Date de prélèvement : .. / .. / 202 ..		Nom du vétérinaire :	
Nom de l'éleveur		Clin. véto (envoi résultats) :	
Adresse		N° EDE : 98	
Localisation Bovin			
Conditions d'élevage	Pâturage ☐ Bâtiment ☐ Mixte ☐ NSP ☐		
Prélèvement	Tube sec ☐ EDTA ☐ Foie ☐ Rate ☐ Urine ☐ Autre :		
N° animal		Sexe : Mâle ☐ Femelle ☐	
Age < 6 m ☐ 6-12 m ☐ 12-24 m ☐ >24 m ☐ NSP ☐		Vivant ☐	Décédé ☐
Introduction < 2 mois : Oui ☐ ; Non ☐		NEC : 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ NSP ☐	
Gestation : Oui ☐ Non ☐ NSP ☐ ; Stade (tiers) : 1 ^{er} ☐ 2 ^{ème} ☐ 3 ^{ème} ☐ NSP ☐			
Traitements administrés avant visite :			
Dernier antiparasitaire externe	Date	Produit	NSP ☐
Gestion des tiques Fréquence de traitement :		Baisse d'efficacité observée : Oui ☐ Non ☐	
Tiques présentes ces 6 derniers mois : Sur l'animal : ☐ oui ☐ non / Sur le troupeau ☐ oui ☐ non / NSP ☐			
Episode clinique Autres animaux atteints : ☐ Oui ☐ Non ; Combien ?		Mortalité : ☐ Oui ☐ Non	
Traitements administrés :		Evolution :	
Symptômes	Température : NSP ☐		
Généraux : Abattement ☐ Tachycardie ☐ Anorexie ☐ Déshydratation ☐ NSP ☐ Autre :			
Respiratoires : Jetage ☐ Toux ☐ Tachypnée ☐ NSP ☐ Autre :			
Neurologiques : Ataxie ☐ Parésie ☐ Tremblements ☐ Agressivité ☐ Cécité ☐ Tourne en rond ☐ Autre :			
Digestifs : Ptyalisme ☐ Bouses normales ☐ Diarrhée ☐ Constipation ☐ Inrumination ☐ Météorisation ☐ NSP ☐ Autre :			
Locomoteurs : Boiterie ☐ NSP ☐ Autre :			
Muq. Oculaires : Normales ☐ Congestives ☐ Pâles ☐ Ictériques ☐ Violacées ☐ Avec pétéchies ☐ Larmolement ☐ NSP ☐ Autre :			
Muq. Buccales : Normales ☐ Congestives ☐ Pâles ☐ Ictériques ☐ Violacées ☐ Avec pétéchies ☐ Ulcérations ☐ NSP ☐ Autre :			
Urinaires : Urines normales ☐ Hématurie ☐ Hémoglobinurie ☐ Urines mousseuses ☐ NSP ☐ Autres :			
Reproducteurs : Avortement ☐ Non-délivrance ☐ NSP ☐ Autres :			
Suspicion : Anaplamose ☐ Babésiose ☐ FCO ☐ MHE ☐ Lepto ☐ NSP ☐ Autre :			

Autres symptômes ou lésions observés ou décrits par l'éleveur	
Examen complémentaires et résultats	

CR AUTOPSIE (s'il y a lieu)

Tiques présentes :	Oui ☐ Non ☐
Aspect extérieur :	ALMID* ☐
Cavité abdominale et tractus digestif :	ALMID* ☐
Cavité pleurale, cœur et poumons :	ALMID* ☐
Tractus urogénital :	ALMID* ☐
Appareil locomoteur :	ALMID* ☐
Autres lésions :	ALMID* ☐

*ALMID : aucune lésion macroscopique d'intérêt diagnostic

Conservation : Tubes de sang, urines, prélèvements d'organes : froid	
Envoi : Prélèvements et DAP à remettre au coursier du LDA 974 qui transmettra au laboratoire du CIRAD	
Cadre réservé au laboratoire	ID Laboratoire :
Date de réception :	Date d'analyse :
N° d'enregistrement de la demande :	N° rapport d'essai :

Annexe 3 : Pondération de la sévérité des signes cliniques rapportés par les vétérinaires praticiens de La Réunion sur les documents d'accompagnement de prélèvements.

Signes cliniques	Coefficient de pondération
Mort	70
Ataxie, autres troubles neurologiques	25
Hémoglobininurie	20
Ulcérations des muqueuses, ptyalisme, anémie ou ictère	10
Avortement, pétéchies des muqueuses	8
Abattement, anorexie, déshydratation, muqueuses congestives	6
Hyperthermie (fièvre)	5
Hématochézie, tachycardie, tachypnée	4
Diminution de la production laitière, diarrhée	3
Hypomotilité du rumen, constipation	2
Lymphadénomégalie, amaigrissement chronique, boiterie, retard de croissance	1

Annexe 4 : Résultats de l'analyse en composantes principales pour les groupes 1, 2, 3 et 4 de bovins caractérisés selon leurs signes cliniques et leurs résultats RT-qPCR.

\$'1'	v.test	Mean	in category	Overall mean	sd	in category	Overall sd	p.value
Mort	9.202540	0.7857143	0.34645669	0.4103259	0.4758408	3.495859e-20		
Avortement	2.626318	0.1607143	0.08661417	0.3672672	0.2812688	8.631406e-03		
Am_Bbovis	2.210589	0.3214286	0.22834646	0.4670249	0.4197670	2.706430e-02		
Am_EHDV	-2.018158	0.0000000	0.03937008	0.0000000	0.1944738	4.357479e-02		
Am_Bbovis_Bbigemina	-2.219898	0.0000000	0.04724409	0.0000000	0.2121605	2.642568e-02		
Hemoglobinurie	-2.219898	0.0000000	0.04724409	0.0000000	0.2121605	2.642568e-02		
Diarrhee	-2.407734	0.0000000	0.05511811	0.0000000	0.2282107	1.605187e-02		
Muq_congestives	-2.584768	0.0000000	0.06299213	0.0000000	0.2429488	9.744445e-03		
Hypomotilite_rumen	-3.069852	0.0000000	0.08661417	0.0000000	0.2812688	2.141648e-03		
Deshydratation	-3.069852	0.0000000	0.08661417	0.0000000	0.2812688	2.141648e-03		
Baisse_lait	-3.220267	0.0000000	0.09448819	0.0000000	0.2925067	1.280715e-03		
Ulceres_muq	-4.051101	0.0000000	0.14173228	0.0000000	0.3487753	5.097711e-05		
Ptyalisme	-5.785798	0.0000000	0.25196850	0.0000000	0.4341433	7.216872e-09		
Tachycardie_tachypnee	-6.636530	0.0000000	0.30708661	0.0000000	0.4612856	3.211530e-11		
Abattement_anorexie	-8.853499	0.0000000	0.44094488	0.0000000	0.4965002	8.481732e-19		

\$'2'	v.test	Mean	in category	Overall mean	sd	in category	Overall sd	p.value
Ulcères_muq	9.722704	1.00000000	0.14173228	0.0000000	0.3487753	2.412872e-22		
Ptyalisme	6.807645	1.00000000	0.25196850	0.0000000	0.4341433	9.920950e-12		
Am_EHDV	5.004852	0.28571429	0.03937008	0.4517540	0.1944738	5.590501e-07		
EHDV_seul	3.553673	0.21428571	0.03937008	0.4103259	0.1944738	3.798908e-04		
Tachycardie_tachypnee	-2.018471	0.07142857	0.30708661	0.2575394	0.4612856	4.354228e-02		
Am_Bbovis	-2.149295	0.00000000	0.22834646	0.0000000	0.4197670	3.161102e-02		
Abattement_anorexie	-2.372109	0.14285714	0.44094488	0.3499271	0.4965002	1.768685e-02		
Mort	-2.876718	0.00000000	0.34645669	0.0000000	0.4758408	4.018339e-03		

\$'3'	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
Abattement_anorexie	7.642341	0.9487179	0.44094488	0.2205724	0.4965002	2.133067e-14
Tachycardie_tachypnee	4.994328	0.6153846	0.30708661	0.4865043	0.4612856	5.904109e-07
Muq_congestives	4.371856	0.2051282	0.06299213	0.4037953	0.2429488	1.231949e-05
Diarrhee	4.072421	0.1794872	0.05511811	0.3837597	0.2282107	4.652692e-05
Am_Bbovis_Bbigemina	3.754717	0.1538462	0.04724409	0.3608012	0.2121605	1.735372e-04
Ptyalisme	3.165871	0.4358974	0.25196850	0.4958738	0.4341433	1.546193e-03
Hemoglobinurie	2.851594	0.1282051	0.04724409	0.3343181	0.2121605	4.350062e-03
Avortement	-2.301143	0.0000000	0.08661417	0.0000000	0.2812688	2.138356e-02
Baisse_lait	-2.413893	0.0000000	0.09448819	0.0000000	0.2925067	1.578311e-02
Mort	-5.440810	0.0000000	0.34645669	0.0000000	0.4758408	5.303896e-08

\$'4'	v.test	Mean	in category	Overall mean	sd	in category	Overall sd	p.value
Baisse_lait	8.922858	0.66666667	0.09448819	0.4714045	0.2925067	4.544080e-19		
Hypomotilite_rumen	6.704127	0.50000000	0.08661417	0.5000000	0.2812688	2.026138e-11		
Tachycardie_tachypnee	4.654515	0.77777778	0.30708661	0.4157397	0.4612856	3.247447e-06		
Abattement_anorexie	4.625811	0.94444444	0.44094488	0.2290614	0.4965002	3.731350e-06		
Deshydratation	4.001193	0.33333333	0.08661417	0.4714045	0.2812688	6.302383e-05		
Am_seul	2.497970	0.50000000	0.25984252	0.5000000	0.4385480	1.249068e-02		
Ptyalisme	-2.063694	0.05555556	0.25196850	0.2290614	0.4341433	3.904673e-02		
Mort	-3.321204	0.00000000	0.34645669	0.0000000	0.4758408	8.962996e-04		