

INCIDENCE ET FACTEURS DE RISQUE DE LA FIEVRE Q SUR L'ILE DE LA REUNION

THESE D'EXERCICE

pour obtenir le titre de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

par

CARRIOT Oriane, Marie, Dominique

Née le 28/03/1997 à TALENCE (33)

Directeur de thèse : M. Timothée VERGNE

JURY

PRESIDENTE :

Mme Mathilde PAUL

Professeure à l'Université Paul Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :

M. Timothée VERGNE

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

M. Fabien CORBIERE

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE**

Liste des directeurs/assesseurs de thèse de doctorat vétérinaire

Directeur : Professeur Pierre SANS

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et industrie des aliments*
- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie, thérapeutique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et industrie des aliments d'origine animale*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, statistiques, modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie pathologique*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la reproduction, endocrinologie*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie médicale animale et comparée*

PROFESSEURS 1^{ère} CLASSE

- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, anatomie pathologique*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootchnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et thérapeutique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation animale*

PROFESSEURS 2^{ème} CLASSE

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des équidés et des carnivores*
- M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, imagerie médicale*
- M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles*
- M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et infectiologie*

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la reproduction*
- Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et industrie des denrées alimentaires d'origine animale*
- M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et mathématiques*
- Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
- Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*

MAITRES DE CONFERENCES CLASSE NORMALE

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **BRET Lydie**, *Physique et chimie biologiques et médicales*
- Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
- M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie, imagerie médicale*
- M. **COMBARROS Daniel**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
- Mme **DANIELS Hélène**, *Immunologie, bactériologie, pathologie infectieuse*
- Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et industrie des aliments*
- M. **DIDIMO IMAZAKI Pedro**, *Hygiène et industrie des aliments*
- M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*
- Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
- M. **FUSADE-BOYER**, *Microbiologie et infectiologie*
- Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*
- Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie, analgésie*
- M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
- Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des équidés*
- Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
- M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
- M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*
- M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire, maladies animales réglementées*
- Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

INGENIEURS DE RECHERCHE

- M. **AUMANN Marcel**, *Urgences, soins intensifs*
- M. **AUVRAY Frédéric**, *Santé digestive, pathogénie et commensalisme des entérobactéries*
- M. **CASSARD Hervé**, *Pathologie des ruminants*
- M. **CROVILLE Guillaume**, *Virologie et génomique cliniques*
- Mme **DIDIER Caroline**, *Anesthésie, analgésie*
- M. **DELPONT Mattias**, *Clinique Aviaire*
- Mme **DUPOUY GUIRAUTE Véronique**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
- Mme **GAILLARD Elodie**, *Urgences, soins intensifs*
- Mme **GEFFRE Anne**, *Biologie médicale animale et comparée*
- Mme **GRISEZ Christelle**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **JEUNESSE Elisabeth**, *Bonnes pratiques de laboratoire*
- Mme **LAYSSOL-LAMOUR Catherine**, *Imagerie Médicale*
- Mme **POUJADE Agnès**, *Anatomie pathologique Vétérinaire*
- Mme **PRESSANTI Charline**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **RAMON PORTUGAL Felipe**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
- M. **REYNOLDS Brice**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
- Mme **ROUCH BUCK Pétra**, *Médecine préventive*
- Mme **SAADA Chloé**, *Gestion intégrée de la santé des ruminants*

Remerciements

Au président de jury de thèse,

A Madame la Professeure Mathilde PAUL,

Professeure de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse ;

Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles

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

Sincères remerciements.

Au jury de thèse,

A Monsieur le Professeur Fabien CORBIERE,

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Pathologie des ruminants,

Qui a aimablement accepté de faire partie de mon jury de thèse,

Sincères remerciements.

A Monsieur le Docteur Timothée VERGNE,

Maître de Conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse ;

Maladies animales réglementées, santé publique vétérinaire

Qui a accepté d'être mon directeur de thèse et m'a grandement aidée avec la
rédaction de celle-ci,

Mes plus sincères remerciements pour votre disponibilité.

A mes encadrantes de stage et de thèse,

A Madame la Docteure Cécile SQUARZONI,

Vétérinaire épidémiologiste, coordinatrice du Partenariat Régional de recherche One Health

Qui m'a permis d'intégrer ce projet de recherche,

Sincères remerciements pour cette opportunité et pour votre accompagnement.

A Madame Sylvie AHOUSSOU,

Vétérinaire du GDS de l'île de la Réunion,

Qui m'a co-encadrée avec bienveillance et été d'une aide précieuse,

Mille mercis pour votre investissement.

A l'équipe de l'UMR ASTRE du CIRAD de Saint-Denis, La Réunion

A Marie-Anaïs ETHEVES,

Merci pour ton aide précieuse sur les analyses de laboratoire,

pour ton efficacité et ton optimisme.

A Anaëlle VARAIS,

Merci pour ton aide, ta disponibilité et ton soutien.

A Clarisse ROBERT,

Merci pour ton soutien infailible, ton aide lorsque j'en ai eu besoin et ta confiance.

A tous les autres membres de l'équipe,

Sans qui ce travail n'aurait pas été possible,

Merci de m'avoir soutenue.

Table des matières

Liste des abréviations	9
Liste des figures	10
Liste des tableaux	10
Liste des annexes	11
I. INTRODUCTION.....	12
A. Contexte du territoire.....	12
1. Un territoire insulaire.....	12
2. Populations humaines et animales.....	13
3. Un contexte sanitaire et médiatique particulier pour les filières bovines : la leucose enzootique bovine	16
4. Enjeux du territoire	18
B. Avortements dans les élevages de ruminants à la Réunion.....	19
1. Dispositif OSCAR	20
2. Le protocole OSCAR ; bilan de l'année 2022.....	21
3. Une limite de ce protocole : la sous-déclaration des avortements	22
4. Bilan de 2023 à la Réunion	23
C. La fièvre Q : généralités et état des connaissances.....	25
1. Etiologie	25
2. Hôtes et pathogénie.....	25
3. Résistance dans l'environnement.....	26
4. Situation épidémiologique dans le monde, en France et à la Réunion.....	26
5. Modalités de transmission et facteurs de risques.....	27
6. Diagnostic, traitement et prévention	28
D. Objectifs de l'étude	29
II. MATERIEL ET METHODES.....	30
A. Recrutement des partenaires et financement.....	30
1. Coopératives	30
2. Le LDA.....	30
B. Etude de séroprévalence de la fièvre Q à la Réunion.....	30
1. Echantillonnage.....	30

2.	Collecte des échantillons	31
3.	Analyses des échantillons.....	32
4.	Analyses statistiques	32
III.	RESULTATS	34
1.	Séroprévalences des anticorps à <i>C. burnetii</i>	34
2.	Facteurs de risque.....	35
IV.	DISCUSSION	38
1.	Discussion des résultats	38
2.	Limites et biais.....	44
3.	Perspectives.....	45
V.	Conclusion	47
	Annexes.....	48
	Bibliographie	55
	Résumé	64
	Abstract.....	65

Liste des abréviations

AIC : Critère d'information d'Akaike (*Akaike Information Criterion*)
ADN : Acide Désoxyribonucléique
ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
APDI : Arrêté Préfectoral de Déclaration d'Infection
ASTRE : Animal Santé Territoires Risques Écosystèmes
BVD : Diarrhée virale bovine (*Bovine Viral Diarrhea*)
C. burnetii : *Coxiella burnetii* (bactérie responsable de la fièvre Q)
CDC : Centres pour le contrôle et la prévention des maladies (*Centers for Disease Control and Prevention*), organisme américain
CFT : Test de fixation du complément
CIRAD : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
Complexe ASPW : Abortion, Stillbirth, Perinatal Mortality and Weak Offspring (avortement, mortinatalité, mortalité périnatale et progéniture faible)
DAAF : Direction de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt
DAP : Document d'accompagnement à la prophylaxie
DGAL : Direction Générale de l'Alimentation
DO : Densité optique
ELISA : *Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay* (technique immunologique pour détecter des anticorps/antigènes)
ESA : Épidémiosurveillance en Santé Animale
FEADER : Fonds européen agricole pour le développement rural
GDS : Groupement de Défense Sanitaire
IC95% : Intervalle de confiance à 95 %
IFA : Immunofluorescence indirecte (*Indirect Fluorescence Assay*)
INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques
LBE : Leucose bovine enzootique
LDA : Laboratoire Départemental d'Analyses
LPS : Lipopolysaccharide
LSA : Loi de Santé Animale
LVD : Laboratoire Vétérinaire Départemental
OSCAR : Observatoire et Suivi des Causes d'Avortements des Ruminants
OVICAP : Coopérative Ovins et Caprins
PCR : Réaction en chaîne par polymérase
SICA REVIA : Société d'Intérêt Collectif Agricole - Réunion Viandes
SICALAIT : Société d'Intérêt Collectif Agricole pour la production laitière
UMR : Unité mixte de recherche

Liste des figures

Figure 1 : Carte physique de la Réunion.....	12
Figure 2 : Répartition géographique des différents secteurs agricoles à l'île de la Réunion	14
Figure 3 : Evolution du statut des élevages de bovins dans le plan d'assainissement LBE (2020) APP : Assainissement Avec Positif ; ASP : Assainissement Sans Positif ; ECQ : En Cours de Qualification ; OI : Officiellement Indemne. Source : Dr Felix Jolivet, vétérinaire de la DAAF de la Réunion	18
Figure 4 : fréquence de détection des différents agents pathogènes abortifs mis en évidence lors des protocoles OSCAR réalisés à l'île de la Réunion Source : Sylvie Ahoussou, GDS Réunion	24
Figure 5 : Répartition des taux de prévalence intra-troupeau dans les élevages positifs à la fièvre Q	34

Liste des tableaux

Tableau 1 : Grille d'interprétation des résultats de protocole OSCAR pour les bovins et les petits ruminants Source : plateforme ESA	21
Tableau 2 : imputabilité des différents agents pathogènes dans les séries abortives enregistrées en atelier bovin au cours de l'année 2022. Source : plateforme ESA	22
Tableau 3 : Séroprévalence de la fièvre Q au niveau des troupeaux et analyse univariée (test du Chi ² ou test de Fisher) des différents facteurs de risque potentiels de séropositivité.	35
Tableau 4 : Analyse de régression logistique multivariée des facteurs de risque associés à la positivité du troupeau à <i>C. burnetii</i>	36

Liste des annexes

Annexe 1 : Les différentes filières d'élevage de ruminants à La Réunion, chiffres clés - la filière bovin viande.....	48
Annexe 2 : Les différentes filières d'élevage de ruminants à La Réunion, chiffres clés - la filière bovin lait.....	49
Annexe 3 : Les différentes filières d'élevage de ruminants à La Réunion, chiffres clés - la filière ovins et caprins	50
Annexe 4 : Répartition géographique des départements engagés dans le dispositif Oscar en 2022 en élevages bovins (23 départements engagés) et en élevages ovins et caprins (20 départements), soit 26 départements au total engagés pour une ou plusieurs espèces de ruminants domestiques	51
Annexe 5 : Plaquette de présentation du dispositif OSCAR.....	51
Annexe 6 : Plaquette de présentation du protocole aux coopératives - CIRAD UMR-Astre - 2024	54

I. INTRODUCTION

A. Contexte du territoire

1. Un territoire insulaire

L'île de la Réunion est une île volcanique française située dans l'Océan Indien, 800 km à l'Est de Madagascar. Elle a une superficie de 2512 km² et est composée de deux grands massifs montagneux : l'ancien volcan actif, le massif du Piton des Neiges, entouré de trois cirques qui occupent les deux tiers Nord-Ouest de l'île, et le Piton de la Fournaise, volcan actif, qui occupe quant à lui le tiers Sud-Est de l'île.

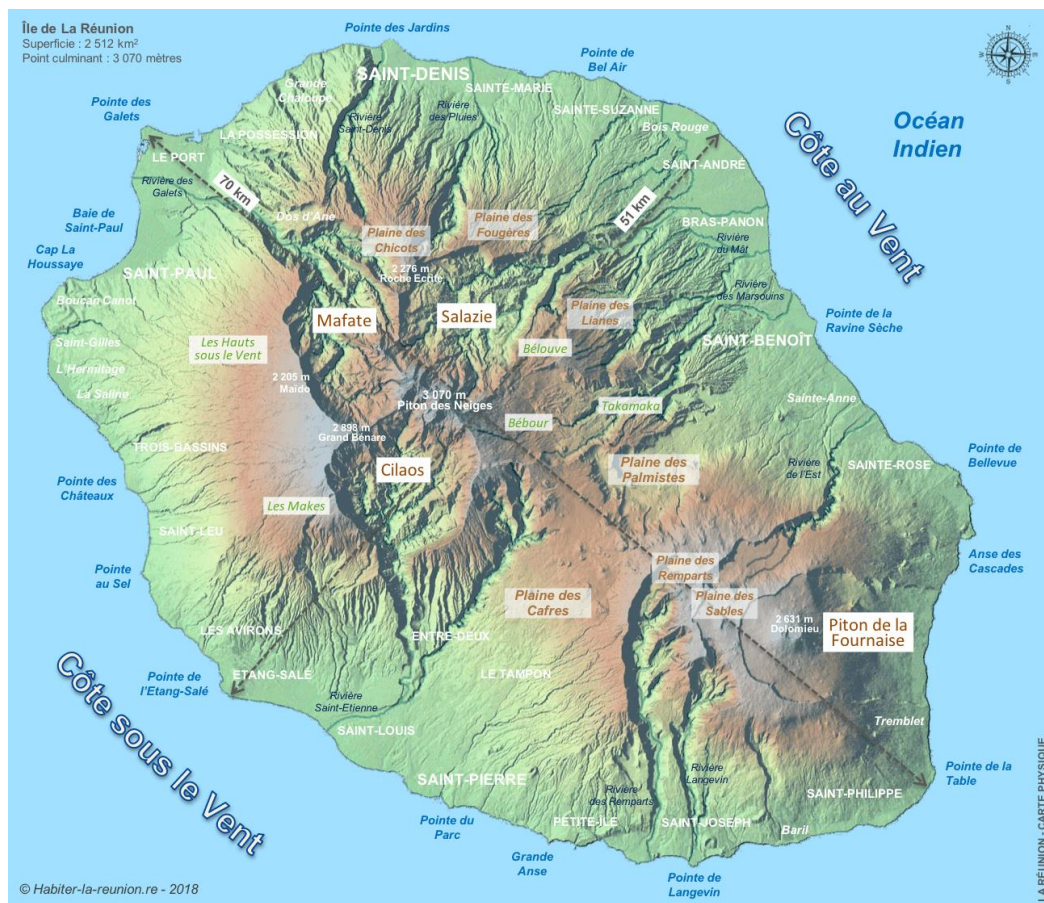


Figure 1 : Carte physique de la Réunion

Source : Géographie de la Réunion (<https://habiter-la-reunion.re/geographie-de-la-reunion/>)

De fait, les côtes de l'île sont exposées au vent de manière différente ; la côte Est reçoit les alizés qui apportent les pluies, et la côte Ouest, abritée par le relief est plus sèche. On nomme la côte Est la « côte au vent » et la côte Ouest la « côte sous le vent » (figure 1). L'île est également exposée à des phénomènes cycloniques présents dans le Sud-Ouest de l'océan Indien du 15 novembre au 30 avril (Portail Géorisques, dossier expert). A la Réunion, le risque de cyclone est plus important en

janvier et février, lors de l'été austral. Ces phénomènes exposent l'île à des vents pouvant parfois aller jusqu'à 200 km/h.

Le vent peut intervenir dans la transmission de certains agents infectieux, notamment dans le cas des maladies à transmission aérienne ou de maladies vectorielles. Une étude a par exemple mis en évidence le transport par le vent de plusieurs spores de champignons comme les *Candida* (Rodó et al. 2014). Un transport par le vent est également possible pour des agents infectieux pouvant survivre dans l'environnement sous une forme de pseudo-spores, comme c'est le cas pour l'agent causal de la fièvre Q, *Coxiella burnetii* (Nusinovici et al. 2017), pour lequel le transport par le vent a clairement été mis en évidence dans plusieurs épidémies humaines, notamment celle qui a eu lieu aux Pays-Bas en 2007 (Dijkstra et al. 2012).

Le vent peut aussi participer au transport de vecteurs de maladies, tels que les moustiques et les culicoïdes. Pour ces derniers, des hypothèses quant à leur transport par le vent sur de longues distances ont été étudiées à la suite d'émergence de maladies (Durr, Graham, van Klinken 2017). Une hypothèse semblable a été formulée sur le peuplement de l'île de la Réunion par les moustiques, probablement favorisé par les vents dominants tels que les alizés et la présence récurrente de cyclones. Ce transport passif aurait d'ailleurs pu être à l'origine de l'épidémie de paludisme qu'a connu l'île au milieu du XIXe siècle (Bousses, Dehecq, Fontenille 2021). Plus récemment, une étude datant de 2014 menée à la Réunion rejoint la littérature concernant la fièvre Q en mettant en évidence l'exposition aux vents dominants comme un facteur de risque de contamination d'un élevage (Cardinale et al. 2014). Il est donc possible que le risque infectieux soit différent en fonction de l'exposition au vent sur le territoire.

2. Populations humaines et animales

D'après l'INSEE, 871 200 personnes résident à la Réunion au 1^{er} janvier 2021. Une estimation récente fait état de 885 700 habitants en janvier 2024. Du fait de la topographie de l'île, la population est concentrée sur le littoral avec 80% des habitants vivant entre 0 et 400m d'altitude.

L'île de la Réunion fait face à une problématique d'errance animale. En 2018, une étude a été réalisée par la commune de Saint-Paul sur la population canine. Il y aurait 222 800 chiens appartenant à un propriétaire, dont 30 900 chiens divagants. Une analyse statistique a aussi été réalisée sur les chiens en liberté dans l'espace public et estime qu'ils seraient en moyenne 73 000. Si on soustrait les chiens divagants, il resterait donc 42 100 chiens errants sans propriétaire (EPLEFPA-CFPPA de Saint-Paul 2018).

Concernant les ruminants, près de 23 500 bovins ont été recensés en mars 2024, ainsi qu'environ 30 000 chèvres et 2000 moutons. L'agriculture réunionnaise se caractérise par un modèle d'exploitation familial qui perdure (DAAF 2014), avec près

de 1 100 éleveurs de caprins et environ 800 éleveurs de bovins indépendants avec pour la grande majorité moins de 10 animaux.

En termes de répartition, les élevages de petits ruminants sont répartis sur toute l'île, dont certains en zone péri-urbaine. Les deux principales zones d'élevage où l'on trouvera la plus grande densité de ruminants sont les hauts de l'Ouest et la Plaine des Cafres, au sud de l'île, où l'on trouvera 20,4% des élevages bovins de l'île (figure 1). Les plus gros élevages font pour la plupart partie de coopératives (données du GDS Réunion).

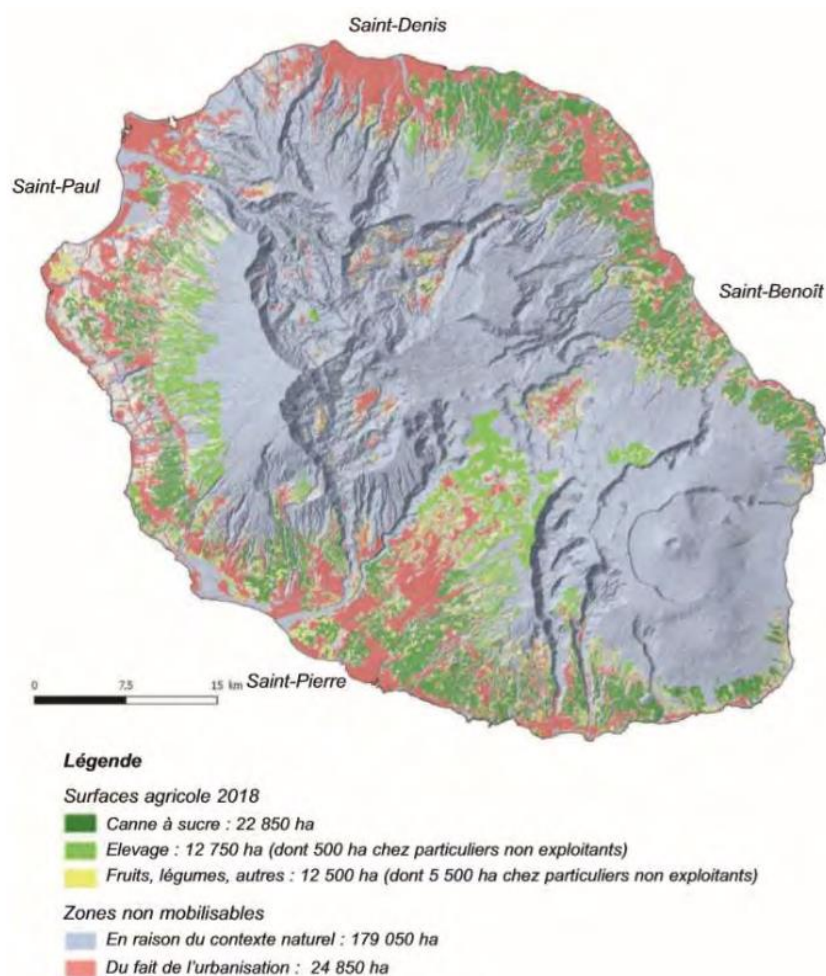


Figure 2 : Répartition géographique des différents secteurs agricoles à l'île de la Réunion
Zones d'élevage en vert clair. Source : Statistiques Agricoles Annuelle -DAAF (2018)

- Filière bovins allaitants

La SICA REVIA (Société d'Intérêt Collectif Agricole REunion VIAnde) est la coopérative de bovins allaitants. Elle regroupe un peu plus de 300 éleveurs en 2024, dont environ 230 éleveurs naisseurs et 90 éleveurs engraisseurs (*La SICA REVIA*, consulté en juillet 2024). La taille moyenne des cheptels est de 31 vaches allaitantes et les éleveurs adhérents à la coopérative assurent 94% de la production locale, contre

6% pour les éleveurs indépendants qui ont une taille moyenne de cheptels de 5 animaux (Annexe 1). La filière bovin viande couvre, en 2018, 48% des besoins en frais et 24% des besoins globaux en prenant en compte les produits congelés et transformés (Darras, Bosc, Mialet-Serra 2018). La coopérative est dans une dynamique de croissance, avec une volonté d'amélioration de la productivité afin d'approvisionner davantage le marché local en viande bovine. La filière est cependant confrontée à plusieurs problématiques ; malgré une forte demande, l'extension des élevages au sud de l'île est limitée par les quotas de productions et la gestion des effluents d'élevage qui y est déjà très compliquée (Darras, Bosc, Mialet-Serra 2018). En effet, les éleveurs produisent du lisier en excès et n'ont pas les surfaces d'épandage suffisantes ni même les cultures adaptées. L'alimentation des animaux constitue également un point important du développement des filières, l'élevage réunionnais dépendant fortement des importations d'aliment, manquant de ressources fourragères (Darras, Bosc, Mialet-Serra 2018). Enfin, depuis 2019, la coopérative s'est lancée dans un programme de production de reproducteurs de qualité favorisant la génétique départementale afin de limiter l'importation de reproducteurs. A l'aide d'une ferme coopérative, la SICAREVIA reçoit des veaux d'un mois de la part de 40 élevages sélectionneurs, les élève jusqu'à 8 ou 9 mois et les redistribue à certains de leurs éleveurs engraisseurs rencontrant des difficultés à effectuer leur propre renouvellement. Cette stratégie de renouvellement s'inscrit également dans un contexte sanitaire visant à assainir le territoire en leucose bovine enzootique (LBE), après un scandale médiatique ayant affecté la filière (voir section 3). Dans ces ateliers de production de génisses de renouvellement, les animaux sont testés pour la LBE lors de contrôles aux mouvements et réformés si positifs. Depuis 3 ans, la coopérative fait aussi des contrôles aux mouvements pour la néosporose, une maladie parasitaire provoquant des avortements.

- *Filière bovins laitiers*

La SICALAIT (Société d'Intérêt Collectif Agricole LAIT) est la coopérative de bovins laitiers (*La SICALAIT*, consulté en juillet 2024). En 2024, il y a 49 éleveurs de bovins laitiers recensés sur l'île, et tous font partie de la SICALAIT. Selon les chiffres de 2018, la taille moyenne des élevages est de 40 bovins avec une production annuelle de 18,2 millions de litres de lait. Cette production couvrirait 96% des besoins en lait frais et 40% des besoins globaux en prenant en compte les produits frais, congelés et transformés (Annexe 2). Il y a néanmoins une baisse du nombre d'éleveurs depuis 2018 puisqu'il y avait 68 éleveurs laitiers contre 49 aujourd'hui. Cela s'explique par les nombreuses difficultés que rencontre la filière : le développement des structures en place et l'installation de nouveaux producteurs sont limités par le manque de foncier, le modèle d'exploitation intensif présente des fragilités sur les plans économiques (coûts d'investissements élevés), environnementaux (plan d'épandage) et sanitaires (assainissement LBE). Pour ce dernier point, la coopérative a également mis en place une ferme visant à fournir des génisses prêtes à vêler (âgées de 2 ans) indemne de leucose à ses éleveurs.

- *Filière ovins et caprins*

OVICAP est la coopérative de petits ruminants, avec environ 70 éleveurs d'ovins et 30 éleveurs de caprins adhérents (DAAF 2019). La taille moyenne des cheptels est de 30 chèvres mères et 120 brebis mères pour les élevages en coopérative qui couvrent 2,6% des besoins de l'île. Les éleveurs indépendants, estimés à plus de 1000 pour les caprins et une centaine pour les ovins ont des cheptels de 8 caprins et 15 brebis en moyenne. Les produits de ces derniers sont destinés à la consommation familiale ou vendus pour la tradition culturelle (Annexe 3). Cette filière rencontre de nombreuses difficultés techniques et commerciales (Darras, Bosc, Mialet-Serra 2018), mais il existe un important manque d'informations dû aux difficultés d'encadrement et de traçabilité des éleveurs indépendants.

3. Un contexte sanitaire et médiatique particulier pour les filières bovines : la leucose enzootique bovine

Eradiquée en France métropolitaine en 1999 (Commission Européenne 1999), la leucose bovine enzootique (LBE), une maladie virale touchant les bovins, reste endémique sur l'île de la Réunion. Cette maladie avait fait l'objet de mesures de lutte en France métropolitaine pour maintenir un statut sanitaire indemne de LBE nécessaire pour l'exportation d'animaux vivants. La situation à la Réunion est différente à ce moment-là ; la LBE est enzootique avec un taux de prévalence dans les élevages laitiers qui serait supérieur à 70%. De plus, l'île n'exporte pas d'animaux vivants. Dans ce contexte, la Réunion obtient en 2007 une dérogation de la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) aux mesures de prophylaxie applicables en métropole. La DGAL demande également à l'ANSES de mesurer l'impact de la LBE sur le territoire.

En 2015, l'ANSES publie un avis sur la situation sanitaire des départements d'outre-mer vis-à-vis de la leucose bovine ; le fort taux de prévalence des élevages laitiers et la présence de vecteurs de type stomoxes sur le territoire ne permettent pas d'espérer une éradication de la LBE sur le territoire (ANSES 2015). En l'absence d'exportation de bovins et d'impact sanitaire avéré sur les élevages, cet avis va donner lieu à un arrêté préfectoral ; la leucose bovine n'est plus réglementée sur l'île de la Réunion (Légifrance 2015). Mais cette décision ne fait pas l'unanimité auprès des médias, donnant lieu à des articles à scandale. On peut par exemple le constater avec cet extrait d'un article paru un mois après cette décision :

« La France est reconnue officiellement indemne de leucose bovine enzootique chez les bovins depuis 1999... Mais à La Réunion où la filière, par appât du gain, n'a jamais mis en œuvre de réelle prophylaxie de cette affection des bovins, avec la complicité de l'Etat et de ses services, 90% des troupeaux sont touchés et 70% des animaux sont séropositifs ; selon des chiffres datant de 2006 et qui n'ont jamais été mis à jour. » (IMAZ Press 2015).

Cet acharnement médiatique a fini par créer une réelle controverse autour de cette maladie en 2018, lorsque des révélations ont été faites sur la contamination de nombreux élevages de l'île. En effet, selon les chiffres divulgués par la Direction de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt (DAAF), 81% des vaches laitières auraient été positives ainsi que 14% des vaches allaitantes. L'inquiétude de la population s'est renforcée lorsque les médias ont révélé l'existence de recherches indiquant la présence de l'ADN de ce virus dans des tumeurs du sein chez la femme (Baltzell et al. 2018), soulevant des questions sur un éventuel risque zoonotique en consommant des produits d'origine bovine. Cette situation a conduit à des critiques de la gestion de la maladie par les autorités sanitaires, notamment en ce qui concerne la communication auprès du public et les mesures prises pour assainir le territoire. Cet événement a affecté la filière bovine réunionnaise, impactant négativement la consommation de viande bovine locale et entraînant la méfiance de la population.

Malgré les démentis de scientifiques comme dans cet article qui souligne que ces études sont non concluantes — la prévalence de cancers du sein n'étant pas plus élevée aux Etats-Unis où un tiers des élevages sont infectés qu'en Europe qui est indemne de leucose bovine — l'association des consommateurs demande l'éradication de la maladie sur le territoire par principe de précaution (UFC-Que Choisir 2019). La population n'est pas rassurée et a diminué sa consommation de viande locale par deux, selon cet article, privilégiant l'achat de viande importée. La prophylaxie de la LBE a donc été rendue obligatoire en 2018 pour tous les bovins de plus de 12 mois puis un « plan zéro Leucose » a été annoncé en 2019 dans le département de la Réunion à la suite d'une visite du Président de la République. Le plan d'assainissement a été activé le 1^{er} juillet 2020 et était prévu sur une période de 4 ans, prenant normalement fin le 30 juin 2024 (DAAF).

Le plan d'assainissement prévoit la réforme de bovins porteurs de LBE. Après la réforme du dernier bovin connu positif et après une période de 2 mois, l'élevage dépiste tous ses bovins de plus de 12 mois. Si ce premier contrôle est favorable, un 2^e dépistage est réalisé 6 mois après la réforme du dernier bovin positif, et si aucun nouveau cas n'est détecté, l'élevage devient officiellement indemne (figure 3). Cet assainissement place l'élevage sous Arrêté Préfectoral de Déclaration d'Infection (APDI) entraînant notamment des restrictions de mouvements d'animaux.

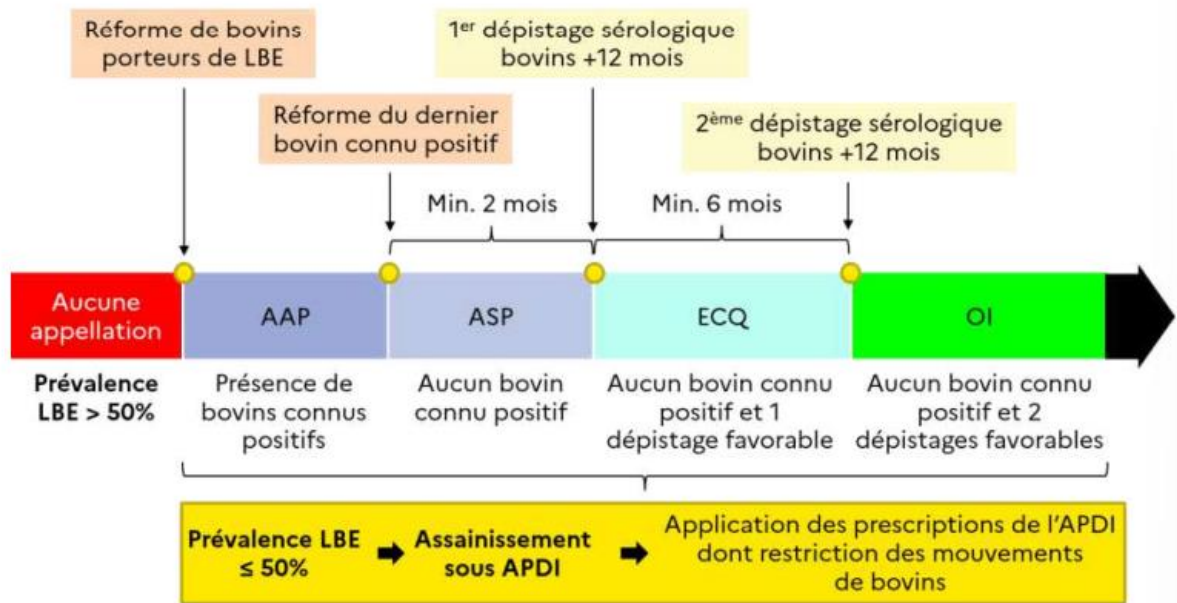


Figure 3 : Evolution du statut des élevages de bovins dans le plan d'assainissement LBE (2020)
 APP : Assainissement Avec Positif ; ASP : Assainissement Sans Positif ; ECQ : En Cours de Qualification ; OI : Officiellement Indemne. Source : Dr Felix Jolivet, vétérinaire de la DAAF de la Réunion

Le plan d'assainissement représente une contrainte sanitaire importante pour les éleveurs et les coopératives, notamment pour la filière laitière du fait d'une prévalence initiale plus élevée qu'en filière allaitante et de la crainte de la perte de capacité de production en réformant les femelles positives. Un bilan réalisé fin 2023 fait état de résultats encourageants avec 16,3% de prévalence troupeau en 2023 contre 47,4% en 2018 et 16,4% de prévalence bovin en 2023 contre 34,5% en 2018 (DAAF). Seulement, plus de 80% des bovins porteurs du virus de la LBE en novembre 2023 appartiennent à la filière laitière dans laquelle plus de la moitié des troupeaux ont toujours une prévalence supérieure à 60% (DAAF).

Malgré ce bilan encourageant, il est apparu nécessaire de prolonger le plan « zéro Leucose » sur une période de 3 ans. Après les conséquences économiques du scandale médiatique, et malgré les stratégies de renouvellement proposées par les coopératives en soutien, le plan d'assainissement en cours est un contexte sanitaire compliqué pour les éleveurs, ce qui peut participer à une certaine réticence quant à la surveillance sanitaire d'autres maladies, comme les maladies abortives ou zoonotiques.

4. Enjeux du territoire

Avec ses populations humaines et animales denses et concentrées au niveau du littoral (figure 2), dont au moins 100000 carnivores domestiques en état d'errance ou de divagation, on comprend facilement que les enjeux sont multiples.

Concernant les carnivores domestiques, il y a les enjeux liés à la sécurité (morsures, présence d'animaux sur la voie publique). Il y a également un impact économique avec les attaques de chiens sur troupeaux et l'impact sur le tourisme. L'errance et la divagation animale ont également un impact sur l'environnement, même si l'impact sur la faune sauvage est difficilement quantifiable à la Réunion. Enfin, il y a un important enjeu sanitaire, avec notamment le rôle de réservoir des carnivores domestiques dans certaines zoonoses. Sur le territoire, on citera notamment la gale, la teigne et la toxocarose, et certaines zoonoses avec des conséquences plus graves, comme la toxoplasmose et la leptospirose. Le dernier et principal enjeu sanitaire de la circulation de carnivores domestiques est lié au risque d'introduction de rage sur le territoire, déjà endémique à Madagascar, qui entraînerait des conséquences dramatiques au vu des populations humaines et canines de l'île (EPLEFPA-CFPPA de Saint-Paul 2018). Mais au-delà des zoonoses, les carnivores domestiques peuvent aussi jouer un rôle de réservoir pour certaines maladies de ruminants comme la néosporose et la fièvre Q, et constituent donc un réel enjeu pour la filière agricole et l'élevage.

Concernant les filières d'élevage, les pratiques d'élevage traditionnel constituent un enjeu sanitaire important, notamment en petits ruminants. Malgré un manque de données à ce sujet, les professionnels de terrain rapportent une traçabilité parfois inexistante, particulièrement pour les caprins. On peut supposer qu'il en découle un manque de sensibilisation et donc de surveillance vis-à-vis des maladies zoonotiques liées à l'élevage de ruminants. Les filières bovines sont quant à elles inscrites dans des dynamiques d'augmentation de leur rendement mais le contexte sanitaire et médiatique autour de la leucose bovine enzootique les a affectées. Enfin, toujours malgré un manque de données, les éleveurs et les coopératives bovines semblent rencontrer des problématiques d'avortements, ce qui engendre des pertes économiques et de productivité, et bien sûr un enjeu sanitaire.

B. Avortements dans les élevages de ruminants à la Réunion

Les avortements constituent des évènements sanitaires importants au sein des élevages de ruminants, d'une part car ils constituent des pertes économiques pour les éleveurs, d'autre part car ils constituent un signe d'alerte de la présence possible de zoonoses majeures. Lorsqu'un éleveur constate un avortement, il est tenu de le signaler à son vétérinaire sanitaire afin que celui-ci réalise un prélèvement sur l'animal ayant avorté pour la recherche de la brucellose. La brucellose est une maladie réglementée de catégorie BDE selon la Loi de Santé Animale (LSA) entrée en vigueur en 2021. La classification BDE indique une obligation de déclaration, de surveillance, de prévention, de certification et d'éradication, notamment car il s'agit d'une zoonose grave pour l'Homme. La France en est indemne depuis 2005 mais des foyers en

Haute-Savoie en 2012 (2 foyers) et 2021 (1 foyer) incitent à maintenir la surveillance de cette maladie lors d'avortements (Ministère de l'Agriculture 2023).

1. *Dispositif OSCAR*

En France hexagonale depuis plusieurs années, la plateforme ESA (plateforme nationale d'Epidémiosurveillance en Santé Animale, <https://www.plateforme-esa.fr/fr>) a mis en place un Observatoire et Suivi de la Cause des Avortements des Ruminants (OSCAR). Ce dispositif avait pour premier objectif de proposer un protocole national harmonisé autour des diagnostics différentiels des avortements. Ce protocole a vu le jour en 2016 et a été déployé à partir de 2017 dans les départements volontaires (Plateforme ESA 2021).

Le principe du protocole OSCAR repose sur une collecte systématique de données auprès des éleveurs lorsque des cas d'avortements en série sont signalés. Ces données incluent des informations sur les conditions d'élevage, l'historique sanitaire des troupeaux, ainsi que des échantillons biologiques prélevés sur les animaux ayant avortés et sur certains de leurs congénères. Les échantillons sont analysés en laboratoire pour identifier les agents pathogènes responsables d'avortements, qu'ils soient d'origine virale, bactérienne ou parasitaire. Les résultats obtenus sont ensuite centralisés dans une base de données nationale, ce qui permet une surveillance accrue des causes d'avortements dans le temps dans les départements volontaires. Grâce à cette surveillance continue, les autorités sanitaires et les vétérinaires peuvent adapter leurs stratégies de prévention, renforcer les mesures de biosécurité et mettre en place des actions spécifiques pour limiter la propagation des maladies au sein des troupeaux. Certaines de ces maladies étant zoonotiques, ce dispositif permet aussi d'améliorer la protection de la santé publique.

Le protocole OSCAR peut être déclenché lors d'avortements en série uniquement. Chez les bovins, on parlera d'avortements en série lorsqu'il y a au moins 2 avortements en moins de 30 jours, ou au moins 3 avortements en 9 mois, quelle que soit la taille du troupeau. Chez les petits ruminants, on considèrera une série d'avortements lorsqu'il y a au moins 3 avortements en une semaine, ou sur 3 mois, au moins 4% d'avortements sur un lot de moins de 250 femelles ou 10 avortements sur un lot supérieur à 250 femelles.

Lors de l'intervention du vétérinaire, celui-ci devra réaliser prélèvement de sang dans un tube sec et 1 à 3 écouvillons endocervicaux sur chaque animal ayant avorté, ainsi qu'un tube sec sur 6 vaches du même lot ou 10 femelles pour les petits ruminants. Dans la mesure du possible, il faudra également réaliser des prélèvements sur le placenta et l'avorton (Annexe 4).

Pour les bovins, la néosporose, la BVD et la fièvre Q seront systématiquement recherchées, ainsi que la brucellose qui est obligatoire pour chaque avortement si cela n'a pas été fait antérieurement. Pour les petits ruminants, les maladies

systématiquement recherchées, en plus de la brucellose, seront la fièvre Q, la chlamydie et la toxoplasmose. Selon le contexte épidémiologique et clinique, le vétérinaire ou l'éleveur pourra demander la recherche de pathogènes abortifs supplémentaires. Pour l'interprétation des résultats, une gradation des niveaux d'imputabilité des séries d'avortements aux différents pathogènes recherchés a été définie (tableau 1).

L'Etat prend en charge le déplacement, la visite, les prélèvements et les analyses pour la recherche de la brucellose. Des aides financières de la part des GDS peuvent être apportées à l'éleveur pour le reste ; à la Réunion par exemple, le GDS prend en charge toutes les analyses.

Tableau 1 : Grille d'interprétation des résultats de protocole OSCAR pour les bovins et les petits ruminants
Source : plateforme ESA

Niveau d'imputabilité	Signification diagnostique
"Peu probable" (≈0)	On considère que l'épisode abortif n'est pas lié à l'agent étiologique recherché.
"Possible" (++)	On considère qu'il est possible, mais pas de façon certaine, que l'épisode abortif soit lié à l'agent étiologique recherché. L'interprétation des résultats est à faire en fonction des autres résultats du DDA.
"Forte" (+++)	On considère que l'épisode abortif est lié à l'agent étiologique recherché.
"Non conclusif"	On considère que les résultats d'analyses ne permettent pas de conclure et notamment d'exclure l'imputabilité de l'épisode abortif à l'agent étiologique correspondant. Des investigations complémentaires sont à mener, en prenant en compte les résultats des premières investigations et notamment l'obtention d'un niveau d'imputabilité ++ ou +++ pour une ou plusieurs autres infections.

2. Le protocole OSCAR ; bilan de l'année 2022

En 2023, la plateforme ESA publie un bilan de fonctionnement du dispositif (PLATEFORME ESA 2023). Cette année-là, 26 départements étaient engagés dans le

dispositif OSCAR. Sur les 26 départements, 23 d'entre eux ont eu des séries abortives investiguées avec des données saisies jugées conformes (Annexe 5). En atelier bovin, 849 dossiers de séries abortives ont été jugés conformes et analysés. Parmi ces dossiers, 73,6% concernaient des élevages laitiers, 19,0% des élevages allaitants et 7,4% des élevages mixtes. Le taux d'élucidation, soit la proportion de dossier qui a conduit à une imputabilité « forte » ou « possible » est de 43,7%, et la néosporose est la cause infectieuse la plus fréquemment retrouvée, suivie de la fièvre Q (tableau 2).

Tableau 2 : imputabilité des différents agents pathogènes dans les séries abortives enregistrées en atelier bovin au cours de l'année 2022. Source : plateforme ESA

	Imputabilité (% ou n/N)				
	Forte	Possible	Peu probable	Non conclusif	Non conforme
Néosporose (recherche systématique, n=849 diagnostics entrepris)	8,2	9	72,2	8,6	1,5
	17,2				
BVD (recherche systématique, n=849 diagnostics entrepris)	0,6	3,7	71,7	20,5	3,5
	4,2				
Fièvre Q (recherche systématique, n=849 diagnostics entrepris)	2,7	7,5	65,8	19,3	4,6
	10,2				

La plateforme ESA souligne que ces résultats restent uniquement descriptifs car ils proviennent d'une surveillance événementielle et non d'un échantillon représentatif, ce qui implique qu'ils ne sont pas extrapolables à la France entière. Il y a également une grande variabilité vis-à-vis du nombre de données saisies selon le département ou la zone géographique, ainsi qu'une forte variabilité quant à l'implication de certains agents pathogènes abortifs entre les départements (PLATEFORME ESA 2023).

3. Une limite de ce protocole : la sous-déclaration des avortements

Ce protocole de surveillance des causes infectieuses d'avortements chez les ruminants domestiques est basé sur de la surveillance événementielle, c'est-à-dire la déclaration de l'avortement par l'éleveur ou son vétérinaire sanitaire. Pourtant, plusieurs études ont déjà mis en évidence une importante sous-déclaration de ces avortements. L'une d'entre elle a par exemple évalué la sensibilité de cette surveillance d'environ 34%, soit seulement un tiers d'éleveurs qui déclareraient les avortements, et que cette sensibilité était plus élevée dans les élevages de bovins laitiers que dans les

élevages d'allaitants (Bronner et al. 2013). Cette même étude française estime que la proportion de sous-déclaration peut également être sous-estimée.

Afin d'améliorer le système de surveillance, une étude a été menée afin d'investiguer les causes possibles de ces sous-déclarations. Ainsi, Bonner et al. (2014) mettent en évidence 4 thèmes principaux influençant la décision de déclarer un avortement. Le premier est que le risque lié à la brucellose est perçu comme négligeable depuis son éradication du territoire en 2005, tout comme le risque lié à d'autres maladies abortives. Deuxièmement, la définition d'un avortement est moins sensible que la définition obligatoire ; en effet, la naissance d'un veau mort-né ou la mortalité d'un veau dans les 48h suivant la mise-bas sont rarement considérés comme des avortements, et les avortements précoces sont souvent considérés comme un échec de fécondation. De plus, l'avortement est considéré comme normal par les éleveurs tant qu'il reste sporadique. Le troisième thème concerne la perception qu'ont les éleveurs et les vétérinaires des coûts et des avantages liés à la déclaration d'un avortement. Ainsi, l'aspect économique lié au coût des analyses peut induire une réticence à déclarer un avortement, tandis que la possibilité d'identifier la cause infectieuse d'un avortement à l'aide d'un diagnostic différentiel motive la déclaration. Enfin, les facteurs sociaux ont également une influence : il a été montré que les conséquences d'un résultat positif, le manque de communication et d'informations sur les résultats de la surveillance et le manque de confiance de l'éleveur envers son vétérinaire sanitaire (souvent lié à des diagnostics antérieurs non concluants) ont un effet négatif sur la déclaration des avortements (Bronner et al. 2014).

En pratique, la majorité des avortements déclarés sont les avortements au dernier tiers de gestation, qui représentent 76,5% des déclarations (Bronner et al. 2013). Parmi les explications probables, il est possible que les éleveurs détectent moins fréquemment les avortements précoces, notamment dans les élevages allaitants. De plus, les avortements tardifs sont souvent perçus comme ayant un coût économique plus important en raison de la perte significative d'un veau à un stade avancé. Enfin, les éleveurs allaitants peuvent être réticents à déclarer un avortement, du fait de la difficulté de contention d'un animal au pâturage.

4. *Bilan de 2023 à la Réunion*

A la Réunion, peu de données décrivant les agents pathogènes responsables des avortements en élevage de ruminants étaient disponibles. Pour répondre aux sollicitations des éleveurs et des vétérinaires traitants et pallier ce manque d'informations, le GDS a mis en place le dispositif OSCAR en 2019, grâce au financement de la surveillance épidémiologique par le programme FEADER. Ce financement prend en charge toutes les analyses recherchant les pathogènes pouvant être impliqués dans les avortements des ruminants.

Entre 2019 et 2023, d'après un rapport de S. Ahoussou (2023), les vétérinaires de terrain ont conduit 101 dossiers de recherches de causes infectieuses des

avortements toutes espèces de ruminants confondus, ce qui montre que la Réunion ne fait pas exception quant à la sous-déclaration des avortements. Comme dit précédemment, le protocole OSCAR prévoit des prélèvements sur 6 animaux du lot de l'animal ayant avorté en élevage bovin et 10 animaux du lot en élevage de petits ruminants. En pratique, les prélèvements sur congénères n'ont pas toujours été réalisés ; deux tiers des dossiers d'investigation sont donc considérés comme incomplets. De fait, il n'est donc pas possible d'utiliser la grille d'interprétation du protocole OSCAR afin d'imputer les avortements à un agent pathogène en particulier. Parmi les hypothèses avancées pour expliquer l'absence de prélèvements sur congénères, il y a la manque de sensibilisation des acteurs de terrains vis-à-vis de ce protocole (vétérinaires et éleveurs) ainsi que la taille réduite de certains troupeaux, avec parfois un effectif de troupeau inférieur au nombre d'animaux requis, surtout en petits ruminants (Ahoussou 2023).

Les 101 dossiers réalisés permettent toutefois de mettre en évidence la présence de pathogènes abortifs dans les élevages concernés et donc sur le territoire et participent ainsi à l'effort de surveillance (Ahoussou 2023). Concernant la typologie des élevages, près de la moitié des dossiers ont été conduits en élevage bovin laitier, ce qui témoigne d'une sur-représentation puisqu'ils ne représentent qu'environ 5% des élevages bovins de l'île. Au cours de ces cinq années, 60 dossiers d'investigation ont abouti à l'identification d'au moins un agent pathogène abortif. Il est intéressant de noter qu'au moins deux agents pathogènes abortifs ont été retrouvés dans deux tiers de ces dossiers (40 dossiers). En tous, dix agents pathogènes abortifs ont été détectés (figure 4). Le parasite de la néosporose est le deuxième agent pathogène le plus retrouvé, dans 36% des dossiers, ce qui constitue 48% des dossiers de bovins.

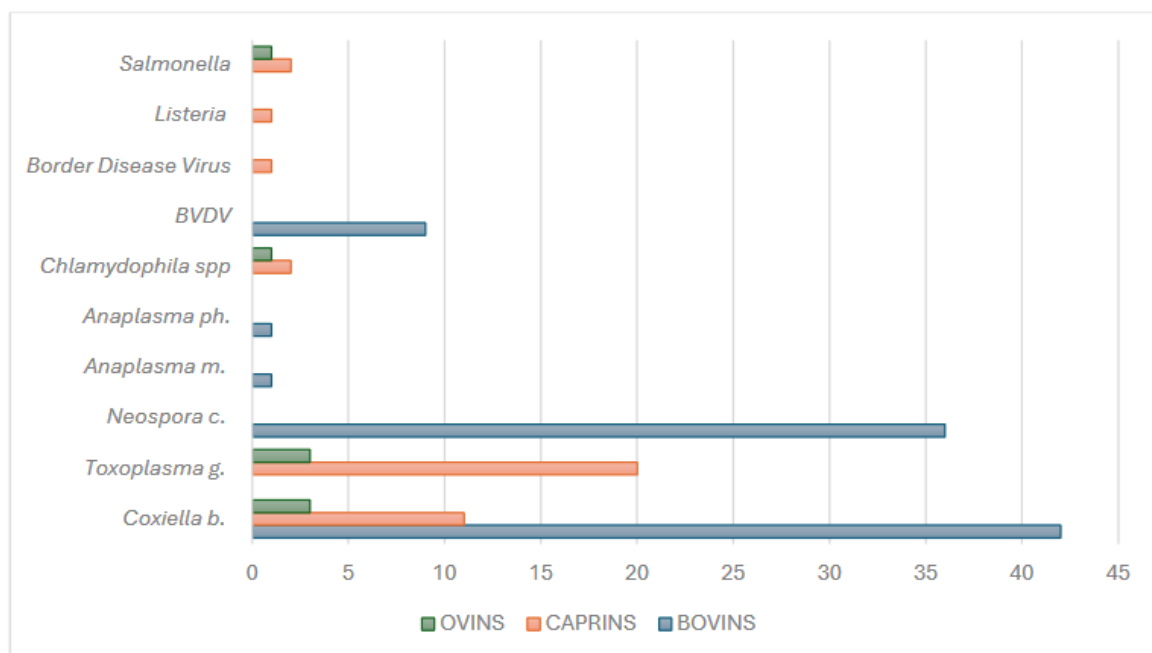


Figure 4 : fréquence de détection des différents agents pathogènes abortifs mis en évidence lors des protocoles OSCAR réalisés à l'île de la Réunion
Source : Sylvie Ahoussou, GDS Réunion

Toutes espèces confondues, la bactérie zoonotique responsable de la fièvre Q est l'agent pathogène le plus fréquemment détecté, dans 55% des dossiers d'investigation. *Coxiella burnetii*, agent de la fièvre Q a été détectée dans 56% (42/75) des dossiers bovins, 54% (14/23) des dossiers caprins et 100% des dossiers ovins (3/3) (Ahoussou 2023). En dehors de ce bilan, il n'y a pas de données récentes sur la présence de la fièvre Q en élevage de ruminants à l'île de la Réunion.

C. La fièvre Q : généralités et état des connaissances

1. *Etiologie*

L'agent de la fièvre Q, *Coxiella burnetii*, est une bactérie intracellulaire stricte possédant une paroi similaire à celle des Gram négatif, c'est-à-dire qu'elle est recouverte de lipopolysaccharides (LPS). Initialement classée dans la famille des Rickettsiaceae, une étude phylogénétique a finalement classé la bactérie dans l'ordre des Legionellales et dans la famille des Coxiellaceae (Stein et al. 1993).

Bactérie intracellulaire, elle se réplique dans les cellules eucaryotes de son hôte ; les principales cellules cibles sont les macrophages (lymphe, ganglions lymphatique, rate, foie, poumons...) et les monocytes circulants dans le sang (Baca, Paretzky 1983). Différentes souches de *C. burnetii* ont été identifiées et les études génomiques tentent aujourd'hui de comprendre les liens entre leurs caractéristiques génomiques et leur virulence (Eldin et al. 2017).

2. *Hôtes et pathogénie*

La fièvre Q touche une large gamme d'hôtes qui comprend les mammifères, les oiseaux, les reptiles et les arthropodes, ainsi que l'Homme (Eldin et al. 2017). Les ruminants domestiques sont reconnus comme la principale source de contamination de l'homme (Tan et al. 2023) même si des épidémies de fièvre Q chez l'Homme ont déjà été documentées à la suite de contact avec des chats et des chiens (Buhariwalla et al. 1996). La circulation de l'agent pathogène parmi les animaux sauvages assurerait le maintien de la fièvre Q dans la nature, tandis que la transmission parmi les animaux domestiques serait à l'origine des contaminations humaines (Rousset et al. 2003).

Chez les ruminants, l'infection se manifeste principalement par des troubles de reproduction. Gisbert et al. (2024) ont analysé de nombreuses études afin de préciser les associations claires entre l'infection à *C. burnetii* et les symptômes qu'on peut trouver dans la littérature. Ainsi, ils ont établi qu'il y avait suffisamment de preuves traduisant que *C. burnetii* est l'un des nombreux agents responsables du complexe ASPW (Abortion, Stillbirth, Perinatal Mortality and Weak Offspring : avortement, mortinatalité, mortalité périnatale et progéniture faible). D'autres symptômes ont été

évoqués par certaines études, comme les métrites, les endométrites, l'infertilité ou les rétentions placentaires mais ces symptômes mériteraient des études approfondies (Gisbert et al. 2024).

Les avortements surviennent généralement par vague ; en effet, lorsqu'un animal avorte, les animaux naïfs du troupeau sont exposés à la forte excrétion de la bactérie, peuvent se contaminer à leur tour et eux-mêmes avorter. Ces vagues d'avortements sont très décrites chez les caprins, probablement parce que leur taux d'excrétion sont importants et leurs reproductions groupées ; chez les bovins, ces vagues d'avortements sont moins documentées.

Chez l'humain, 60% des personnes infectées resteront asymptomatiques et on observera uniquement une séroconversion. Pour les 40% des personnes qui développeront des symptômes, le tableau clinique est vaste, comprenant la plupart du temps un syndrome pseudo-grippal, fréquemment une pneumopathie atypique et parfois une hépatite granulomateuse (Delaloye, Greub 2013).

Pour 1 à 5% des personnes infectées, la fièvre Q évoluera vers une forme chronique de la maladie, qui touchera principalement les sujets présentant des facteurs de risque. Parmi les formes chroniques de la maladie les plus sévères, on retrouvera des endocardites, des symptômes digestifs, et des symptômes respiratoires sévères (Delaloye, Greub 2013).

3. *Résistance dans l'environnement*

Coxiella burnetii peut persister dans l'environnement grâce à un processus de pseudosporulation. Ces formes ne permettent pas la multiplication de la bactérie mais résistent aux désinfectants classiques, aux variations de pH, aux variations de températures, à la dessiccation et à la pression osmotique (Heinzen, Hackstadt, Samuel 1999). Sous cette forme, *C.burnetii* peut survivre au moins 2 ans à -20°C (McCaul, Williams 1981), au moins 7 jours dans le lait ou à température ambiante, 150 jours dans le sol, plusieurs années dans la poussière (van Woerden et al. 2004; Tissot-Dupont et al. 2004), ainsi que plusieurs mois dans la laine.

4. *Situation épidémiologique dans le monde, en France et à la Réunion*

La fièvre Q est présente presque partout dans le monde, excepté en Nouvelle-Zélande (Maurin, Raoult 1999). Malgré sa répartition internationale, c'était une maladie négligée depuis sa découverte au milieu du XXe siècle. Il a d'ailleurs été suggéré que sa prévalence est probablement sous-estimée du fait de la méconnaissance de la pathologie et d'un manque de dépistage (Porter et al. 2011). Plusieurs épidémies survenues ces dernières années ont néanmoins motivé des recherches sur cette maladie.

La plus grosse épidémie a eu lieu aux Pays-Bas entre 2007 et 2010, où environ 4000 cas humains ont été signalés avec une centaine de formes chroniques. Un élevage de chèvres et de moutons avait été identifié comme source d'infection (Dijkstra et al. 2012). Cette épidémie a montré que la fièvre Q constituait un réel problème de santé publique et économique. L'impact économique provient naturellement des coûts liés aux avortements en élevage mais également des mesures qui doivent être prises lorsqu'elle est transmise à l'Homme.

En ce sens, un groupe de travail et de surveillance a été créé en 2012 en France, ce qui a conduit au lancement du groupe investigation Fièvre Q en 2019. Ce groupe est animé par le GDS France et regroupe des experts de plusieurs institutions (PLATEFORME ESA 2022). Concernant la situation épidémiologique en France métropolitaine, une étude transversale de séroprévalence a été menée entre 2012 et 2015 dans 10 départements français. La séroprévalence moyenne inter-troupeau était de 36,0%, 55,7% et 61,0% respectivement pour les bovins, ovins, caprins et était significativement plus élevée pour les troupeaux laitiers (Gache et al. 2017).

A la Réunion, une étude réalisée chez 516 ruminants (245 bovins, 137 ovins et 134 caprins), issus de 71 élevage, fait état de 11,8% de séropositivité globale chez les bovins, 1,4% chez les ovins et 13,4% chez les caprins (Cardinale et al. 2014). Quelques études concernant les cas humains ont également été réalisées. Avant 2007, aucun cas de fièvre Q n'avait été signalé à La Réunion. La séroprévalence pondérée de la fièvre Q à La Réunion a été estimée à 6,8% (intervalle de confiance entre 4,0% et 9,6%) avec une prévalence accrue dans les zones agricoles proches des ruminants (Jaubert et al. 2019). Ainsi, il est considéré que *Coxiella burnetii* circule de manière endémique à La Réunion, avec comme présentation clinique la plus fréquente une pneumopathie atypique (Aubin et al. 2020).

5. Modalités de transmission et facteurs de risques

La contamination se fait principalement par voie aérienne. *Coxiella burnetii* a un potentiel infectieux très élevé et la bactérie est très résistante dans l'environnement, ce qui a conduit le Centre pour le contrôle et la prévention des maladies américain (Center for Disease Control and Prevention, CDC) à le classer comme agent de bioterrorisme de catégorie B (CDC 2013). La littérature décrit une forte excrétion de la bactérie dans le placenta, les fécès et le mucus vaginal au moment de la mise bas mais aussi lors d'avortements (Roest et al. 2012). On comprend facilement que les personnes les plus exposées sont donc les éleveurs, les techniciens d'élevage, les personnels d'abattoirs, et les vétérinaires ruraux, mais également le voisinage des élevages infectés.

De nombreuses études transversales ont tenté de déterminer les facteurs de risque d'une infection à *Coxiella burnetii* chez les animaux de rente. Ainsi, certaines d'entre elle ont démontré que la séropositivité augmente avec l'âge des animaux (Anastácio et al. 2013 ; Taurel et al. 2011 ; Gache et al. 2017), la taille du troupeau

(Anastácio et al. 2013 ; Lambton et al. 2016 ; Yáñez et al. 2024), et la densité d'animaux dans la zone d'étude (Lambton et al. 2016 ; Schimmer et al. 2011). Les échecs liés à la reproduction comme les avortements, l'infertilité, ou la faiblesse de la progéniture ont également été significativement associés à l'infection (Brindha et al. 2024 ; Rerkyusuke et al. 2024), ainsi que les endométrites (Yáñez et al. 2024). Une corrélation a été établie avec la cohabitation ou la proximité des bovins avec des petits ruminants (Agag et al. 2024 ; Schimmer et al. 2011), mais également avec la présence d'animaux de compagnie, l'achat de paille venant de l'extérieur et le recours à l'insémination artificielle (Schimmer et al. 2011). L'introduction d'animaux a également été identifié comme un facteur de risque (Yáñez et al. 2024). Enfin, des études, dont une à la Réunion, mentionnent également l'exposition aux vents dominants et la biosécurité vis-à-vis des visiteurs comme des facteurs de risque d'infection à *Coxiella burnetii* (Cardinale et al. 2014 ; Agag et al. 2024).

Une récente étude australienne a cherché à identifier les facteurs de risque d'épidémie humaine de fièvre Q. Les facteurs de risque identifiés sont à la fois anthropiques et écologiques. Parmi les facteurs de risque anthropiques on retrouvera par exemple un manque de sensibilisation à la maladie même auprès d'éleveurs exposés et donc un manque d'utilisation de stratégie de contrôle comme la vaccination ou de protection. Parmi les facteurs écologiques, la géographie et le climat peuvent augmenter les risques d'exposition, mais la contamination de l'environnement et le vent participent également à la propagation d'aérosols contaminés pouvant ainsi mener à une épidémie (Tan et al. 2022).

De plus, plusieurs facteurs comme l'âge, le sexe et la souche de *Coxiella Burnetti* semble avoir une influence sur la sévérité des symptômes (Eldin et al. 2017). Concernant le sexe, les hommes semblent plus touchés mais les hormones féminines pourraient avoir un rôle protecteur dans l'infection à *Coxiella Burnetti* (Leone et al. 2004).

6. *Diagnostic, traitement et prévention*

Chez les ruminants, plusieurs méthodes sont disponibles pour détecter *C. burnetii*. La fièvre Q peut être détectée par des méthodes directes (immunohistochimie et PCR) et indirectes (test de fixation du complément (CFT), test d'immunofluorescence indirecte (IFA) et test immuno-enzymatique (ELISA)). Une combinaison des méthodes directes et indirectes est recommandée pour détecter la fièvre Q au niveau du troupeau (Roest, Bossers, Rebel 2013). La PCR est considérée comme un test utile et fiable mais pour des raisons de coût et pratiques, les tests sérologiques sont privilégiés, notamment les tests ELISA qui présentent une grande sensibilité (OIE 2024). Une fois les animaux séropositifs détectés dans un troupeau, la PCR peut alors être utilisée pour détecter les excréteurs (Niemczuk et al. 2014).

Il existe actuellement trois tests ELISA dans le commerce pour détecter la présence d'anticorps spécifiques à *Coxiella burnetii* chez les ruminants domestiques :

le kit PrioCHECK™ Ruminant Q Fever Ab Plate de Thermofisher scientifique, le kit IDEXX Q fever (*C. burnetii*) Ab test du laboratoire IDEXX et le kit ID Screen® Q Fever Indirect Multi-species du laboratoire Innovative Diagnostics.

En élevage, les antibiotiques peuvent être utilisés pour tenter de limiter l'excrétion et prévenir les conséquences sur la reproduction mais des données supplémentaires sont nécessaires pour déterminer leur efficacité (Ullah et al. 2022). Il est préférable d'opter pour des mesures de lutte telle que la mise en place de la vaccination du cheptel. De nombreuses mesures hygiéniques peuvent également contribuer à limiter la contamination des animaux naïfs, comme la gestion des déchets de gestation, l'isolement d'animaux excréteurs ou encore la désinfection des enclos de vêlage (Ullah et al. 2022).

Chez l'Homme, plusieurs techniques sont disponibles pour diagnostiquer la maladie mais l'IFA sera souvent privilégiée (Ullah et al. 2022). La fièvre Q est généralement résolutive mais l'administration d'antibiotiques peut réduire la durée de l'infection et la gravité des symptômes.

D. Objectifs de l'étude

Les enjeux de la fièvre Q sont doubles, avec le risque de contamination humaine dans un premier temps mais également les pertes économiques engendrées par les avortements en élevage. A la Réunion, on sait que la fièvre Q circule et des cas humains ont déjà été documentés mais il y a aujourd'hui un manque de données permettant de caractériser la maladie sur le territoire afin d'adapter les mesures de lutte. Les ruminants sont décrits comme la principale source de contamination humaine dans la littérature. Les objectifs de cette étude étaient donc 1) de réaliser une étude de séroprévalence transversale en élevage de ruminants sur le territoire en se basant sur les sérologies collectées dans le cadre de la prophylaxie obligatoire et 2) d'identifier des potentiels facteurs de risque d'infection à l'échelle des élevages et des bovins. La sensibilisation des acteurs de terrain, tels que les éleveurs, et la mise en place de mesures de lutte telle que la vaccination s'inscrivent également dans ce projet afin de participer à la protection de la santé publique.

II. MATERIEL ET METHODES

A. Recrutement des partenaires et financement

Cette étude est inscrite dans un projet global « Epidémiosurveillance des maladies infectieuses affectant les filières animales à la Réunion » (RITA Animal) financé par le FEADER.

1. *Coopératives*

Les coopératives des différentes filières d'élevage sont les premiers partenaires qui ont été sollicités, afin d'évaluer leurs besoins concernant la fièvre Q. Le contact a été pris par mail en février 2024 et chaque filière a accepté d'organiser une rencontre. Les premiers rendez-vous ont donc eu lieu avec un représentant de chaque filière de ruminants, puis un protocole a été proposé par le CIRAD et le GDS après plusieurs échanges qui ont permis de définir les besoins de la filière (Annexe 6).

2. *Le LDA*

Anciennement LVD (Laboratoire Vétérinaire Départemental), le LDA974 (Laboratoire Départemental d'Analyses de La Réunion) conserve les échantillons de prophylaxie pendant au moins un an dans sa sérothèque, notamment pour pouvoir réaliser des analyses ultérieurement. Nous avons donc pris contact avec eux pour leur demander d'avoir accès aux échantillons de la prophylaxie de 2023, ce qu'ils ont accepté après avoir obtenu l'accord des coopératives. En effet, pendant la période de conservation des échantillons par le LDA, ce sont les coopératives qui restent propriétaires des échantillons de leurs éleveurs. Les éleveurs indépendants sont propriétaires de leurs propres échantillons.

B. Etude de séroprévalence de la fièvre Q à la Réunion

1. *Echantillonnage*

Pour cette étude, il a été décidé de réaliser un échantillonnage en grappe, afin de déterminer les séroprévalences au sein des différentes espèces de ruminants mais également des différents types d'élevage. Ainsi, les différentes grappes sont les bovins allaitants SICA REVIA, les bovins allaitants indépendants, les bovins laitiers, les caprins adhérents à OVICAP, les caprins indépendants, ainsi que les ovins.

Dans un premier temps, ce protocole a été mis en application pour les élevages de bovins allaitants adhérents à la SICA REVIA et les élevages de bovins laitiers de la SICALAIT. En s'appuyant sur l'étude de séroprévalence réalisée en France hexagonale, l'hypothèse de séroprévalence attendue entre les troupeaux était de 50%

(Gache et al. 2017), souhaitant une précision relative de 20% de la prévalence estimée au sein du troupeau de 20% et considérant la sensibilité et spécificité des tests de 100% (Gache et al. 2017).

72 élevages ont été tirés au sort au sein de la SICA REVIA parmi les 228 réalisés en prophylaxie en 2023. Les élevages sélectionnés n'ont à priori pas d'antécédents de vaccination. Au sein de la SICALAIT, suite à une demande de la coopérative, la quasi-totalité des élevages a été sélectionnée (49/50 en 2023). En considérant une prévalence intra-troupeau de 20%, la taille d'échantillon nécessaire à détecter au moins un animal infecté dans un élevage infecté avec une confiance de 95% en utilisant un test parfaitement sensible et spécifique variait de 4 à 14 individus, selon l'effectif du troupeau. Un total de 759 échantillons pour la coopérative allaitante et de 531 échantillons pour la coopérative laitière ont été considérés pour cette étude.

2. *Collecte des échantillons*

Dans un premier temps, il a donc fallu obtenir l'accord des coopératives afin que le LDA autorise l'accès à sa sérothèque. Ensuite, l'accès aux échantillons a été permis grâce à un croisement de bases de données. Les échantillons de sérum sont organisés et stockés sur des plaques de 100 positions chacune qui sont rangées dans une boîte identifiée. Sur les plans de ces plaques, reportés dans un classeur, figurent le numéro de dossier associé à la prophylaxie d'un éleveur, généralement attribué par ordre chronologique de réalisation de la prophylaxie, ainsi que les numéros des échantillons de l'éleveur et le numéro de bovins associé.

Comme il a été choisi d'analyser uniquement les sérums de bovins de plus de deux ans, la sélection des échantillons a donc consisté à trouver le numéro de dossier associé à la prophylaxie d'un éleveur, retrouver ce numéro sur les plans de plaques afin de connaître l'identification de la plaque, sélectionner le nombre d'échantillons nécessaires selon l'élevage (entre 4 et 14) puis vérifier individuellement que les bovins étaient bien âgés de plus de 2 ans au moment de la prophylaxie de 2023. Cette dernière étape a pu être réalisée grâce au Document d'Accompagnement des Prélèvements (DAP) de chaque élevage qui est fourni aux vétérinaires sanitaires lors de la prophylaxie. Sur ce document, on peut trouver la date de naissance des animaux.

Après avoir réalisé tout ce travail préalable et reporté dans un document Excel les numéros des plaques et les emplacements précis des échantillons sélectionnés dans ces plaques, le travail de collecte des échantillons a pu être réalisé. Les boîtes contenant les plaques sont conservées au congélateur, et dans un souci de préservation des échantillons, seuls les échantillons sélectionnés ont été décongelés.

3. *Analyses des échantillons*

A la fin du mois de mai 2024, ces échantillons ont été analysés individuellement avec un kit ELISA commercial, le kit ID Screen® Q Fever Indirect Multi-species du laboratoire Innovative Diagnostics. D'après le rapport de validation interne du fabricant, ce kit a une sensibilité et une spécificité de 100% pour la détection de *C. burnetii*. Les résultats des échantillons ont été exprimés en densité optique (DO), puis le pourcentage S/P% a été calculé à partir des valeurs de densité optique à 450 nm obtenues pour chaque échantillon. Le résultat a été considéré comme négatif (N) lorsque $S/P\% \leq 40\%$, douteux (D) lorsque $40\% < S/P\% \leq 50\%$, positif (P) lorsque $50\% < S/P\% \leq 80\%$ et fortement positif (FP) lorsque $S/P\% > 80\%$, selon les indications du fabricant.

Un élevage a été considéré comme positif dès lors qu'au moins un de ses échantillons était positif, permettant de définir le statut du cheptel (positif ou négatif).

4. *Analyses statistiques*

La prévalence inter-troupeau au sein d'une coopérative a été calculée en divisant le nombre d'élevages positifs (avec au moins un bovin positif) par le nombre d'élevages échantillonnés dans cette coopérative. La prévalence intra-troupeau a été calculée en divisant, pour les troupeaux avec au moins un échantillon positif, le nombre d'échantillons positifs par le nombre d'échantillons analysés au sein d'un élevage. La prévalence animale globale au sein d'une coopérative a été calculée en divisant le nombre de bovins positifs par le nombre total d'échantillons analysés de la coopérative.

Les informations recueillies grâce aux informations du GDS et des coopératives ont été utilisées pour réaliser une analyse de facteurs de risque. Premièrement, une analyse univariée utilisant un test du Khi^2 a été utilisée pour évaluer les facteurs de risque de positivité des élevages à la fièvre Q (exprimée sous forme de variable binaire). Après avoir vérifié l'absence de colinéarité entre les variables avec une p -value $< 0,2$, elles ont été utilisées pour réaliser un modèle de régression logistique multivarié afin d'évaluer la relation entre chaque variable et le statut du troupeau tout en prenant en compte l'effet potentiel des autres variables ; le résultat (positif ou négatif) représentait la variable réponse et les autres variables (présence d'autres ateliers, zone géographique, antécédents d'avortements) étaient les variables explicatives. La méthode utilisée pour déterminer le modèle minimal adéquat est une sélection pas-à-pas descendante et il a été choisi de conserver le modèle avec la plus faible AIC (Critère d'Information d'Akaike).

Une analyse des facteurs de risque a également été réalisée au niveau de la séropositivité individuelle. Il manquait des informations pour 137 animaux donc seuls 1 153 animaux sur 1 290 ont été intégrés dans l'analyse statistique. Une analyse univariée a été réalisée pour les variables propres au bovin testé, sa race (Limousine,

Prim'Holstein, Croisée ou Autres), sa provenance (achat ou naissance sur l'exploitation), et son âge. Les races Aubrac (n = 5), Charolaise (1), Brune (22), Blonde d'Aquitaine (63), Montbéliarde (24) et Salers (6) ont été regroupées dans la catégorie « Autres » du fait de leur faible représentation afin de simplifier l'analyse statistique. Après avoir vérifié l'absence de colinéarité pour ces variables, elles ont été intégrées dans un modèle linéaire généralisé mixte afin d'intégrer un effet aléatoire « Elevage » dans l'analyse statistique et ainsi prendre en compte le fait que certains bovins sont issus de la même unité épidémiologique (l'élevage). De même que pour l'analyse des facteurs de risque au niveau du troupeau, le modèle minimal adéquat retenu a été celui présentant la plus faible AIC après une sélection pas-à-pas descendante.

III. RESULTATS

1. Séroprévalences des anticorps à *C. burnetii*

Au total pour la SICAREVIA, 167 bovins sur 759 ont été testés positifs pour la présence d'anticorps spécifiques contre *C. burnetii*, ce qui donne une séroprévalence globale de 22,0% (intervalle de confiance (IC) à 95% : [19,1% - 24,9%]). Les animaux positifs étaient issus de 56 élevages différents parmi les 72 échantillonnés. La prévalence inter-troupeau des élevages adhérents à la SICAREVIA est donc de 77,8% (IC 95% : [68,3% - 87,2%]). Pour la SICALAIT, 121 bovins sur 531 ont été testés positifs, ce qui donne une séroprévalence globale de 22,8% (IC 95% : [19,2% - 26,4%]), non statistiquement significativement différente de la séroprévalence chez les bovins allaitants (test du Chi² : df = 1, n = 1290, p-value = 0,7909). Les animaux positifs étaient issus de 36 élevages sur 49. La prévalence inter-troupeau observée des élevages de la SICALAIT est donc de 73,5%. Cette prévalence est calculée en incluant tous les élevages de la SICALAIT sauf un, ce qui se rapproche donc de la prévalence réelle inter-troupeau des élevages bovins laitiers. La séroprévalence bovine globale sur le territoire, sans tenir compte du type de production, est de 22,4% (IC 95% : [20,1 - 24,6]).

La moyenne des prévalences intra-troupeau, calculées pour les troupeaux ayant au moins un échantillon positif, est de 22,9% (IC 95% : [19,3 - 26,6]). La médiane est de 20,0% et l'écart-type de 20,7%. Un test de Wilcoxon a été réalisé pour comparer les prévalences intra-troupeau entre les élevages allaitants et les élevages laitiers et n'a pas révélé de différence significative entre les deux types de production (p-value = 0,3783). La distribution des prévalences intra-troupeaux (figure 5) montre que la majorité des élevages a une prévalence intra-troupeau comprise entre 10% et 50%.

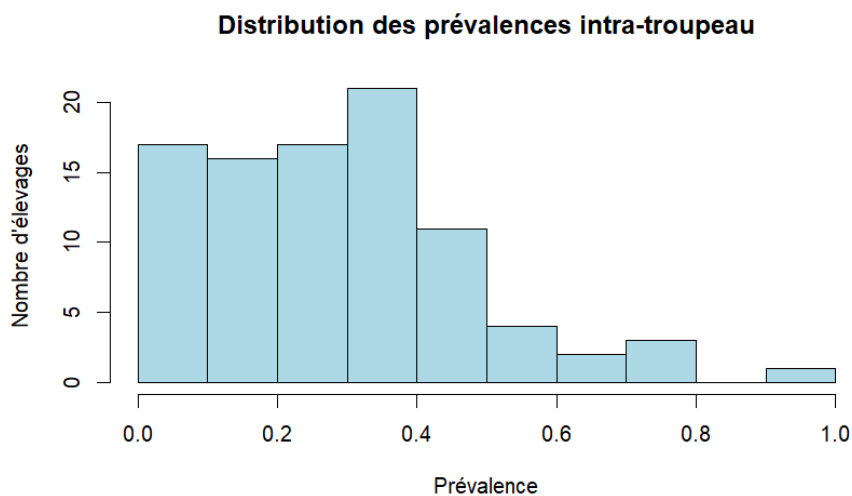


Figure 5 : Répartition des taux de prévalence intra-troupeau dans les élevages positifs à la fièvre Q

2. Facteurs de risque

L'analyse univariée a révélé 3 variables suffisamment significatives (p -value < 0,2) associées à la positivité des troupeaux à la fièvre Q parmi les facteurs de risque analysés, les autres variables ne montrant pas d'association significative (tableau 3). Le type de production, la présence d'un autre atelier sur l'exploitation, la zone géographique ou encore les antécédents d'avortements déclarés ne semblent pas avoir d'influence sur la positivité des troupeaux vis-à-vis de la fièvre Q. Il n'y a pas non plus d'association statistique entre le résultat et la taille du troupeau (test de Wilcoxon, p -value = 0,8341).

Tableau 3 : Séroprévalence de la fièvre Q au niveau des troupeaux et analyse univariée (test du χ^2 ou test de Fisher) des différents facteurs de risque potentiels de séropositivité.

Variables	Niveau	n (troupeaux)	Positifs	%	IC 95%	p-value (χ^2 ou Fisher)	
Total troupeaux		121	92	76,0	68,5-83,5		
Effectifs	Petit < 40	40	29	72,5	58,7-86,3	0,1050	
	Moyen	40	35	87,5	77,3-97,7		
	Grand	41	28	68,3	54,0-82,5		
Type de production	Allaitants	72	56	77,8	68,2-87,4	0,7429	
	Laitiers	49	36	73,5	61,1-85,8		
Présence d'un autre atelier							
	Ovin	Oui	11	9	81,8	59,0-104,6	1
		Non	110	83	75,5	67,4-83,5	
	Caprin	Oui	7	7	100,0		0,1946
		Non	114	85	74,6	66,6-82,6	
	Porcin	Oui	9	5	55,6	23,1-88,0	0,2156
		Non	112	87	74,3	70,0-85,4	
	Ovin ou caprin	Oui	16	14	87,5	71,3-103,7	0,3526
		Non	105	78	74,3	65,9-82,6	
	Caprin ou porcin	Oui	15	11	73,3	51,0-95,7	0,7545
		Non	106	81	76,4	68,3-84,5	
	Porcin ou ovin	Oui	19	13	68,4	47,5-89,3	0,3925
		Non	102	79	77,5	69,3-85,6	
	Au moins un des trois	Oui	24	18	75,0	57,7-92,3	1
		Non	97	74	76,3	67,8-84,8	
Zone géographique	Tampon	65	46	70,8	59,7-81,8	0,1014	
	Hauts de l'Ouest	25	23	92,0	81,4-102,6		
	Autre	30	22	73,3	57,5-89,2		
Antécédents d'avortements	Oui	44	31	70,5	57,0-83,9	0,3869	
	Non	77	61	79,2	70,2-88,3		
Introduction d'animaux	Oui	85	65	76,5	67,5-85,5	1	
	Non	36	27	75,0	60,9-89,1		

Les variables avec une p-value < 0,2 ont été intégrées dans le modèle de régression logistique. Les groupes d'effectif, les zones géographiques et la présence d'un atelier caprin ont donc été retenues. Le modèle minimal adéquat a conservé toutes les variables.

Tableau 4 : Analyse de régression logistique multivariée des facteurs de risque associés à la positivité du troupeau à C. burnetii.

Variable	Catégorie	OR	IC 95%	p-value
Intercept (référence)		1,39	0,51 - 3,74	0,5181
Effectif (moyen)	Petit (<40)	Ref.		
	Moyen	3,57	1,05 - 12,21	0,0423*
	Grand (>86)	1,15	0,39 - 3,36	0,8049
Zone géographique	Autre	Ref.		
	Ouest	6,11	1,1 - 33,8	0,0382*
	Tampon	1,15	0,39 - 3,39	0,8051
Atelier caprin	Non	Ref.		
	Oui	14547215,4	Inf	0,9902

Malgré une p-value non significative (p-value = 0.9902), le modèle conserve la variable « présence d'un atelier caprin ». Cette variable a un coefficient élevé (Estimate = 16,49) ce qui traduit un effet important de cette variable. Mais l'erreur standard associée (Std_error = 1342,8) suggère une faible précision quant à ce résultat. Néanmoins, l'AIC augmente lorsqu'on retire cette variable du modèle. Ces résultats suggèrent que la présence d'un atelier caprin pourrait avoir un effet important sur le résultat du troupeau mais le trop faible nombre d'élevages ayant déclaré un atelier caprin ne permet pas d'établir une association significative. En effet, sur les 121 élevages échantillonnés, seuls 7 ont déclaré un atelier caprin et ces 7 élevages sont positifs à la fièvre Q.

Le modèle final suggère que les élevages de taille moyenne sont associés à une probabilité significativement plus élevée d'obtenir un résultat positif à l'échelle du troupeau par rapport aux petits élevages (OR = 3,93, IC 95% : [1,05-12,21], p = 0,0423), mais aucune différence avec les élevages de grande taille. De même, les élevages situés dans les hauts de l'Ouest ont montré une probabilité de séropositivité plus élevée (OR = 6,3, IC95% = [1,1-33,8], p = 0,0382). Le modèle a également été testé avec la variable « antécédents d'avortements » et « type de production » puisqu'elles présentaient un intérêt biologique et dans la littérature mais aucune association significative n'a été observée. Les variables présentant une association significative avec la positivité des troupeaux à la fièvre Q sont présentées dans le tableau 4.

Au niveau de l'individu, l'analyse univariée a mis en évidence que l'âge (test de Wilcoxon, p-value = 1,05E-06) et la provenance (test de Fisher, p-value = 0,0084) étaient significativement associés à la séropositivité individuelle (tableau 5). La race de l'individu ne semble pas avoir d'influence sur sa séropositivité (test de Fisher, p-value = 0,9302).

Tableau 5 : Séroprévalence de la fièvre Q au niveau de l'individu et analyse univariée (test de Wilcoxon ou test de Fisher) des différents facteurs de risque potentiels de séropositivité

Variables	Niveau	n (individus)	Positifs	%	IC 95%	p-value (Wilcoxon ou Fisher)
Total individus		1153	254	22,0	19,7-24,5	
Age	Variable continue	1153				1,05E-06
Provenance	Achat	435	114	26,2	22,1 - 30,6	0,0084
	Naissance	718	140	19,5	16,7 - 22,6	
Race	Limousine	394	91	23,1	19,0 - 27,6	0,9302
	Croisée	337	71	21,1	16,8 - 25,8	
	Prim'Holstein	301	66	21,9	17,4 - 27,à	
	Autres	121	26	21,5	14,5 - 29,9	

Les variables avec une p-value < 0,2 (âge et provenance) ont été intégrées dans le modèle linéaire généralisé mixte avec un effet aléatoire élevage. Le modèle minimal adéquat a conservé les deux variables (tableau 6). Le modèle final suggère que la probabilité d'être testé positif à la fièvre Q augmente avec l'âge de façon très significative (OR = 1,11, IC95% = [1,05-1,17], p=0,000119), et que les bovins ayant été achetés ont plus de chances d'être séropositifs que les bovins nés sur l'exploitation (OR = 1,58, IC95% = [1,07-2,31], p-value = 0,0205).

Tableau 6 : Analyse de régression logistique multivariée des facteurs de risque associés à la positivité d'un bovin à *C. burnetii*

Variable	Catégorie	OR	IC 95%	p-value
Intercept (référence)		0,11	0,07 - 0,16	9,09E-24
Age		1,11	1,05 - 1,17	1,19E-04
Provenance	Naissance	Ref.		
	Achat	1,58	1,07 - 2,31	2,05E-02

IV. DISCUSSION

1. *Discussion des résultats*

- *Résultats de séroprévalences*

Il s'agit de la première étude de séroprévalence de la fièvre Q menée à l'île de la Réunion distinguant les troupeaux bovins allaitants et laitiers en coopératives. La dernière et seule étude de séroprévalence chez les ruminants domestiques réalisée à la Réunion datait de 2014 et incluait les bovins, ovins et caprins, sans distinction entre les troupeaux laitiers et allaitants ni entre les élevages en coopératives et les élevages indépendants. Dans notre étude, les élevages sélectionnés de manière aléatoire de la SICA REVIA sont représentatifs de la diversité des élevages allaitants filiarisés et les résultats peuvent donc être extrapolés à l'ensemble de la coopérative. Concernant les élevages laitiers, la quasi-totalité des élevages de la filière a été analysée (49 élevages sur 50) et les résultats sont donc quasiment exhaustifs.

Les résultats de cette enquête sérologique corroborent ceux de l'étude précédente et montrent que la fièvre Q est endémique à l'île de la Réunion. La séroprévalence globale correspond à ce qu'on peut retrouver dans la littérature et dans le monde (Pexara, Solomakos, Govaris 2018) bien que certaines études mettent parfois en évidence une faible séroprévalence de la fièvre Q chez les bovins (Pexara, Solomakos, Govaris 2018 ; Brindha et al. 2024 ; Oakley et al. 2024).

La séroprévalence inter-troupeau quant à elle peut sembler élevée par rapport à d'autres études sérologiques récentes, notamment l'étude française qui mettait en évidence une séroprévalence inter-troupeau de 36,0% (Gache et al. 2017). Mais quelques études ont déjà mis en évidence des séroprévalences inter-troupeau élevées : dans une étude, au Cameroun, 68% des troupeaux de bovins étaient positifs (Scolamacchia et al. 2010), ce chiffre était de 78,9% dans une province d'Iran (Azizzadeh et al. 2011) et de 72,3% pour les troupeaux laitiers d'Allemagne (Böttcher et al. 2011). Ces trois études ont été réalisées dans des provinces et non à échelle nationale, ce qui se rapproche des conditions de notre étude réalisée dans un département français. Si on reprend l'enquête sérologique de Gache et al., menée dans 10 départements français métropolitains, on remarque que trois départements ont en fait une séroprévalence inter-troupeau élevée, allant de 61,7% à 75,5%. Une hypothèse avancée dans cette étude est que ces fortes séroprévalences peuvent être associées aux pratiques agricoles locales comme la présence de plusieurs espèces au sein d'un même élevage ou en estive. Les conditions environnementales peuvent également avoir une influence (Gache et al. 2017). Une forte variabilité régionale a été décrite dans plusieurs pays et est souvent corrélée à des densités de troupeaux élevées (Nusinovici et al. 2017 ; Neare et al. 2023). Les résultats de notre enquête sérologique viennent appuyer ces observations : à l'île de la Réunion, les élevages bovins sont pour la majorité regroupés dans deux zones de l'île où l'on retrouve la plus grande densité d'animaux d'élevage, exposées au vent, et la présence d'élevage

traditionnel et familial de chèvres est très probablement un facteur participant à la transmission de *Coxiella burnetii*.

Les résultats de toutes ces études doivent néanmoins être comparés avec prudence en raison des différences concernant les techniques d'échantillonnage et les méthodes sérologiques utilisées.

Concernant les prévalences intra-troupeau, la majorité des élevages a une prévalence inférieure à 50%. Certaines prévalences intra-troupeau sont élevées mais il convient de noter que, bien que la vaccination ait été un critère d'exclusion de notre étude, nous n'avons pas eu accès à l'origine des animaux et nous ne pouvons pas complètement exclure l'hypothèse d'avoir échantillonné des femelles ayant des antécédents de vaccination. Les vétérinaires ont été contactés et interrogés concernant la vente de vaccins contre la fièvre Q aux éleveurs, ainsi que les coopératives et tous s'accordaient à dire que la vaccination fièvre Q à l'île de la Réunion était relativement anecdotique. Cela peut néanmoins représenter un biais et il est possible que les séroprévalences globales, inter et intra-troupeau soient légèrement surestimées. Cela peut aussi expliquer la grande variabilité de prévalences intra-troupeau. De plus, ces prévalences intra-troupeau sont calculées à titre indicatif sur la base des échantillons analysés dans chaque élevage. Le calcul du nombre d'échantillons à analyser par élevage a été réalisé afin de détecter *C. burnetii* en supposant une prévalence intra-troupeau de 20%. Il serait donc plus juste de parler de proportion d'échantillons positifs, mais d'autres études de la littérature ont utilisé ce terme sur les mêmes bases d'échantillonnage (Gache et al. 2017 ; Rerkyusuke et al. 2024). Ainsi, ces résultats peuvent permettre de formuler des hypothèses de circulation récente ou active dans les élevages avec des prévalences intra-troupeau élevées par exemple et ainsi permettre d'orienter les prochaines investigations ou les stratégies de lutte.

- *Taille des troupeaux*

L'analyse des facteurs de risque a permis de mettre en évidence une association significative entre le risque d'infection des troupeaux à *Coxiella burnetii* et la taille du troupeau. Seulement, dans notre étude, le risque apparaît plus élevé pour les troupeaux de taille moyenne lorsqu'on les compare aux petits troupeaux, mais il n'y a pas d'association significative concernant les grands troupeaux. Ce n'est pas ce que mettent en évidence certaines études de la littérature qui ont identifié que le risque d'infection augmentait avec la taille du troupeau (Boroduske et al. 2017 ; Van Engelen et al. 2014 ; Yáñez et al. 2024). Mais la littérature ne met pas systématiquement en évidence une association significative entre l'augmentation de la taille du troupeau et le risque d'un élevage d'être positif à *C. burnetii* (Agag et al. 2024 ; Ferrara et al. 2024 ; Brindha et al. 2024). Dans notre cas, cela pourrait être lié à des pratiques d'élevages différentes en termes de biosécurité par exemple, et il serait intéressant d'interroger les éleveurs à ce sujet.

- *Type de production*

Nos résultats suggèrent l'absence de corrélation entre la séropositivité à *C. burnetii* et le type de production (traduisant ici le type d'hébergement, les bovins laitiers étant élevés en bâtiment alors que les bovins allaitants sont au pâturage). Des études antérieures ont indiqué que les animaux confinés présentaient un risque d'exposition plus élevé que les animaux au pâturage, probablement du fait de leur proximité avec des animaux infectés excréteurs lorsqu'ils sont élevés dans des espaces confinés (Klemmer et al. 2018 ; Shome et al. 2019). Schimmer et al. affirment cependant que les troupeaux au pâturage présenteraient un plus grand risque d'infection en raison de la possibilité de contamination par les animaux domestiques et sauvages ou encore la proximité avec des élevages de petits ruminants (Schimmer et al. 2011) qui n'a pas été évaluée dans notre étude. Au vu du contexte du territoire, l'investigation des contacts des troupeaux avec des carnivores domestiques circulants et la proximité des élevages avec des petits ruminants pourrait présenter un intérêt.

- *Présence d'un autre atelier*

La présence d'un autre atelier sur les exploitations de bovins échantillonnés n'a pas été associée significativement à un résultat positif au niveau du troupeau, contrairement à ce qui a été mis en évidence dans une étude récente (Agag et al. 2024). Bien que non significatifs, les résultats obtenus sur la présence d'un atelier caprin suggèrent que cette variable pourrait avoir un effet important sur la positivité du résultat mais qu'il y a trop peu de valeurs pour conclure. En effet, seules 7 exploitations ont déclaré détenir un atelier caprin. On peut s'interroger sur l'exhaustivité de cette information ; ces données proviennent des ateliers déclarés, et au vu du manque d'informations concernant la traçabilité des petits ruminants et l'existence d'élevages traditionnel et familial culturel, ces données sont peut-être loin de la réalité. De plus, *C. burnetii* étant résistante dans l'environnement et transportable par le vent, et les zones d'élevages de l'île étant très localisées, il serait intéressant de s'intéresser également à la proximité de ces élevages avec des petits ruminants, et pas seulement de leur présence sur l'exploitation.

- *Zone géographique*

Un autre facteur de risque inclut dans le modèle multivarié était la zone géographique, qui était significative pour les exploitations localisées dans les hauts de l'Ouest. Des associations entre la positivité des troupeaux et la zone géographique ont déjà été mises en évidence dans d'autres études (Boroduske et al. 2017 ; Yáñez et al. 2024). Les différences observées pourraient être liées à la densité de bétail dans les zones géographiques (Gache et al. 2017; Neare et al. 2023) et aux variations climatiques. Une étude suédoise a observé un risque accru d'infection à *C. burnetii* pour les troupeaux situés dans des zones exposées à des vents forts et des faibles précipitations (Nusinovici et al. 2017). Ces différences d'expositions aux différents facteurs météorologiques mériteraient d'être investiguées afin d'optimiser les stratégies

de mesure de lutte à mettre en place sur le territoire qui est soumis à d'importantes de variations climatiques.

- *Antécédents d'avortements*

Coxiella burnetii est l'agent infectieux le plus fréquemment détecté dans les dossiers bovins de protocole OSCAR à l'île de la Réunion de ces 5 dernières années (42/75 dossiers) sans pour autant qu'une imputabilité ait été établie (Ahoussou 2023). D'après le dernier rapport ESA sur la surveillance des agents pathogènes abortifs en élevage de ruminants, l'imputabilité à la fièvre Q dans les séries abortives enregistrées en atelier bovin serait de 10,2%, ce qui en fait le deuxième agent infectieux provoquant des avortements en élevage bovin après la néosporose. Ce pourcentage diminue à 1,9% en atelier allaitant et augmente à 12,9% en atelier laitier (PLATEFORME ESA 2023), ce qui vient appuyer les études démontrant que les pratiques d'élevages peuvent être un facteur de risque, bien qu'aucune association significative n'ait été mise en évidence dans notre étude.

Concernant les troubles de reproduction, une association positive entre la présence de *C. burnetii* et le complexe ASPW (avortement, mortinatalité, mortalité périnatale et progéniture faible) a été établi dans 77% des études de plusieurs continents (Europe, Asie, Afrique et Sud-Amérique) de ces 10 dernières années (Gisbert et al. 2024). Cette revue souligne néanmoins qu'il subsiste des interrogations concernant la méthodologie de la mesure de l'infection et de l'excrétion de *C. burnetii*, ainsi que sur l'impact de la bactérie selon de stade de gestation.

Il est important de souligner que dans notre étude, si la séropositivité de certains troupeaux a été clairement établie, il n'y a pas de preuve de circulation active de la bactérie dans les élevages échantillonnés. Des hypothèses peuvent être formulées lors de fortes prévalences intra-troupeaux ou en s'intéressant aux mesures de densité optique des tests ELISA ; en effet, les élevages dans lesquels il y a beaucoup de forts positifs peuvent laisser supposer une infection récente. Il serait donc intéressant d'approfondir les analyses de ces troupeaux, en réalisant par exemple des prélèvements d'environnement ou de lait de tank afin d'objectiver l'excrétion active de la bactérie. Une étude est en cours afin d'uniformiser le diagnostic de la fièvre Q pour déterminer le statut de troupeau (K. Gache, GDS France).

Cependant, notre étude n'a pas montré de corrélation entre les avortements déclarés et la séropositivité des élevages. Alors que des études antérieures ont établi une corrélation entre la positivité des élevages et des antécédents d'avortements (Brindha et al. 2024; Rerkyusuke et al. 2024), elles incluaient également d'autres échecs de reproduction comme chétivité de la progéniture et l'infertilité. Les informations liées aux avortements dans notre étude proviennent des investigations liées à la brucellose et donc aux avortements déclarés. Il est donc probable que ces informations ne soient pas exhaustives et ne permettent pas de conclure sur l'association entre la séropositivité des élevages et les échecs de reproduction. En effet, l'île de la Réunion, comme de nombreux autres départements français, fait face

à une forte sous-déclaration des avortements. Ainsi, afin d'approfondir les analyses et explorer le lien entre les avortements et la positivité des élevages à *C. burnetii*, il serait nécessaire d'interroger directement les éleveurs enquêtés sur leurs antécédents concernant le complexe ASPW.

- *Mouvements d'animaux*

Concernant l'épidémiologie de la maladie, il est intéressant de se demander si les méthodes de renouvellement de troupeau employées par les coopératives ne participent pas activement à la diffusion de la bactérie. En effet, des veaux provenant de différents élevages dont le statut fièvre Q est souvent inconnu sont centralisés et élevés au même endroit, plusieurs mois pour la coopérative de la SICA REVIA et jusqu'au rang de génisse prête à vèler pour la SICALAIT, avant d'être répartis dans différents élevages à nouveau. Si les mouvements d'animaux sont effectivement un facteur de risque de l'infection et bien que cette stratégie de renouvellement puisse participer à la diffusion de la bactérie, il convient de rappeler que *C. burnetii* est très résistante dans l'environnement, pendant plusieurs mois, et qu'elle se transmet de façon aérienne.

L'analyse univariée n'a cependant pas permis d'établir une association significative entre la séropositivité des élevages et l'introduction relativement récente d'animaux dans leur élevage (dans les 2 ans précédent l'étude). Des études ont pourtant mis en évidence les introductions d'animaux dans l'élevage comme un facteur de risque (Van Engelen et al. 2014 ; Yáñez et al. 2024). Cependant, il est possible que la période considérée pour les introductions soit trop courte ou que l'île soit trop touchée pour que ce facteur soit significatif dans une étude transversale.

L'analyse des facteurs de risque a cependant montré un risque de séropositivité plus élevé lorsque l'animal avait été acheté, par rapport aux bovins nés sur l'exploitation. Il serait intéressant de s'interroger sur la provenance de ces animaux, afin de déterminer s'il existe des sources potentielles d'infection (des élevages très infectés par exemple). Cela pourrait également avoir un lien avec la création de fermes de coopératives, ou encore les différences de biosécurité entre les élevages.

- *Age des animaux*

Dans notre modèle mixte, nous avons observé que le risque de séropositivité d'un individu augmentait avec l'âge, ce qui rejoint plusieurs études antérieures (McCaughey et al. 2010 ; Anastácio et al. 2013 ; Milkesa et al. 2024). Les hypothèses formulées dans la littérature à ce sujet suggèrent que la séoprévalence plus élevée de l'infection à *C. burnetii* chez les animaux plus âgés peut être attribuée à la fréquence d'exposition ou à une exposition prolongée au pathogène, les animaux plus âgés étant plus susceptibles d'avoir été en contact avec des animaux excréteurs ou des environnements contaminés (Böttcher et al. 2011).

- *Hypothèse sur la circulation de C. burnetii sur un territoire insulaire*

Une étude récente montre une association significative entre l'infection à *C. burnetii* et l'ancienneté du troupeau, les élevages installés depuis plus de 5 ans ayant plus de probabilité d'être infectés (Rerkyusuke et al. 2024). Cela suggère que les troupeaux établis depuis longtemps peuvent servir de réservoir aux agents pathogènes et souligne également le rôle crucial des mouvements d'animaux dans leur dissémination. L'île de la Réunion est un territoire où il y a peu d'installation de nouveaux troupeaux, ainsi qu'une faible traçabilité des mouvements de petits ruminants. Il est possible qu'une étude transversale ne suffise donc pas à identifier des facteurs de risque d'infection des troupeaux à la fièvre Q.

Si de nombreux facteurs de risque potentiels ont été mis en évidence dans certaines études, ils ne sont pas systématiquement identifiés comme des facteurs de risque. C'est ce que montrent par exemple des études récentes dans lesquels la taille du troupeau, le contact avec d'autres animaux ou encore le système d'élevage n'ont pas d'influence sur la probabilité d'être exposé à *Coxiella burnetii* (Brindha et al. 2024 ; Ferrara et al. 2024). Cela montre bien qu'il subsiste des zones d'ombre quant à l'épidémiologie de cette maladie et à l'identification de ses facteurs de risque. Ainsi, ces derniers sont peut-être propres à un territoire, et il serait intéressant d'approfondir l'analyse des facteurs de risque à l'île de la Réunion par le biais d'un questionnaire complet aux éleveurs afin de mieux comprendre la dynamique de la maladie sur le territoire.

Enfin, une étude récente s'est intéressée à l'influence de divers matériaux du sol sur la persistance de *C. burnetii* dans l'environnement, en utilisant des algorithmes avec des précisions allant jusqu'à 82,98%. Parmi les composants du sol les plus significatifs pour la persistance du pathogène, on retrouve le potassium, l'azote, la matière organique et les sels solubles (Ahmad et al. 2023). La Réunion étant un territoire volcanique, son sol pourrait être riche de certaines matières favorisant la persistance de *C. burnetii*. Comme Ahmad et al. le soulignent et bien que les recherches sur le sujet en soient encore à leurs débuts, les facteurs physico-chimiques ont probablement un rôle important dans le maintien de *C. burnetii* dans l'environnement et La Réunion est peut-être là encore un territoire présentant certaines particularités.

L'île de la Réunion est un territoire insulaire, ce qui lui confère des caractéristiques particulières : c'est un territoire fermé, exposé aux vents dominants, avec des barrières naturelles et plus de 200 microclimats. C'est également un territoire sur lequel les zones d'élevage sont concentrées, avec des fortes densités d'animaux, et qui connaît une problématique de circulation de carnivores domestiques. L'élevage de petits ruminants y est peu encadré avec de nombreux éleveurs indépendants voire des particuliers qui possèdent des caprins non déclarés, tant en zone rurale qu'en zone urbaine. *Coxiella burnetii*, l'agent de la fièvre Q, est très résistante dans l'environnement, soumise à un portage par le vent, et endémique à l'île de la Réunion

au moins depuis 2007, date du premier cas humain diagnostiqué (Aubin et al. 2020). Le contexte de ce territoire peut expliquer la forte séroprévalence inter-troupeau observée et la difficulté d'identifier des facteurs de risque d'infection des troupeaux à la fièvre Q.

2. *Limites et biais*

a) *Biais d'échantillonnage : sensibilité et spécificité du test*

Le test utilisé dans cette étude a été considéré avec une sensibilité et une spécificité parfaites selon les données du fabricant et d'autres études de la littérature, (Gache et al. 2017 ; Rerkyusuke et al. 2024). Seulement, une étude récente a été réalisée afin d'estimer les sensibilités et spécificités des 3 test ELISA disponibles dans le commerce (Lurier et al. 2021), en se basant sur les travaux de Gache et al. Ainsi, il aurait été plus judicieux d'utiliser ces valeurs (Se = 0,89 et Sp = 0,95) pour nos calculs de tailles d'échantillons.

Concernant la SICA REVIA, avec une sensibilité et une spécificité parfaite, et une prévalence inter-troupeau supposée de 50% il fallait inclure 68 troupeaux dans notre étude. Bien que nous ayons choisi de sélectionner plus d'élevages (72), il aurait fallu échantillonner 86 élevages avec ces valeurs de Se et Sp. Néanmoins, la prévalence inter-troupeau observée au sein de l'échantillon est bien supérieur à 50% (77,8% (IC 95% : [68,3% - 87,2%])). De fait, même avec une Se = 0,89 et Sp = 0,95 et une prévalence inter-troupeau supposée de 65% (inférieure à la borne inférieure de l'intervalle de confiance), il aurait fallu échantillonner 59 élevages. Nous pouvons donc supposer que ce biais a été compensé par la forte prévalence inter-troupeaux sur le territoire. Concernant la SICALAIT, la quasi-totalité des élevages ont été inclus dans notre étude.

Ce biais n'a cependant pas été corrigé au niveau du nombre d'échantillons à analyser dans chaque élevage. Ainsi, il aurait fallu prélever 1 à 2 échantillons par élevage supplémentaire pour tenir compte de ces valeurs de sensibilité et spécificité.

b) *Biais géographique*

L'échantillon ayant été tiré au sort de manière aléatoire, il n'est pas équitablement réparti sur l'ensemble du territoire, ce qui est logique puisque la majorité des élevages bovins se situent dans l'ouest et le sud de l'île. Ce n'était pas l'objectif de notre échantillonnage mais la bactérie étant résistante dans l'environnement, il aurait été intéressant d'inclure des élevages bien répartis sur l'île. Néanmoins, la surveillance liée aux protocoles OSCAR a déjà permis de détecter la bactérie dans de nombreux endroits de l'île (données GDS).

c) *Biais d'informations*

De nombreuses informations manquent d'exhaustivité dans notre étude. Cela vient du fait que la principale source de nos données est le GDS. Ainsi, nous n'avons eu accès qu'aux avortements déclarés et aux ateliers de petits ruminants déclarés. Il serait très pertinent de renforcer cette étude en soumettant un questionnaire complet

aux éleveurs échantillonnés, afin d'approfondir l'analyse de facteurs de risque et ainsi prioriser les mesures de lutte à mettre en place sur le territoire.

3. *Perspectives*

- *Fièvre Q et cas humains*

Si on compare les prévalences bovines globales de 2014 et 2024, respectivement 11,8% et 22,4% on peut émettre l'hypothèse que le risque de contamination humaine a augmenté. Seulement, aucune donnée n'est disponible depuis l'étude de cohorte qui a eu lieu entre 2004 et 2017. Les études réalisées en médecine humaine alertent sur l'intérêt d'identifier la souche circulante (Mboussou et al. 2019), la présence de comorbidités comme l'obésité, le diabète ou encore des valvulopathies entraînant un risque accru de développer une forme chronique de la maladie. Les taux de ces comorbidités sont plus élevés qu'en France métropolitaine et pourraient expliquer la prévalence d'endocardites à fièvre Q chronique plus important que sur le territoire métropolitain (Aubin et al. 2023). La mutualisation des données en médecine humaine et en santé animale est essentielle pour protéger au mieux la santé humaine.

- *Fièvre Q et ruminants*

Afin de mieux caractériser la présence et la dynamique de la maladie sur le territoire, il est impératif de mener une étude similaire chez les ovins et les caprins. Il y a quelques éleveurs caprins en filière mais plus de 1000 sont des éleveurs indépendants. Il s'agit d'élevage traditionnel et familial, de nombreux particuliers ont quelques caprins dans leur cour et les mouvements d'animaux sont nombreux et impossible à tracer. Les caprins sont très excréteurs et les petits ruminants sont souvent à l'origine de contaminations humaines (Tan et al. 2023) ce qui renforce la nécessité d'investiguer rapidement ce compartiment afin de sensibiliser la population et les professionnels de santé humaine.

Il serait également intéressant de caractériser les souches qui circulent sur le territoire et pour aller plus loin, d'essayer de déterminer s'il y a des troupeaux excréteurs afin d'optimiser la mise en place d'une stratégie vaccinale en ciblant ces troupeaux. Pour compléter et actualiser l'étude d'il y a 10 ans, investiguer les facteurs de risque et les facteurs protecteurs permettraient également un renforcement des mesures de biosécurité.

- *Fièvre Q et carnivores domestiques*

Il serait également intéressant d'investiguer le lien avec les carnivores domestiques au vu de leur présence et de leur circulation sur le territoire, et caractériser le risque qu'ils représentent. De plus, les chiens ont récemment été suggérés comme des sentinelles dans la détection de la fièvre Q (Bowser, Anderson 2018).

Dans la continuité du projet FEADER, ces perspectives vont être explorées par le CIRAD et le GDS.

V. Conclusion

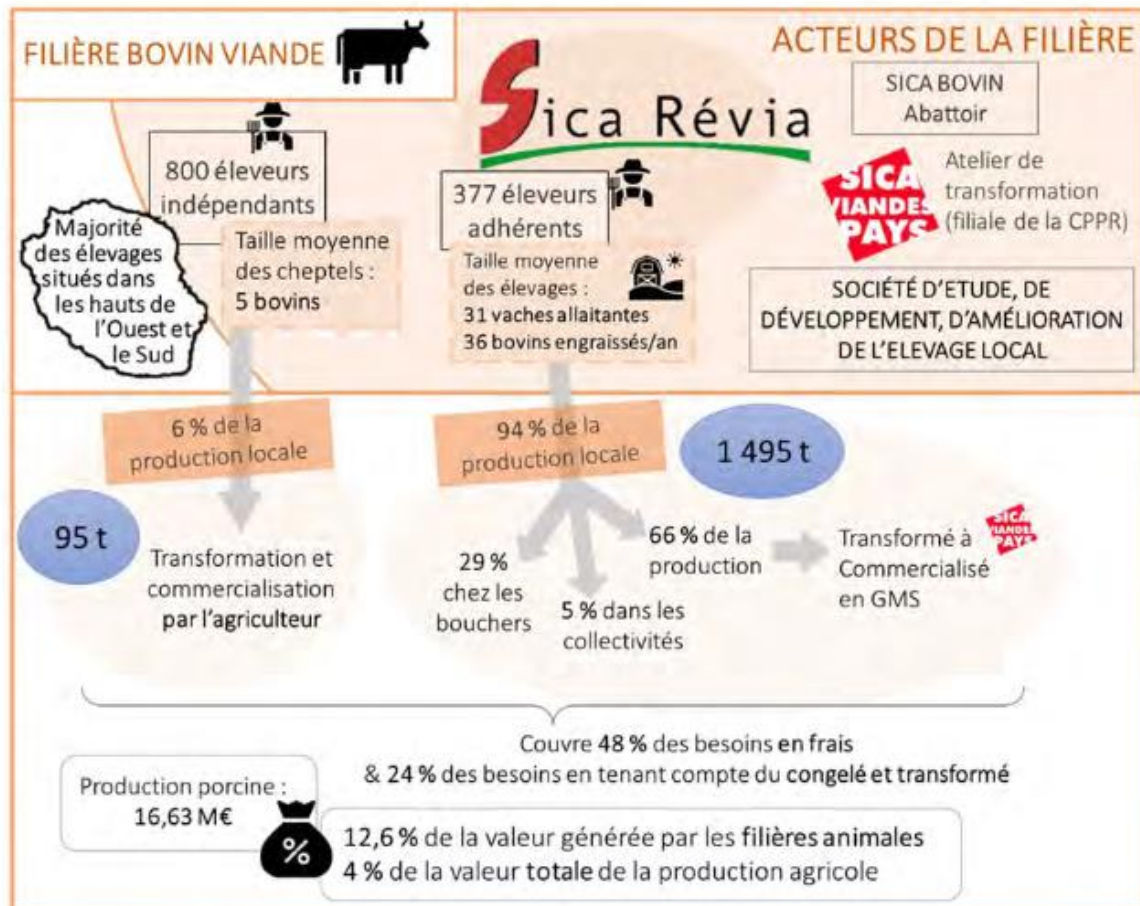
Les résultats obtenus démontrent que la fièvre Q est endémique à l'île de la Réunion, et suggèrent que sa prévalence a augmenté. L'analyse de facteurs de risque montre que la taille de troupeau et la zone géographique pourraient exercer une influence sur la séropositivité des troupeaux à la fièvre Q. Les fortes prévalences inter-troupeaux pourraient témoigner d'une endémicité importante.

Il semble impératif d'approfondir les recherches et de mettre en place des mesures de lutte telle que la vaccination des ruminants domestiques. La formation de groupes de travail devrait permettre la sensibilisation et renforcer les connaissances des différents acteurs de terrain quant à cette maladie. Cette initiative a déjà commencé avec la présentation des résultats préliminaires de cette étude qui a permis de soutenir et valider une demande de subventions pour le financement de la vaccination des élevages bovins par le département.

L'île de la Réunion est un territoire complexe en termes de contexte climatique, de relief, de densité d'animaux ou encore de pratiques d'élevages, c'est pourquoi il est nécessaire de renforcer la surveillance et de continuer les activités de recherches et de sensibilisation afin d'accompagner les éleveurs et protéger la population. Pour cela, l'appui des filières est indispensable et une approche One Health va être mise en place.

Annexes

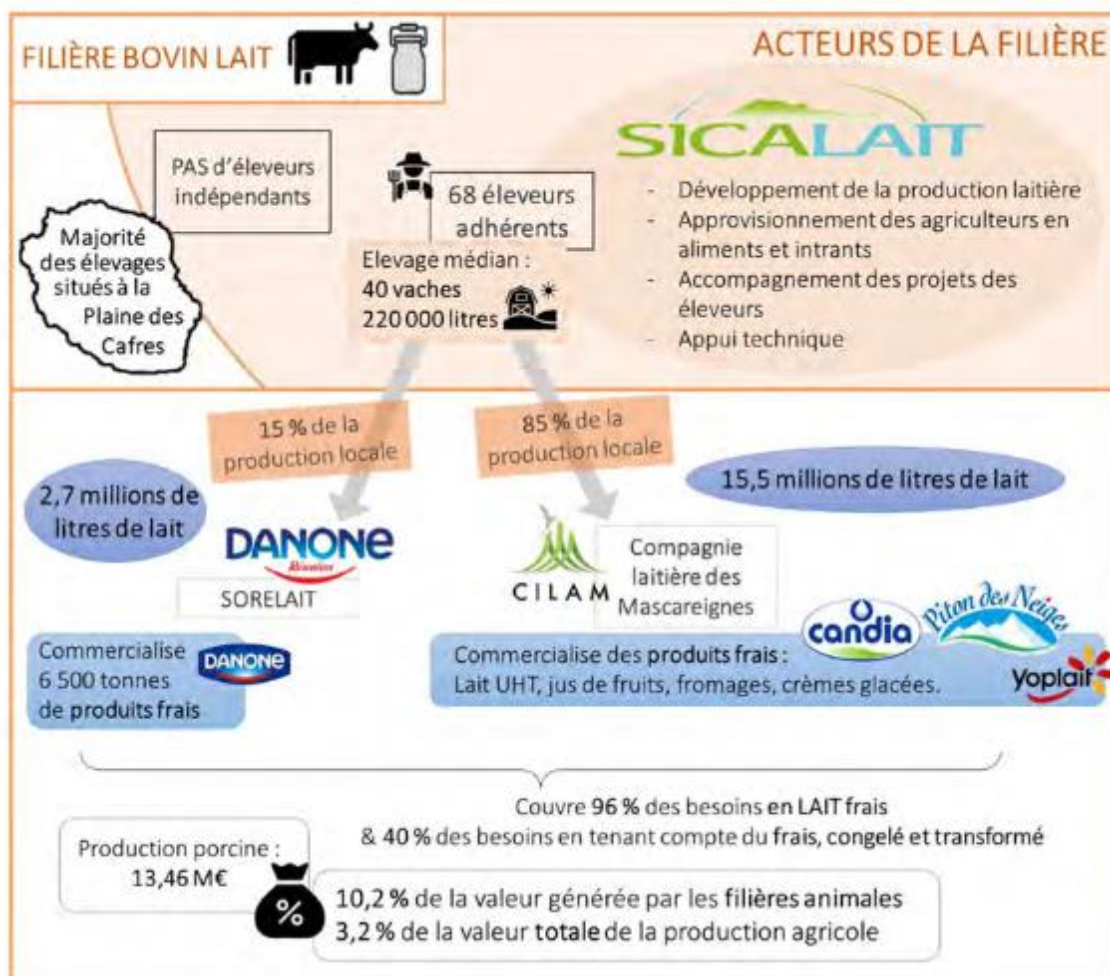
Annexe 1 : Les différentes filières d'élevage de ruminants à La Réunion, chiffres clés - la filière bovin viande



Source : CIRAD Réunion (Darras, Bosc, Mialet-Serra 2018)

Sources données : DAAF La Réunion (SISE - Service de l'information statistique et économique) 2019.

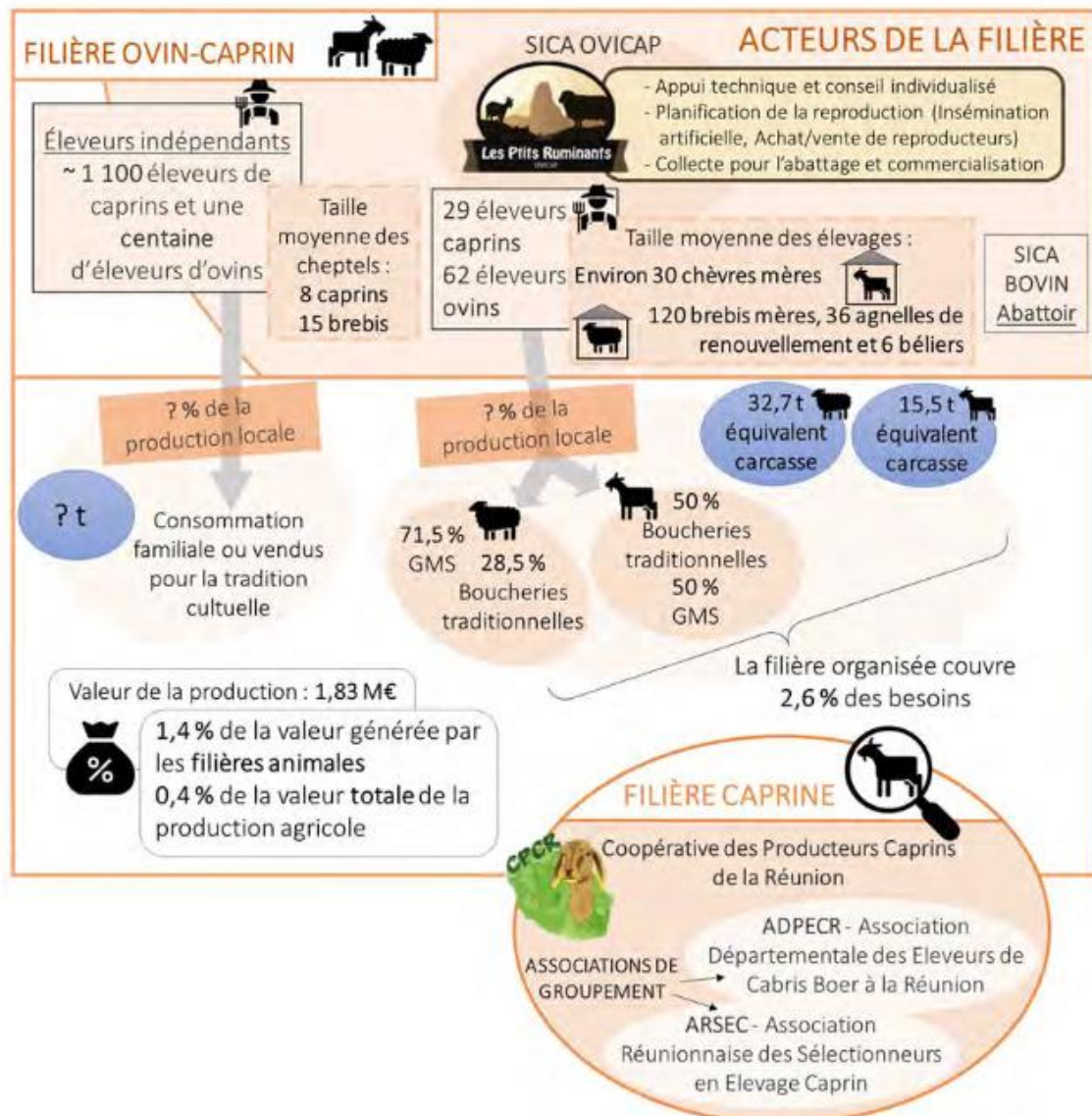
Annexe 2 : Les différentes filières d'élevage de ruminants à La Réunion, chiffres clés - la filière bovin lait



Source : CIRAD Réunion (Darras, Bosc, Mialet-Serra 2018)

Sources données : DAAF La Réunion (SISE - Service de l'information statistique et économique) 2019.

Annexe 3 : Les différentes filières d'élevage de ruminants à La Réunion, chiffres clés - la filière ovins et caprins



Source : CIRAD Réunion (Darras, Bosc, Mialet-Serra 2018)

Sources données : DAAF La Réunion (SISE - Service de l'information statistique et économique) 2019.

Annexe 4 : Plaquette de présentation du dispositif OSCAR



L'*Observatoire et suivi des causes d'avortements chez les ruminants (Oscar)* est un dispositif qui vise à colliger et valoriser les résultats du diagnostic différentiel des avortements (DDA) chez les ruminants. Sa finalité est d'améliorer la connaissance des causes infectieuses des avortements, afin d'adapter les mesures de diagnostic, de prévention, et de lutte.

Une démarche à trois niveaux complémentaires

► Le diagnostic individuel (service individuel à l'éleveur)

Les protocoles de DDA permettent au vétérinaire et à l'éleveur de conduire le diagnostic dans des conditions techniques optimisées. L'objectif est de pouvoir orienter l'action de l'éleveur en identifiant l'origine infectieuse des séries d'avortements.

► Des actions collectives à l'échelon départemental ou régional

Les protocoles de DDA ont vocation à servir de base au développement ou à la mise en place d'actions collectives. Leur objectif est d'aider ainsi les éleveurs au travers de la promotion et de l'aide à la mise en place dans les élevages du diagnostic différentiel afin, le cas échéant, de proposer les mesures de maîtrise adaptées.

► Le recueil et l'analyse des résultats de DDA à des fins de surveillance

Le recueil et l'analyse des résultats de DDA à des fins de surveillance doit permettre une amélioration des connaissances en vue d'adapter les mesures de diagnostic, de prévention, de surveillance et de lutte. Les membres du groupe de suivi de la Plateforme ESA ont défini les modalités d'agrégation et de synthèse des DDA effectués dans les départements ou régions qui se porteront volontaires pour appliquer les protocoles standardisés. En effet, l'exploitation collective des résultats à des fins de surveillance nécessite que les conditions du diagnostic soient suffisamment harmonisées.

Des protocoles harmonisés pour les bovins et les petits ruminants

Des protocoles standardisés ont été élaborés en fonction des connaissances et des outils actuellement disponibles par des groupes de travail comprenant.

- Des acteurs de terrain : GDS 04, GDS 12, GDS 41, GDS 64, GDS 70, GDS 74, GDS Corse, GDS Bretagne, GDS Limousin, FRGDS Poitou-Charentes, FRGDS Midi-Pyrénées, LDA 05, LDA 16, LDA 53, LDA 58, LDA 64, LDA 79, LDA 85, GTV 12, GTV 29, GTV 62, GTV 63, FRGTV Midi-Pyrénées, DDecPP 53, DDecPP 56.
- Des représentants nationaux et des experts : Races de France, Institut de l'Élevage, Oniris, GDS France, SNGTV, Adilva, ENVV, Anses Niort, Anses Maisons-Alfort, Anses Sophia Antipolis, Anses Ploufragan, LNCR, Inra Nouzilly, VetAgro Sup.

Ces protocoles comprennent pour chaque maladie

- Le type du ou des prélèvement(s) possible(s)
- Les animaux à prélever
- L'analyse ou les analyses possible(s)
- La grille d'interprétation des résultats

► Maladies prises en compte

Dans les départements/régions participants, le diagnostic sera systématiquement entrepris en première intention pour un « pack » de maladies :

- ⊗ Pour les bovins : fièvre Q, BVD, néosporose
- ⊗ Pour les petits ruminants : fièvre Q, toxoplasmose, chlamydie

Au-delà de ce pack de maladies de 1^{ère} intention, Oscar collectera les résultats de tout diagnostic entrepris le cas échéant, pour les maladies pour lesquelles une grille définie et commune d'interprétation des résultats est disponible.

- ⊗ Pour les bovins : avortements d'origine mycosique (notamment liés à *Aspergillus*), avortements dus aux salmonelles, aux *Chlamydia*, à *Listeria monocytogenes*, à des leptospires, à *Campylobacter fetus fetus* et *fetus venerealis*, avortements liés à *Anaplasma marginale* (anaplasmose), avortements liés à *Anaplasma phagocytophilum* (ehrlichiose).
- ⊗ Pour les petits ruminants : avortements dus au virus de la Border Disease, à des salmonelles (plus particulièrement *Salmonella abortus ovis*), à *Listeria monocytogenes*, avortements d'origine mycosique (notamment liés à *Aspergillus*).

► Valorisation des données agrégées

La valorisation de ces données agrégées repose sur la transmission par les GDS de données anonymées dans un module informatique spécifique.

Les données colligées seront analysées régulièrement, ce qui permettra de fournir à l'ensemble des acteurs du dispositif des informations sur la distribution des causes d'avortements chez les ruminants et son évolution dans l'espace et dans le temps.

► Seuil de déclenchement du protocole

⊗ Pour les bovins

- ✓ Avortements rapprochés : 2 avortements ou plus en 30 jours ou moins

OU

- ✓ Avortements espacés : 3 avortements ou plus en 9 mois, quelle que soit la taille du cheptel

⊗ Pour les petits ruminants

- ✓ Avortements rapprochés : 3 avortements ou plus en 7 jours ou moins

OU

- ✓ Avortements espacés : évaluation sur le lot de reproduction et sur une durée de 3 mois :
 - < 250 femelles : 4 % d'avortements
 - > 250 femelles : à partir du 10^{ème} avortement, quelle que soit la taille du lot/ troupeau

► Grille d'interprétation des résultats

Une gradation des niveaux d'imputabilité des séries d'avortements aux différents agents a été définie par le groupe de suivi de la Plateforme ESA.

- **Peu probable** : on considère que l'épisode abortif n'est pas lié à l'agent étiologique recherché.
- **Possible** : on considère qu'il est possible, mais pas de façon certaine, que l'épisode abortif soit lié à l'agent étiologique recherché.
- **Forte** : on considère que l'épisode abortif est lié à l'agent étiologique recherché.
- **Non conclusif** : on considère que les résultats d'analyses ne permettent pas de conclure et notamment d'exclure l'imputabilité de l'épisode abortif à l'agent étiologique recherché. Des investigations complémentaires sont le cas échéant à mener.
- **« Non conforme »** : réservé aux situations dans lesquelles le protocole n'a pas été suffisamment respecté pour permettre une interprétation.

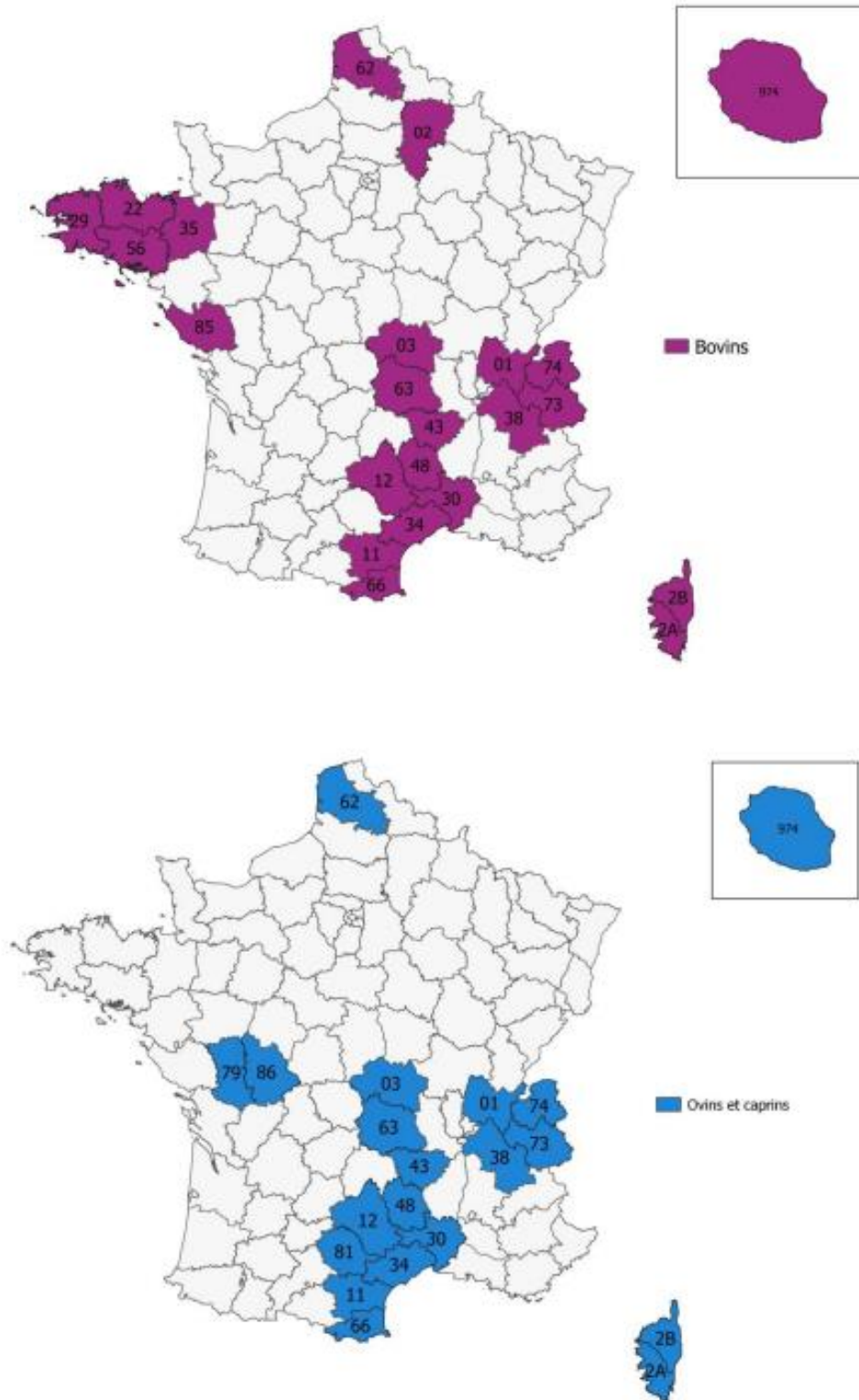
Organisation

Ce projet est mené dans le cadre de la thématique « Avortements chez les ruminants », une des thématiques prioritaires de la Plateforme nationale d'épidémiologie en santé animale (Plateforme ESA). Ce projet est piloté par GDS France, avec l'appui d'un groupe de suivi qui réunit des acteurs locaux (LDA, DDecPP, GDS, GTV), et des représentants nationaux (DGAL, Anses, Adilva, SNGTV, l'Institut de l'Élevage, Oniris et Coop de France).



Source : plateforme ESA

Annexe 5 : Répartition géographique des départements engagés dans le dispositif Oscar en 2022 en élevages bovins (23 départements engagés) et en élevages ovins et caprins (20 départements), soit 26 départements au total engagés pour une ou plusieurs espèces de ruminants domestiques



Source : plateforme ESA

Annexe 6 : Plaquette de présentation du protocole aux coopératives - CIRAD UMR-Astre - 2024



ETUDE FIEVRE Q
Année 2024



CONTEXTE

- Maladie bactérienne qui touche de nombreuses espèces animales (dont l'Homme)
- Cause des vagues d'avortements en élevage
- Forte excrétion de la bactérie lors des avortements (risques pour les éleveurs et le voisinage)
- Prévalence bovine à La Réunion : 11,8% (étude de 2014)

- **Problématique économique en élevage**
- **Zoonose : risque pour la santé humaine**

Objectifs :

- prévalences et cartographie de la maladie sur le territoire (au sein des filières de bovins, caprins, ovins et des éleveurs indépendants)

Quoi

ELEVAGES SICA REVIA

Estimer la prévalence de la fièvre Q au sein des troupeaux de la SICA REVIA = proportion d'élevages positifs à la fièvre Q

CARNIVORES DOMESTIQUES

Estimer la prévalence de la fièvre Q chez les carnivores domestiques

Comment

ECHANTILLONS

Utilisation de la sérothèque de la prophylaxie bovine de 2023
Analyses réalisées au Cyroi en partenariat avec le LDA974

PREVALENCE GLOBALE

Résultats attendus - prévalence troupeaux :
élevages sélectionnés aléatoirement (non vaccinés)
-> proportion de troupeaux positifs au sein de la SICA REVIA

STATUT DES ELEVAGES TESTES

Résultats attendus - statut des élevages testés
animaux sélectionnés aléatoirement (+ 2 ans)
-> Statut positif ou négatif déterminé selon un seuil de détection

ECHANTILLONS

Récupération de sérum de carnivores domestiques dans les cliniques vétérinaires

Application

LUTTE ET ASSAINISSEMENT

Ces résultats permettront à la SICA REVIA :

- d'adapter les mesures de lutte (vaccination)
- de définir des priorités (cartographie de la maladie)
- d'accompagner dès maintenant les éleveurs positifs

BILAN

Ces résultats permettront de préciser le rôle des carnivores dans l'épidémiologie de la fièvre Q sur l'île

RÉSULTATS ATTENDUS

Cette étude sur la fièvre Q apportera des données fiables et récentes aux filières d'élevage de ruminants sur la situation épidémiologique à l'île de la Réunion.

2025 - SUITES DU PROJET

- identifier besoins partenaires
- poursuites investigations
- approche One Health

A LONG TERME

- Création groupe de travail autour de la fièvre Q
- Plan de lutte à long terme

Etude menée par Cirad Astre et GDS RUN

Bibliographie

AGAG, Salah, MEDROUH, Bachir, KHALED, Hamza, MEDKOUR, Hacène, LEULMI, Hamza, DJEGHIM, Hanene, KAIDI, Rachid et KHELEF, Djamel, 2024. Prevalence and associated risk factors of anti-Coxiella burnetii antibodies in dairy cattle herds using bulk tank milk analysis in Kabylia area, north Algeria. *Tropical Animal Health and Production*. 20 mars 2024. Vol. 56, n° 3, pp. 106. DOI 10.1007/s11250-024-03950-y.

AHOUSSOU, Sylvie, 2023. *Bilan du GDS de l'île de la Réunion - Rapport de 2023* [en ligne]. [Consulté le 6 mai 2024]. Disponible à l'adresse : <https://partage.envt.fr/service/home/~/?auth=co&loc=fr&id=61526&part=2>

ANASTÁCIO, S., TAVARES, N., CAROLINO, N., SIDI-BOUMEDINE, K. et DA SILVA, G. J., 2013. Serological evidence of exposure to Coxiella burnetii in sheep and goats in central Portugal. *Veterinary Microbiology*. 27 décembre 2013. Vol. 167, n° 3-4, pp. 500-505. DOI 10.1016/j.vetmic.2013.08.004.

ANSES, 2015. AVIS de l'Anses relatif à l' « impact de la leucose bovine enzootique dans les départements d'outre-mer ». *Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail* [en ligne]. 23 juillet 2015. [Consulté le 25 août 2024]. Disponible à l'adresse : <https://www.anses.fr/fr/content/avis-de-lanses-relatif-%C3%A0-l-%C2%AB-impact-de-la-leucose-bovine-enzootique-dans-les-d%C3%A9partements-d>

AUBIN, A., ELDIN, C., ZEMALI, N., JAUBERT, J., KOUMAR, Y., MOITON, M., POUBEAU, P., BRAUNBERGER, E., GERARDIN, P. et BERTOLOTTI, A., 2020. Données cliniques autour de la fièvre Q aiguë à La Réunion : étude de cohorte rétrospective. *Médecine et Maladies Infectieuses*. septembre 2020. Vol. 50, n° 6, pp. S197. DOI 10.1016/j.medmal.2020.06.423.

AUBIN, Alexandra, ELDIN, Carole, ZEMALI, Naël, JAUBERT, Julien, KOUMAR, Yatrika, MOITON, Marie-Pierre, POUBEAU, Patrice, BRAUNBERGER, Eric, GÉRARDIN, Patrick et BERTOLOTTI, Antoine, 2023. Clinical and Epidemiological Aspects of Acute Q Fever in Reunion Island over Fourteen Years: A Retrospective Cohort Study. *Microorganisms*. 3 octobre 2023. Vol. 11, n° 10, pp. 2485. DOI 10.3390/microorganisms11102485.

AZIZZADEH, Mohammad, MOHAMMADI, Gholam Reza, HAGHPARAST, Ali Reza et HEIDARPOUR-BAMI, Mohammad, 2011. Seroepidemiology of Coxiella Burnetii in commercial dairy herds in northeast of Iran. *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology*. 1 août 2011. Vol. 3, n° 2, pp. 33-40. DOI 10.22067/veterinary.v3i2.17875.

- BACA, O. G. et PARETSKY, D., 1983. Q fever and *Coxiella burnetii*: a model for host-parasite interactions. *Microbiological Reviews*. juin 1983. Vol. 47, n° 2, pp. 127-149. DOI 10.1128/mr.47.2.127-149.1983.
- BALTZELL, Kimberly A., SHEN, Hua Min, KRISHNAMURTHY, Savitri, SISON, Jennette D., NUOVO, Gerard J. et BUEHRING, Gertrude C., 2018. Bovine leukemia virus linked to breast cancer but not coinfection with human papillomavirus: Case-control study of women in Texas. *Cancer*. 1 avril 2018. Vol. 124, n° 7, pp. 1342-1349. DOI 10.1002/cncr.31169.
- BORODUSKE, A., TROFIMOVA, J., KIBILDS, J., PAPULE, U., SERGEJEVA, M., RODZE, I. et GRANTINA-IEVINA, L., 2017. *Coxiella burnetii* (Q fever) infection in dairy cattle and associated risk factors in Latvia. *Epidemiology and Infection*. juillet 2017. Vol. 145, n° 10, pp. 2011-2019. DOI 10.1017/S0950268817000838.
- BÖTTCHER, Jens, VOSSSEN, Annette, JANOWETZ, Britta, ALEX, Michaela, GANGL, Armin, RANDT, Andreas et MEIER, Norbert, 2011. Insights into the dynamics of endemic *Coxiella burnetii* infection in cattle by application of phase-specific ELISAs in an infected dairy herd. *Veterinary Microbiology*. 5 août 2011. Vol. 151, n° 3-4, pp. 291-300. DOI 10.1016/j.vetmic.2011.03.007.
- BOUSSES, Philippe, DEHECQ, Jean-Sébastien et FONTENILLE, Didier, 2021. *Les moustiques de l'île de La Réunion* [en ligne]. IRD Editions. Marseille. [Consulté le 10 août 2024]. Didactiques. ISBN 978-2-7099-2864-9. Disponible à l'adresse : <https://books.openedition.org/irdeditions/42600?lang=fr>
- BOWSER, Natasha H. et ANDERSON, Neil E., 2018. Dogs (*Canis familiaris*) as Sentinels for Human Infectious Disease and Application to Canadian Populations: A Systematic Review. *Veterinary Sciences*. décembre 2018. Vol. 5, n° 4, pp. 83. DOI 10.3390/vetsci5040083.
- BRINDHA, S., SHINDE, Shilpshri V., BHURE, Mahaling, CHAUDHARI, Sandeep P., KHAN, Wiqar A., KURKURE, Nitin V., RAWOOL, Deepak B. et BARBUDDHE, Sukhadeo B., 2024. Occurrence of Coxiellosis in ruminants and its associated risk factors. *Acta Tropica*. juillet 2024. Vol. 255, pp. 107235. DOI 10.1016/j.actatropica.2024.107235.
- BRONNER, Anne, HÉNAUX, Viviane, FORTANÉ, Nicolas, HENDRIKX, Pascal et CALAVAS, Didier, 2014. Why do farmers and veterinarians not report all bovine abortions, as requested by the clinical brucellosis surveillance system in France? *BMC veterinary research*. 24 avril 2014. Vol. 10, pp. 93. DOI 10.1186/1746-6148-10-93.
- BRONNER, Anne, HÉNAUX, Viviane, VERGNE, Timothée, VINARD, Jean-Luc, MORIGNAT, Eric, HENDRIKX, Pascal, CALAVAS, Didier et GAY, Emilie, 2013. Assessing the Mandatory Bovine Abortion Notification System in France Using Unilist Capture-Recapture

Approach. *PLOS ONE*. 14 mai 2013. Vol. 8, n° 5, pp. e63246.
DOI 10.1371/journal.pone.0063246.

BUHARIWALLA, F, CANN, B et MARRIE, T J, 1996. A Dog-Related Outbreak of Q Fever. . 1996.

CARDINALE, Eric, ESNAULT, Olivier, BERAL, Marina, NAZE, Florence et MICHAULT, Alain, 2014. Emergence of *Coxiella burnetii* in Ruminants on Reunion Island? Prevalence and Risk Factors. VINETZ, Joseph M. (éd.), *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 7 août 2014. Vol. 8, n° 8, pp. e3055. DOI 10.1371/journal.pntd.0003055.

CDC, 2013. About Q fever. *Q Fever* [en ligne]. 2013. [Consulté le 18 août 2024].
Disponible à l'adresse : <https://www.cdc.gov/q-fever/about/index.html>

COMMISSION EUROPÉENNE, 1999. 1999/465/CE: *Décision de la Commission du 13 juillet 1999 établissant le statut d'officiellement indemne de leucose bovine enzootique des troupeaux bovins de certains États membres ou régions d'États membres [notifiée sous le numéro C(1999) 2083] (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)* [en ligne]. 13 juillet 1999. [Consulté le 12 août 2024]. Disponible à l'adresse :
<http://data.europa.eu/eli/dec/1999/465/oj/fra>

DAAF, 2014. Le Plan Réunionnais de Développement Durable de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire PRAAD. . 2014.

DAAF, 2019. *Etude Agreste : Filière ovin caprin* [en ligne]. [Consulté le 25 août 2024].
Disponible à l'adresse :
https://daaf.reunion.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/20210823_Fiche_Filiere_ovin_caprin_cl_e81129f.pdf

DARRAS, Adèle, BOSCH, Pierre-Marie et MIALET-SERRA, Isabelle, 2018. L'agriculture de La Réunion : évolution, chiffres clés et défis. . 2018.

DELALOYE, Julie et GREUB, Gilbert, 2013. Fièvre Q : une zoonose souvent méconnue. *Revue Médicale Suisse*. 2013. Vol. 9, n° 383, pp. 879-884.
DOI 10.53738/REVMED.2013.9.383.0879.

DIJKSTRA, Frederika, VAN DER HOEK, Wim, WIJERS, Nancy, SCHIMMER, Barbara, RIETVELD, Ariene, WIJKMANS, Clementine J., VELLEMA, Piet et SCHNEEBERGER, Peter M., 2012. The 2007–2010 Q fever epidemic in the Netherlands: characteristics of notified acute Q fever patients and the association with dairy goat farming. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*. 1 février 2012. Vol. 64, n° 1, pp. 3-12.
DOI 10.1111/j.1574-695X.2011.00876.x.

DURR, Peter A., GRAHAM, Kerryne et VAN KLINKEN, Riëks D., 2017. Sellers' Revisited: A Big Data Reassessment of Historical Outbreaks of Bluetongue and African Horse

Sickness due to the Long-Distance Wind Dispersion of Culicoides Midges. *Frontiers in Veterinary Science*. 2017. Vol. 4, pp. 98. DOI 10.3389/fvets.2017.00098.

ELDIN, Carole, MÉLENOTTE, Cléa, MEDIANNIKOV, Oleg, GHIGO, Eric, MILLION, Matthieu, EDOUARD, Sophie, MEGE, Jean-Louis, MAURIN, Max et RAOULT, Didier, 2017. From Q Fever to Coxiella burnetii Infection: a Paradigm Change. *Clinical Microbiology Reviews*. janvier 2017. Vol. 30, n° 1, pp. 115-190. DOI 10.1128/CMR.00045-16.

EPLFPA-CFPPA DE SAINT-PAUL, 2018. *L'ERRANCE DES CARNIVORES DOMESTIQUES À LA RÉUNION 2017 - 2018*.

FERRARA, Gianmarco, PAGNINI, Ugo, IMPRODA, Elvira, IOVANE, Giuseppe et MONTAGNARO, Serena, 2024. Pigs in southern Italy are exposed to three ruminant pathogens: an analysis of seroprevalence and risk factors analysis study. *BMC veterinary research*. 8 mai 2024. Vol. 20, n° 1, pp. 183. DOI 10.1186/s12917-024-04037-4.

GACHE, K., ROUSSET, E., PERRIN, J. B., DE CREMOUX, R., HOSTEING, S., JOURDAIN, E., GUATTEO, R., NICOLLET, P., TOURATIER, A., CALAVAS, D. et SALA, C., 2017. Estimation of the frequency of Q fever in sheep, goat and cattle herds in France: results of a 3-year study of the seroprevalence of Q fever and excretion level of Coxiella burnetii in abortive episodes. *Epidemiology and Infection*. novembre 2017. Vol. 145, n° 15, pp. 3131-3142. DOI 10.1017/S0950268817002308.

GISBERT, Philippe, GARCIA-ISPIERTO, Irina, QUINTELA, Luis Angel et GUATTEO, Raphaël, 2024. Coxiella burnetii and Reproductive Disorders in Cattle: A Systematic Review. *Animals: an open access journal from MDPI*. 27 avril 2024. Vol. 14, n° 9, pp. 1313. DOI 10.3390/ani14091313.

HEINZEN, R. A., HACKSTADT, T. et SAMUEL, J. E., 1999. Developmental biology of Coxiella burnetii. *Trends in Microbiology*. avril 1999. Vol. 7, n° 4, pp. 149-154. DOI 10.1016/s0966-842x(99)01475-4.

IMAZ PRESS, 2015. La Réunion exclue du droit commun sanitaire et vétérinaire. [en ligne]. 13 novembre 2015. [Consulté le 25 août 2024]. Disponible à l'adresse : <https://imazpress.com/photo-du-jour/la-reunion-exclue-du-droit-commun-sanitaire-et-veterinaire>

JAUBERT, Julien, NAZE, Florence, CAMUSET, Guillaume, LARRIEU, Sophie, PASCALIS, Hervé, GUERNIER, Vanina, NATY, Nadège, BERTOLOTTI, Antoine, MANAQUIN, Rodolphe, MBOUSSOU, Yoan, ATIANA, Laura, PICOT, Sandrine, FILLEUL, Laurent, TORTOSA, Pablo, CARDINALE, Eric et GÉRARDIN, Patrick, 2019. Seroprevalence of Coxiella burnetii (Q fever) Exposure in Humans on Reunion Island. *Open Forum Infectious Diseases*. 15 mai 2019. Vol. 6, n° 7, pp. ofz227. DOI 10.1093/ofid/ofz227.

KLEMMER, Jessica, NJERU, John, EMAM, Aya, EL-SAYED, Ahmed, MOAWAD, Amira A., HENNING, Klaus, ELBESKAWY, Mohamed A., SAUTER-LOUIS, Carola, STRAUBINGER, Reinhard K., NEUBAUER, Heinrich et EL-DIASTY, Mohamed M., 2018. Q fever in Egypt: Epidemiological survey of Coxiella burnetii specific antibodies in cattle, buffaloes, sheep, goats and camels. *PloS One*. 2018. Vol. 13, n° 2, pp. e0192188. DOI 10.1371/journal.pone.0192188.

La SICA REVIA, [sans date]. *Boeuf Pays Réunion* [en ligne]. [Consulté le 25 août 2024]. Disponible à l'adresse : <https://toutsurleboeufpays.com/la-sica-revia/>

LAMBTON, S. L., SMITH, R. P., GILLARD, K., HORIGAN, M., FARREN, C. et PRITCHARD, G. C., 2016. Serological survey using ELISA to determine the prevalence of Coxiella burnetii infection (Q fever) in sheep and goats in Great Britain. *Epidemiology and Infection*. janvier 2016. Vol. 144, n° 1, pp. 19-24. DOI 10.1017/S0950268815000874.

LÉGIFRANCE, 2015. *Arrêté du 1er octobre 2015 modifiant les conditions de prévention, de surveillance et de lutte contre la leucose bovine enzootique - Légifrance* [en ligne]. 1 octobre 2015. [Consulté le 25 août 2024]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000031288336>

LEONE, Marc, HONSTETTRE, Amélie, LEPIDI, Hubert, CAPO, Christian, BAYARD, Francis, RAOULT, Didier et MEGE, Jean-Louis, 2004. Effect of sex on Coxiella burnetii infection: protective role of 17beta-estradiol. *The Journal of Infectious Diseases*. 15 janvier 2004. Vol. 189, n° 2, pp. 339-345. DOI 10.1086/380798.

LURIER, Thibaut, ROUSSET, Elodie, GASQUI, Patrick, SALA, Carole, CLAUSTRE, Clément, ABRIAL, David, DUFOUR, Philippe, DE CRÉMOUX, Renée, GACHE, Kristel, DELIGNETTE-MULLER, Marie Laure, AYRAL, Florence et JOURDAIN, Elsa, 2021. Evaluation using latent class models of the diagnostic performances of three ELISA tests commercialized for the serological diagnosis of Coxiella burnetii infection in domestic ruminants. *Veterinary Research*. 2021. Vol. 52, pp. 56. DOI 10.1186/s13567-021-00926-w.

MAURIN, M. et RAOULT, D., 1999. Q fever. *Clinical Microbiology Reviews*. octobre 1999. Vol. 12, n° 4, pp. 518-553. DOI 10.1128/CMR.12.4.518.

MBOUSSOU, Yoan, JAUBERT, Julien, LARRIEU, Sophie, ATIANA, Laura, NAZE, Florence, FOLIO, Christine, RANDRIANAIVO, Hanitra, BERTOLOTI, Antoine, PICOT, Sandrine, ROBILLARD, Pierre-Yves, BOUKERROU, Malik et GÉRARDIN, Patrick, 2019. Pregnancy outcomes of Q fever: prospective follow-up study on Reunion island. *BMC infectious diseases*. 27 novembre 2019. Vol. 19, n° 1, pp. 1001. DOI 10.1186/s12879-019-4619-6.

MCCAUGHEY, C., MURRAY, L. J., MCKENNA, J. P., MENZIES, F. D., MCCULLOUGH, S. J., O'NEILL, H. J., WYATT, D. E., CARDWELL, C. R. et COYLE, P. V., 2010. Coxiella burnetii (Q

fever) seroprevalence in cattle. *Epidemiology and Infection*. janvier 2010. Vol. 138, n° 1, pp. 21-27. DOI 10.1017/S0950268809002854.

MCCAUL, T. F. et WILLIAMS, J. C., 1981. Developmental cycle of *Coxiella burnetii*: structure and morphogenesis of vegetative and sporogenic differentiations. *Journal of Bacteriology*. septembre 1981. Vol. 147, n° 3, pp. 1063-1076. DOI 10.1128/jb.147.3.1063-1076.1981.

MILKESA, Ashenafi, RUFANEL, Tesfaye, KINFÉ, Getachew, BELAINEH, Redeat, BULBULA, Abdella, CHO, Donghee, NAIMUDDIN, Mohammed, SORI, Teshale et DINKA, Hunduma, 2024. A sero-epidemiological analysis of *Coxiella burnetii* infection and its risk factors in livestock from Addis Ababa, Adama, and Modjo abattoirs and pastoral areas of Oromia, Ethiopia. *PLoS neglected tropical diseases*. juillet 2024. Vol. 18, n° 7, pp. e0012287. DOI 10.1371/journal.pntd.0012287.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, 2023. Maladies animales : la brucellose. *Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire* [en ligne]. 2023. [Consulté le 10 mai 2024]. Disponible à l'adresse : <https://agriculture.gouv.fr/maladies-animales-la-brucellose>

NEARE, Kädi, TUMMELEHT, Lea, LASSEN, Brian et VILTROP, Arvo, 2023. *Coxiella burnetii* Seroprevalence and Associated Risk Factors in Cattle, Sheep, and Goats in Estonia. *Microorganisms*. 23 mars 2023. Vol. 11, n° 4, pp. 819. DOI 10.3390/microorganisms11040819.

NIEMCZUK, Krzysztof, SZYMAŃSKA-CZERWIŃSKA, Monika, ŚMIETANKA, Krzysztof et BOCIAN, Łukasz, 2014. Comparison of diagnostic potential of serological, molecular and cell culture methods for detection of Q fever in ruminants. *Veterinary Microbiology*. 25 juin 2014. Vol. 171, n° 1-2, pp. 147-152. DOI 10.1016/j.vetmic.2014.03.015.

NUSINOVICI, S., HOCH, T., BRAHIM, M. L., JOLY, A. et BEAUDEAU, F., 2017. The Effect of Wind on *Coxiella burnetii* Transmission Between Cattle Herds: a Mechanistic Approach. *Transboundary and Emerging Diseases*. avril 2017. Vol. 64, n° 2, pp. 585-592. DOI 10.1111/tbed.12423.

OAKLEY, Regina Bina, GEMECHU, Gizachew, GEBREGIORGIS, Ashenafi, ALEMU, Ayinalem, ZINSSTAG, Jakob, PARIS, Daniel Henry et TSCHOPP, Rea, 2024. Seroprevalence and risk factors for Q fever and Rift Valley fever in pastoralists and their livestock in Afar, Ethiopia: A One Health approach. *PLoS neglected tropical diseases*. 23 août 2024. Vol. 18, n° 8, pp. e0012392. DOI 10.1371/journal.pntd.0012392.

OIE, 2024. Manuel des tests de diagnostic et des vaccins pour les animaux terrestres, treizième édition 2024. [en ligne]. 2024. [Consulté le 25 août 2024]. Disponible à l'adresse :

https://www.woah.org/fileadmin/Home/fr/Health_standards/tahm/3.01.18_Q_FEVER.pdf

PEXARA, Andreana, SOLOMAKOS, Nikolaos et GOVARIS, Alexander, 2018. Q fever and seroprevalence of *Coxiella burnetii* in domestic ruminants. *Veterinaria Italiana*. 31 décembre 2018. Vol. 54, n° 4, pp. 265-279. DOI 10.12834/VetIt.1113.6046.3.

PLATEFORME ESA, 2021. Observatoire et suivi des causes d'avortements chez les ruminants (Oscar). [en ligne]. 2021. [Consulté le 10 mai 2024]. Disponible à l'adresse : <https://www.plateforme-esa.fr/fr/observatoire-et-suivi-des-causes-davortements-chez-les-ruminants-oscar>

PLATEFORME ESA, 2022. Fièvre Q. [en ligne]. 2022. [Consulté le 16 mai 2024]. Disponible à l'adresse : <https://www.plateforme-esa.fr/fr/fievre-q>

PLATEFORME ESA, 2023. *Observatoire et suivi des causes d'avortements chez les ruminants (OSCAR)*.

PORTAIL GÉORISQUES, [sans date]. Dossier expert sur les vents cycloniques | Géorisques. [en ligne]. [Consulté le 10 août 2024]. Disponible à l'adresse : <https://www.georisques.gouv.fr/consulter-les-dossiers-thematiques/vents-cycloniques>

PORTER, Sarah Rebecca, CZAPLICKI, Guy, MAINIL, Jacques, GUATTÉO, Raphaël et SAEGERMAN, Claude, 2011. Q Fever: current state of knowledge and perspectives of research of a neglected zoonosis. *International Journal of Microbiology*. 2011. Vol. 2011, pp. 248418. DOI 10.1155/2011/248418.

Qui sommes-nous ? | La SICALAIT, [sans date]. [en ligne]. [Consulté le 25 août 2024]. Disponible à l'adresse : <https://sica-lait.re/historique/>

RERKYUSUKE, Sarinya, LERK-U-SUKE, Sawarin, SUKON, Peerapol et PHUEKTES, Patchara, 2024. Prevalence and risk factors of coxiellosis in meat goat herds: an epidemiological investigation in Northeastern Thailand. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*. 2024. Vol. 12, n° 1, pp. 60-70. DOI 10.1080/23144599.2024.2379713.

RODÓ, Xavier, CURCOLL, Roger, ROBINSON, Marguerite, BALLESTER, Joan, BURNS, Jane C., CAYAN, Daniel R., LIPKIN, W. Ian, WILLIAMS, Brent L., COUTO-RODRIGUEZ, Mara, NAKAMURA, Yosikazu, UEHARA, Ritei, TANIMOTO, Hiroshi et MORGUÍ, Josep-Anton, 2014. Tropospheric winds from northeastern China carry the etiologic agent of Kawasaki disease from its source to Japan. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 3 juin 2014. Vol. 111, n° 22, pp. 7952-7957. DOI 10.1073/pnas.1400380111.

ROEST, H. I. J., BOSSERS, A. et REBEL, J. M. J., 2013. Q fever diagnosis and control in domestic ruminants. *Developments in Biologicals*. 2013. Vol. 135, pp. 183-189. DOI 10.1159/000188081.

ROEST, Hendrik-Jan, VAN GELDEREN, Betty, DINKLA, Annemieke, FRANGOULIDIS, Dimitrios, VAN ZIJDERVELD, Fred, REBEL, Johanna et VAN KEULEN, Lucien, 2012. Q fever in pregnant goats: pathogenesis and excretion of *Coxiella burnetii*. *PloS One*. 2012. Vol. 7, n° 11, pp. e48949. DOI 10.1371/journal.pone.0048949.

ROUSSET, E, BOUVERY, N Arricau, SOURIAU, A, HUARD, C, RODOLAKIS, A, PEPIN, M et AUBERT, M, 2003. LES MODALITÉS DE TRANSMISSION DE LA FIÈVRE Q À L'HOMME. . 2003.

SCHIMMER, Barbara, LUTTIKHOLT, Saskia, HAUTVAST, Jeannine L. A., GRAAT, Elisabeth A. M., VELLEMA, Piet et DUYNHOVEN, Yvonne T. H. P. van, 2011. Seroprevalence and risk factors of Q fever in goats on commercial dairy goat farms in the Netherlands, 2009-2010. *BMC veterinary research*. 30 décembre 2011. Vol. 7, pp. 81. DOI 10.1186/1746-6148-7-81.

SCOLAMACCHIA, Francesca, HANDEL, Ian G., FÈVRE, Eric M., MORGAN, Kenton L., TANYA, Vincent N. et BRONSVOORT, Barend M. de C., 2010. Serological patterns of brucellosis, leptospirosis and Q fever in *Bos indicus* cattle in Cameroon. *PloS One*. 21 janvier 2010. Vol. 5, n° 1, pp. e8623. DOI 10.1371/journal.pone.0008623.

SHOME, Rajeswari, DEKA, Ram Pratim, MILESH, Ligi, SAHAY, Swati, GRACE, Delia et LINDAHL, Johanna F., 2019. *Coxiella* seroprevalence and risk factors in large ruminants in Bihar and Assam, India. *Acta Tropica*. juin 2019. Vol. 194, pp. 41-46. DOI 10.1016/j.actatropica.2019.03.022.

STEIN, A., SAUNDERS, N. A., TAYLOR, A. G. et RAOULT, D., 1993. Phylogenetic homogeneity of *Coxiella burnetii* strains as determined by 16S ribosomal RNA sequencing. *FEMS microbiology letters*. 1 novembre 1993. Vol. 113, n° 3, pp. 339-344. DOI 10.1111/j.1574-6968.1993.tb06537.x.

TAN, Tabita, HELLER, Jane, FIRESTONE, Simon, STEVENSON, Mark et WIETHOELTER, Anke, 2023. A systematic review of global Q fever outbreaks. *One Health*. 27 décembre 2023. Vol. 18, pp. 100667. DOI 10.1016/j.onehlt.2023.100667.

TAN, Tabita Su-En, HERNANDEZ-JOVER, Marta, HAYES, Lynne Maree, WIETHOELTER, Anke Katrin, FIRESTONE, Simon Matthew, STEVENSON, Mark Anthony et HELLER, Jane, 2022. Identifying scenarios and risk factors for Q fever outbreaks using qualitative analysis of expert opinion. *Zoonoses and Public Health*. juin 2022. Vol. 69, n° 4, pp. 344-358. DOI 10.1111/zph.12923.

TAUREL, Anne-Frieda, GUATTEO, Raphaël, JOLY, Alain, SEEGERS, Henri et BEAUDEAU, François, 2011. Seroprevalence of Q fever in naturally infected dairy cattle herds.

Preventive Veterinary Medicine. 1 août 2011. Vol. 101, n° 1-2, pp. 51-57.
DOI 10.1016/j.prevetmed.2011.05.005.

TISSOT-DUPONT, Hervé, AMADEI, Marie-Antoinette, NEZRI, Meyer et RAOULT, Didier, 2004. Wind in November, Q fever in December. *Emerging Infectious Diseases*. juillet 2004. Vol. 10, n° 7, pp. 1264-1269. DOI 10.3201/eid1007.030724.

UFC-QUE CHOISIR, 2019. Leucose bovine - Les vaches malades inquiètent la Réunion - Actualité. [en ligne]. 10 septembre 2019. [Consulté le 12 août 2024]. Disponible à l'adresse : <https://www.quechoisir.org/actualite-leucose-bovine-les-vaches-malades-inquietent-la-reunion-n70175/>

ULLAH, Qudrat, JAMIL, Tariq, SAQIB, Muhammad, IQBAL, Mudassar et NEUBAUER, Heinrich, 2022. Q Fever—A Neglected Zoonosis. *Microorganisms*. 28 juillet 2022. Vol. 10, n° 8, pp. 1530. DOI 10.3390/microorganisms10081530.

VAN ENGELEN, E., SCHOTTEN, N., SCHIMMER, B., HAUTVAST, J. L. A., VAN SCHAIK, G. et VAN DUIJNHOFEN, Y. T. H. P., 2014. Prevalence and risk factors for *Coxiella burnetii* (Q fever) in Dutch dairy cattle herds based on bulk tank milk testing. *Preventive Veterinary Medicine*. 1 novembre 2014. Vol. 117, n° 1, pp. 103-109.
DOI 10.1016/j.prevetmed.2014.08.016.

VAN WOERDEN, Hugo C., MASON, Brendan W., NEHAUL, Lika K., SMITH, Robert, SALMON, Roland L., HEALY, Brendan, VALAPPIL, Manoj, WESTMORELAND, Diana, DE MARTIN, Sarah, EVANS, Meirion R., LLOYD, Graham, HAMILTON-KIRKWOOD, Marysia et WILLIAMS, Nina S., 2004. Q fever outbreak in industrial setting. *Emerging Infectious Diseases*. juillet 2004. Vol. 10, n° 7, pp. 1282-1289. DOI 10.3201/eid1007.030536.

YÁÑEZ, Uxía, ÁLVAREZ, Jacobo, PISÓN, Cristina, ACCIÓN, Antía, BECERRA, Juan J., JIMÉNEZ, Antonio, GISBERT, Philippe, HERRADÓN, Pedro G., PEÑA, Ana I., PRIETO, Alberto, DÍAZ-CAO, José M. et QUINTELA, Luis A., 2024. Prevalence, Risk Factors, and Relationship between Reproductive Performance and the Presence of Antibodies against *Coxiella burnetii* in Dairy Farm Milk Tanks in the Northwest of Spain. *Animals: an open access journal from MDPI*. 23 janvier 2024. Vol. 14, n° 3, pp. 367.
DOI 10.3390/ani14030367.

Résumé

A l'île de la Réunion, une surveillance des avortements en élevage des ruminants a été instaurée en 2019 avec la mise en place du protocole OSCAR. Malgré une importante sous-déclaration des avortements, l'un des pathogènes abortifs prioritaires détecté sur le territoire est *Coxiella burnetii*, responsable de la fièvre Q. Dans ce contexte, une étude a été menée par le CIRAD, en collaboration avec le GDS, de janvier à juin 2024 dans le cadre du projet « Epidémiosurveillance des maladies infectieuses affectant les filières animales à La Réunion (Rita Animal) ».

Cette étude a analysé 759 bovins de la coopérative SICA REVIA et 531 bovins de SICALAIT, soit un total de 1 290 animaux. La séroprévalence globale à l'échelle du territoire a été de 22,4 %. La séroprévalence globale au sein de la SICA REVIA et de la SICALAIT était de 22,0 % et de 22,8 % respectivement. En ce qui concerne la prévalence inter-troupeau, 77,8 % des élevages de la SICA REVIA et 73,5 % des élevages de la SICALAIT étaient positifs pour la fièvre Q.

Une analyse des facteurs de risque a montré que les élevages de taille moyenne présentaient un risque significativement plus élevé d'être séropositifs à *C. burnetii* par rapport aux petits élevages, ainsi que les élevages situés dans les hauts de l'Ouest. L'analyse des facteurs de risque individuels a montré que la probabilité d'un bovin d'être testé positif augmentait avec l'âge et s'il avait été acheté.

Ces résultats confirment la présence endémique de la fièvre Q à La Réunion et soulignent la nécessité de renforcer la surveillance. Une collaboration accrue entre les éleveurs, les vétérinaires et les autorités sanitaires est essentielle pour mieux contrôler la propagation de cette zoonose et limiter son impact sur la santé publique et animale.

Mots clés : avortement, ruminants, île de la Réunion, fièvre Q, zoonose

Abstract

In Réunion Island, surveillance of abortions in ruminant livestock has been in place since 2019 through the implementation of the OSCAR protocol. Despite significant under-reporting of abortions, one of the priority abortive pathogens detected on the island is *Coxiella burnetii*, the causative agent of Q fever. In this context, a study was conducted by CIRAD, in collaboration with the GDS, from January to June 2024 as part of the project “Epidemiological surveillance of infectious diseases affecting animal sectors in Réunion (Rita Animal).”

This study analysed 759 cattle from the SICA REVIA cooperative and 531 cattle from SICALAIT, for a total of 1,290 animals. The overall seroprevalence at the territorial level was 22.4%. The overall seroprevalence within SICA REVIA and SICALAIT was 22.0% and 22.8%, respectively. Regarding inter-herd prevalence, 77.8% of the SICA REVIA herds and 73.5% of the SICALAIT herds tested positive for Q fever.

A risk factor analysis showed that medium-sized herds had a significantly higher risk of being seropositive for *C. burnetii* compared to small herds, as well as herds located in the western highlands. The analysis of individual risk factors revealed that the likelihood of a bovine testing positive increased with age and if it had been purchased.

These results confirm the endemic presence of Q fever in Réunion Island and highlight the need to strengthen surveillance. Increased collaboration between farmers, veterinarians, and health authorities is essential to better control the spread of this zoonosis and limit its impact on public and animal health.

Keywords: abortion, ruminants, Réunion Island, Q fever, zoonosis