



HAL
open science

Évaluation de la prévalence de la brucellose, de son impact sur les élevages bovins et petits ruminants : Proposition de pistes de contrôle et lutte au sein de la chefferie de Musungwa, Itezhi-teizhi district, Zambie

Romain Jay

► **To cite this version:**

Romain Jay. Évaluation de la prévalence de la brucellose, de son impact sur les élevages bovins et petits ruminants : Proposition de pistes de contrôle et lutte au sein de la chefferie de Musungwa, Itezhi-teizhi district, Zambie. Médecine vétérinaire et santé animale. 2024. dumas-04810777

HAL Id: dumas-04810777

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04810777v1>

Submitted on 29 Nov 2024

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

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

Copyright

Année 2024

**ÉVALUATION DE LA PRÉVALENCE DE LA BRUCELLOSE,
DE SON IMPACT SUR LES ÉLEVAGES BOVINS ET PETITS
RUMINANTS. PROPOSITION DE PISTES DE CONTRÔLE ET
LUTTE AU SEIN DE LA CHEFFERIE DE MUSUNGWA,
ITEZHI-TEIZHI DISTRICT, ZAMBIE**

THÈSE

pour obtenir le diplôme d'État de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE
présentée et soutenue publiquement devant
la Faculté de Médecine de Créteil (UPEC)
le 14 octobre 2024

par

Romain, Pierre, Gilbert JAY

sous la direction de

Barbara DUFOUR

JURY

Président du jury :	M. Yves MILLEMANN	Professeur à l'EnvA
Directrice de thèse :	Mme Barbara DUFOUR	Professeure émérite à l'EnvA
Examinatrice :	Mme Valentine GUÉTIN-POIRIER	Maître de Conférences à l'EnvA
Membre invité :	Mme Victoire DELESALLE	Dr vétérinaire, présidente de Melindika

Liste des enseignants intervenant dans l'encadrement des thèses de Doctorat vétérinaire

version mai 2024



Liste des Professeurs et Maîtres de conférences titulaires de l'HDR

M	Adjou	Karim	Professeur	DPASP
M	Audigic	Fabrice	Professeur	DEPEC
M	Bolker	Sylvain	Professeur	DSBP
Mme	Bonchekroun	Ghita	Maître de conférences HDR	DEPEC
M	Blaga	Radu	Professeur	DSBP
M	Blot	Stéphane	Professeur	DEPEC
M	Boulous	Henri-Jean	Professeur émérite	DSBP
Mme	Chahory	Sabine	Professeur	DEPEC
Mme	Chastant	Sylvie	Professeur	DPASP
M	Chateau	Henry	Professeur	DSBP
Mme	Chetboul	Valerie	Professeur	DEPEC
Mme	Crepeaux	Guillemette	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Crevier-Denoix	Nathalie	Professeur	DSBP
M	Degueuroe	Christophe	Professeur	DSBP
M	Denoix	Jean Marie	Professeur	DEPEC
M	Desquilbet	Loic	Professeur	DSBP
Mme	Dufour	Barbara	Professeur émérite	DPASP
M	Fayolle	Pascal	Professeur émérite	DEPEC
M	Federighi	Michel	Professeur	DPASP
M	Forlbonne	Alain	Professeur	DEPEC
Mme	Gilbert	Caroline	Professeur	DSBP
M	Grandjean	Dominique	Professeur	DEPEC
Mme	Grimard-Ballif	Bénédicte	Professeur	DPASP
Mme	Haddad-Hoang Xuan	Nadia	Professeur	DPASP
M	Jouvin	Gregory	Professeur	DSBP
M	Kohlhauer	Mathias	Professeur	DSBP
Mme	Le Poder	Sophie	Professeur	DSBP
Mme	Le Roux	Dolphine	Maître de conférences HDR	DSBP
M	Manassero	Mathieu	Professeur	DEPEC
Mme	Maurcy-Guénoc	Christelle	Professeur	DEPEC
M	Millemann	Yves	Professeur	DPASP
M	Pontar	Andrew	Professeur	DPASP
Mme	Risco-Castillo	Véronica	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Rivière	Jule	Professeur	DPASP
Mme	Robert	Céline	Professeur	DSBP
M	Tiret	Laurent	Professeur	DSBP
M	Tissier	Renaud	Professeur	DSBP
M	Verwaerde	Patrick	Professeur	DEPEC
Mme	Viateau	Véronique	Professeur	DEPEC

Liste des Maîtres de conférences et Ingénieurs de recherche DMV

M	Amé	Pascal	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barassin	Isabelle	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barbanho	Alix	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Béguin	Jérémy	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Bertoni	Lelia	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Canonne-Guibert	Morgane	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Chevalier	Lucie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Cochet-Faivre	Noëlle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Cordonnier-Lefort	Nathalie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Coudry	Virginie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Crozat	Guillaume	Maître de conférences	DPASP
Mme	De Paula Reis	Aline	Maître de conférences	DPASP
M	Delsart	Maxime	Maître de conférences	DPASP
Mme	Denis	Manne	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Deshuillers	Pierre	Maître de conférences	DSBP
M	Gauthier	Michel	Maître de conférences associé	DPASP
Mme	Guérin	Virginie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Guézin-Ponier	Valentine	Maître de conférences	DPASP
Mme	Jacquet	Sandrine	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Kurtz	Maxime	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Lagrée	Anne-Claire	Maître de conférences	DSBP
Mme	Le Dudal	Manne	Ingénieur de recherche (DMV)	DSBP
Mme	Legrand	Chantal	Maître de conférences associé	DSBP
M	Mammeri	Mohamed	Maître de conférences	DSBP
Mme	Manguin	Estelle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Marignac	Genevieve	Maître de conférences	DSBP
Mme	Marotio	Stéphanie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Maurice	Emeline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Mespoules Rivière	Céline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Morlier	Jérémy	Maître de conférences associé	DEPEC
Mme	Mimel	Narjès	Maître de conférences	DPASP
M	Nudelmann	Nicolas	Maître de conférences	DEPEC
M	Pignon	Charly	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Polack	Bruno	Maître de conférences	DSBP
Mme	Quéré	Émilie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Radière	Guémic	Maître de conférences associé	DSBP
Mme	Ravary-Plumioën	Bérandère	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Reyes-Gomez	Flouard	Maître de conférences	DSBP
Mme	Rose	Hélène	Maître de conférences associé	DSBP
M	Tanquerel	Ludovic	Maître de conférences	DEPEC

Remerciements

Au Président du Jury de cette thèse, Professeur à l'EnvA, M. Yves Millemann,

Je tiens à vous remercier particulièrement, M. Yves Millemann d'être mon président du jury. Vous m'avez accompagné durant toutes mes études et en particulier au cours de cette dernière année et je vous en suis très reconnaissant. Par votre implication, votre investissement et votre écoute, en particulier lors de mon projet en Ethiopie cette année, vous m'avez beaucoup aidé. Je vous remercie.

À ma Directrice de thèse, Professeur émérite à l'EnvA, Mme Barbara DUFOUR

Un très grand merci à ma directrice de thèse, Mme DUFOUR. Depuis le début de ce projet et de cette thèse, vous m'avez énormément apporté. Sans vous, ce travail n'aurait pas été possible alors je vous adresse mes plus sincères remerciements. Grâce à vous, j'ai pu travailler avec le Dr Claire PONSART à l'ANSES et nous avons pu réaliser l'ensemble l'étude avec Melindika. Vous avez été particulièrement présente et impliquée à chaque instant, que ce soit lors de mon étude expérimentale ou lors de la rédaction de cette thèse, un immense merci.

À Mme Valentine GUETIN-POIRIER, Maitre de conférences à l'EnvA,

Merci Mme Valentine GUETIN-POIRIER, d'avoir accepté d'être mon examinatrice de thèse. Je vous remercie pour votre disponibilité et votre écoute.

À Mme Victoire DELESALLE, Docteur vétérinaire et présidente de l'association Melindika

Je remercie le Dr Victoire DELESALLE, qui a initié cette étude expérimentale au sein de son association Melindika en Zambie. Je te remercie pour tes conseils, ta présence et tout l'investissement que tu as apporté pour l'étude et plus généralement pour l'association Melindika. J'ai pu voir au cours de mon séjour les relations que tu as pu créer au sein des communautés qui permettent aujourd'hui la réalisation de nombreux projets avec les éleveurs, les écoles, les employés en santé animale, afin d'améliorer le quotidien des communautés. Pour tout cela merci beaucoup Victoire.

À Mme Claire PONSART, Docteur vétérinaire et chef de l'unité Zoonoses bactériennes au laboratoire nationale de référence, l'ANSES

Un chaleureux merci au docteur Claire PONSART et son équipe de l'unité zoonoses bactériennes, Maëline RIBEIRO et Alexandre DREMEAU. La collaboration avec vous a permis de rendre cette thèse possible, avec les nombreux tests que vous m'avez fournis, le rapatriement difficile des échantillons en France mais également les tests réalisés à l'ANSES. Je vous remercie pour votre soutien.

Aux employés en santé animale de l'association Melindika, aux éleveurs et aux étudiants Ninon GRATADOUR et Joël LAURENT,

Un grand merci à vous tous, pour votre accueil, votre implication et les échanges tout au long de mon passage en Zambie. Le projet a fonctionné grâce à vous et l'investissement de chacun durant ces 2 mois. Merci infiniment.

Table des matières

Liste des figures	3
Liste des tableaux.....	5
Liste des abréviations	7
Introduction	9
Première partie : bibliographie.....	11
1. Zone d'étude : la Zambie et l'association Melindika	11
A. <i>La Zambie</i>	11
B. <i>L'association Melindika</i>	12
2. La brucellose en Afrique	13
A. <i>La brucellose : une maladie et zoonose majeure</i>	13
a. Définition et origine de la brucellose	13
b. Les différentes voies de contamination	14
c. Pathogénicité et symptômes majeurs	16
d. Transmission à l'Homme.....	16
B. <i>Situation actuelle de la brucellose en France et en Afrique</i>	17
a. Situation en France.....	17
b. Situation en Afrique	17
C. <i>Les différents tests de dépistage utilisés en Afrique</i>	22
a. L'épreuve à l'antigène tamponné (EAT).....	23
b. Test à l'anneau de lait ou Ring Test.....	24
c. Test de fixation du complément.....	24
d. ELISA (Enzyme Linked ImmunoSorbent Assay).....	24
D. <i>Les modalités de lutte au sein de pays enzootiques</i>	25
a. Outils sanitaires	26
b. La vaccination	27
Deuxième partie : étude expérimentale	31
1. Introduction.....	31
2. Matériels et méthodes	32
A. <i>Enquête de la brucellose chez les bovins</i>	33
a. Unité épidémiologique et contraintes	33
b. Échantillonnage.....	35
c. Population source et population cible	36
d. Test de dépistage choisi	36
B. <i>Enquête de la brucellose chez les petits ruminants</i>	37
a. Unité épidémiologique et contraintes	37
b. Échantillonnage.....	37
c. Population source et population cible	38
d. Test de dépistage choisi	39
C. <i>Réalisation des prélèvements et des analyses chez les bovins et les petits ruminants au cours de l'été 2022</i>	39
a. Prélèvements sanguins.....	39
b. Test de dépistage à l'EAT	41
c. Prélèvements de laits et écouillons vaginaux	42
D. <i>Tests réalisés à l'ANSES en France</i>	43
3. Résultats	44
A. <i>Résultats de l'étude de séroprévalence apparente de la brucellose chez les bovins</i>	44
a. Séroprévalence apparente de la brucellose pour l'ensemble de la zone d'étude	44
b. Séroprévalence apparente de la brucellose dans chaque zone de pâturage	45
B. <i>Résultat de la séroprévalence apparente de la brucellose chez les petits ruminants</i>	47

a.	Séroprévalence apparente de la brucellose pour l'ensemble de la zone d'étude	47
b.	Séroprévalence apparente de la brucellose au sein de chaque village.....	48
C.	<i>Résultats des prélèvements de lait et écouvillons vaginaux à l'ANSES</i>	49
a.	Résultats chez les bovins.....	49
b.	Résultats chez les petits ruminants.....	50
4.	Discussion	51
A.	<i>Protocole de l'étude</i>	51
B.	<i>Discordance entre le test de dépistage à l'EAT et la sérologie ELISA</i>	52
C.	<i>Méthodes de lutte et sensibilisation des éleveurs de la zone d'étude</i>	53
a.	Présentation et discussion des moyens de lutte auprès des employés de Melindika	53
b.	Elaboration de la stratégie de lutte appelée « VETS ».....	54
c.	Sensibilisation des éleveurs et de la population locale	56
	Conclusion	61
	Liste des références bibliographiques	63
	Annexe 1 : Tableau représentant le tirage au sort théorique des animaux dans une zone de pâturage : exemple du village Ntubya	69
	Annexe 2 : Extraits du tableau Excel des résultats du test de dépistage à l'EAT avec l'anamnèse de chaque animal (zone de Basanga et village de lyanda)	71
	Annexe 3 : Photographie du protocole du test de dépistage à l'EAT et conservation des réactifs et des témoins du test.	73
	Annexe 4 : Présentation de la brucellose et de la stratégie « VETS » aux employés en santé animale de Melindika	74
	Annexe 5 : Ébauche d'un questionnaire à destination des éleveurs à moyen terme suite aux propositions de lutte contre la brucellose	80

Liste des figures

Figure 1 : Localisation de la Zambie sur le continent africain (Gifex, 2022).....	11
Figure 2 : Localisation du terrain d'action de l'association Melindika en Zambie, dans la chefferie de Musugwa, bordant le « Kafue National Park » (World Map, 2024).	12
Figure 3 : Photographies personnelles du Shandavu camp, localisation de l'association Melindika en Zambie.	13
Figure 4 : Carte des différentes provinces de la Zambie (World Atlas, 2023).	20
Figure 5 : Résultats d'une série d'EAT sur les sérums individuels chez 23 individus en Zambie en 2022 (source personnelle).	24
Figure 6 : Schémas des différents tests ELISA possibles en laboratoire (Labster, 2024). ..	25
Figure 7 : Zone de l'étude bordant le parc Kafue avec le camp de base de l'association Melindika, le "Shandavu camp" (Google Maps, 2024).	32
Figure 8 : Photographie des bovins de différents élevages qui pâturent au sein de la même zone de pâturage (source personnelle).	34
Figure 9 : Photographies des sites de prélèvement chez les bovins. À gauche un prélèvement à la veine jugulaire, à droite à la veine coccygienne (source personnelle).	40
Figure 10 : Photographies du site de prélèvement à la veine jugulaire chez les petits ruminants. À gauche avec l'animal debout, à droite en position couchée (source personnelle).	40
Figure 11 : Photographie du lieu d'analyse des prélèvements. En haut, les tubes secs avec leur sérum séparé mécaniquement. En bas, la plaque utilisée pour le test à l'EAT (source personnelle).	41
Figure 12 : Photographies de la plaque EAT avant (à gauche) et après le test (à droite) (source personnelle).....	42
Figure 13 : Photographies de la réalisation des prélèvements de laits et des écouvillons vaginaux par un employé de Melindika, un éleveur ou moi-même (source personnelle).....	43
Figure 14 : Photographie du lait prélevé (à droite) sur la vache positive à <i>B.abortus biovar 2</i> (source personnelle).....	50
Figure 15 : Photographie du jour de la présentation de la brucellose et des moyens de lutte à mettre en place, avec le Dr. DELESALLE et les employés en santé animale de l'association Melindika (source personnelle).....	53
Figure 16 : Photographies de la présentation et de la réalisation du test EAT avec les employés en santé animale de l'association, accompagnée du Dr. DELESALLE (source personnelle).	54
Figure 17 : "VETS strategy" mise en place pour lutter contre la brucellose.	54

Figure 18 : Photographie de l'affiche à destination des éleveurs sur la brucellose : la maladie et son mode de transmission (source personnelle).....57

Figure 19 : Photographie de l'affiche à destination des éleveurs présentant la stratégie « VETS » contre la brucellose (source personnelle).58

Figure 20 : Photographie d'une présentation de la brucellose aux éleveurs dans l'école d'un village de la zone d'étude (village de Lyanda, source personnelle).....59

Figure 21 : Photographies des présentations de la brucellose aux éleveurs au centre des villages, à gauche à Basanga, à droite à Ntubya (source personnelle).59

Liste des tableaux

Tableau 1 : Durées de résistance des brucelles en fonction des différents environnements (Corbel <i>et al.</i> , 2006).....	15
Tableau 2 : Résultats sérologiques selon les différentes espèces au Niger (Akakpo et Bornarel, 1987).....	19
Tableau 3 : Résultats de séroprévalence de la brucellose par individu selon les différentes zones en Zambie (Mfune <i>et al.</i> , 2021).	20
Tableau 4 : Résultats de séropositivité vis-à-vis de la brucellose par individu selon leurs caractéristiques et la zone d'étude en Zambie (Mfune <i>et al.</i> , 2021).	21
Tableau 5 : Résumé des moyens de lutte théoriques pour prévenir la transmission de la brucellose au niveau des élevages et de l'Homme, en dehors de la vaccination (création personnelle).	27
Tableau 6 : Présentation des avantages et des inconvénients de l'utilisation des vaccins S19 et RB 51 dans la lutte contre la brucellose bovine (création personnelle).	29
Tableau 7 : Représentation du nombre d'animaux testés par rapport au nombre total d'animaux présents dans la zone (données récoltées par Melindika en mars 2022).....	33
Tableau 8 : Répartition du nombre d'élevages qui travaillaient avec l'association Melindika en fonction des différentes zones de pâturage.	35
Tableau 9 : Tableau récapitulatif du nombre de bovins testés en fonction de la zone de pâturage et du nombre d'élevage par zone.	36
Tableau 10 : Résumé de la réalisation du dépistage de la brucellose chez les bovins.	37
Tableau 11 : Nombre de petits ruminants testés par village en fonction du nombre total d'animaux par village.....	38
Tableau 12 : Résumé de la réalisation du dépistage de la brucellose chez les petits ruminants.	39
Tableau 13 : Présentation de l'ensemble des tests réalisés au cours de l'étude de la brucellose en Zambie.	43
Tableau 14 : Présentation des résultats de la séroprévalence de la brucellose chez les bovins de la chefferie de Musungwa.....	45
Tableau 15 : Résultats individuels des bovins adultes pour chaque zone de pâturage.....	46
Tableau 16 : Résultat du nombre d'élevages infectés par zone de pâturage (au moins 1 individu séropositif au test EAT).	47
Tableau 17 : Présentation des résultats de la séroprévalence de la brucellose chez les petits ruminants de toute la chefferie de Musungwa.....	47
Tableau 18 : Résultats individuels des petits ruminants adultes pour chaque village.	48

Tableau 19 : Résultat du nombre d'élevages infectés (au moins 1 individu séropositif au test EAT) par village.....	48
Tableau 20 : Résultats obtenus à l'ANSES par l'équipe du Dr. Claire PONSART après PCR et culture bactérienne chez les bovins.....	49
Tableau 21 : Résultats obtenus à l'ANSES par l'équipe du Dr. Claire PONSART après PCR et culture bactérienne chez les petits ruminants.	50
Tableau 22 : Tableau de contingence entre le test à l'EAT réalisé sur le terrain et le test ELISA réalisé en France par le laboratoire de référence.	52

Liste des abréviations

ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire et de l'Alimentation, de l'environnement et du travail

BAM : Brucella Agar Modifié

DIVA : Différenciation entre un Animal Vacciné et un animal Infecté

EAT : Epreuve à l'Antigène Tamponné

ELISA : Enzym Linked ImmunoSorbent Assay

FFP2 : Demi-masque filtrant de classe 2

IC : Intervalle de Confiance

IDH : Indice de Développement Humain

Km : Kilomètre

LNR : Laboratoire National de Référence

OIE : Organisation mondiale de la santé animale

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONG : Organisation Non Gouvernementale

PCR : Réaction en Chaîne par Polymérase

PIB : Produit Intérieur Brut

SE : Erreur Standard

Se : Sensibilité

Sp : Spécificité

Introduction

La brucellose est une maladie infectieuse qui touche de nombreuses espèces animales et l'Homme. Elle est due à des bactéries du genre *Brucella*.

Cette maladie est une maladie ubiquitaire et son importance en santé animale est liée à son impact économique majeur en élevage. En effet, les principaux signes cliniques chez l'animal sont des avortements et des altérations de la fertilité, qui conduisent à des pertes de production majeures. De plus, l'infection d'un élevage peut impacter les échanges commerciaux de ses animaux et de ses produits dérivés.

Par ailleurs, la brucellose peut avoir des conséquences importantes en santé humaine car c'est une zoonose. C'est-à-dire que l'infection peut se transmettre des animaux à l'Homme. La fréquence et la gravité de la brucellose chez les humains a conduit l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) à la classer dans la liste unique des maladies animales graves (Akakpo *et al.*, 2009).

En effet, malgré sa découverte datant de la fin du XIX^{ème} siècle par David BRUCE (Bruce, 1889), la brucellose reste aujourd'hui présente dans de très nombreux pays de manière enzootique, sur le continent africain et notamment en Zambie. Une récente étude dans différentes régions de Zambie (Mfuno *et al.*, 2021) a mis en évidence une prévalence de 7,53 % de bovins infectés parmi les 21,14 % des troupeaux infectés

L'association Melindika, dirigée par le Dr Victoire DELESALLE, est une Organisation Non Gouvernementale (ONG) qui exerce son activité dans une région au sud de la Zambie, la chefferie de Musungwa dans le district d'Itezhi-Teizhi. Cette ONG travaille avec de nombreuses familles paysannes dans le but d'encourager et d'accompagner le développement de ces dernières. Melindika a constaté un nombre d'avortements importants chez les bovins et les petits ruminants dans sa zone d'action. Ainsi, une évaluation de la prévalence de la brucellose, cause possible des avortements, a été réalisée.

Enfin, l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire et de l'Alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) et en particulier l'équipe laboratoire national de référence dirigée par le Dr Claire PONSART s'est intéressée à la présence de la brucellose au sein de la zone d'étude en Zambie. L'objectif de cette équipe était de recueillir un maximum d'échantillons afin d'identifier les éventuelles espèces du genre *Brucella* responsables de la maladie dans la zone d'étude.

C'est pourquoi un travail commun a été réalisé en collaboration avec les éleveurs de la zone, Melindika et l'équipe du Dr Claire PONSART afin d'évaluer la prévalence de brucellose et de son impact sur les élevages bovins et caprins dans la zone d'activité de Melindika. Puis, des propositions de pistes de contrôle et de lutte au sein de la chefferie de Musungwa en Zambie ont été formulées.

La première partie, bibliographique, porte la brucellose, sa présence en Afrique et en particulier en Zambie, mais également sur les moyens de dépistage et de lutte pouvant être mis en place. Puis la seconde partie est consacrée à l'étude expérimentale réalisée en 2022 en Zambie qui s'est attachée à évaluer de la prévalence de la brucellose dans la zone d'étude, identifier les souches bactériennes circulantes et proposer des moyens de lutte contre la maladie chez l'Homme et l'animal.

Première partie : bibliographie

Tout d'abord, cette partie débute par une présentation de la Zambie et de la zone d'action de l'association Melindika. Puis, la brucellose est détaillée avec en premier lieu sa définition, puis sa situation en Afrique et les tests de dépistage disponibles avant de terminer par les moyens de lutte envisageables dans les pays enzootiques tels que la Zambie.

1. Zone d'étude : la Zambie et l'association Melindika

A. La Zambie

La Zambie est un pays d'Afrique localisé en Afrique sub-saharienne (Figure 1). C'est un pays de plus de 750 000 kilomètres carrés (km²). Il compte environ 19 millions d'habitants, et sa capitale est Lusaka. La langue officielle est l'anglais mais plus de 74 dialectes sont pratiqués dans l'ensemble du pays.

Figure 1 : Localisation de la Zambie sur le continent africain (Gifex, 2022)



La Zambie est un pays sans accès au littoral et comptant une frontière avec 8 pays voisins dont le Zimbabwe, le fleuve Zambèze formant la frontière entre les deux pays. Ce fleuve a donné lieu aux chutes Victoria, appartenant aux chutes les plus importantes dans le monde et qui sont inscrites au patrimoine mondial de l'Unesco. Le climat du pays est un climat tropical à subtropical. Une saison sèche est présente de mai à octobre et une saison des pluies de novembre à avril. La température est en moyenne de 29 °C sur l'année.

L'économie du pays repose principalement sur le secteur minier et en particulier du cuivre dont il est le 2^{ème} producteur du continent africain derrière le Congo. Cependant, c'est bien l'agriculture

qui représente la plus grande part des emplois, mais elle ne représente que 7% du Produit Intérieur Brut (PIB). Le seuil de pauvreté en Zambie est important avec environ 60 % de la population qui vit avec moins de 1,9 dollars par jour et les problèmes de malnutrition sont importants avec 35 % des enfants de moins de 5 ans qui souffrent de retard de croissance. Malgré sa volonté de développement économique et sa participation active à l'Union Africaine, le pays a un Indice de Développement Humain (IDH) faible et il se situe au 153^{ème} rang sur 193 pays dans le monde. À titre de comparaison, la France est classée au 26^{ème} rang (Wikipédia, 2024) (Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères, 2024).

B. L'association Melindika

Ainsi, de nombreuses ONG telles que l'association Melindika sont présentes en Zambie, afin d'encourager et accompagner les populations, favoriser leur développement social, humain et économique. Melindika est une association loi 1901 de solidarité internationale créée en 2016 par deux vétérinaires, dont le Dr. Victoire DELASALLE. L'auto-financement est majoritaire grâce aux actions que l'association met en place, et également grâce aux dons. Le terrain d'action de l'association se situe dans la région Sud de la Zambie, en particulier dans la chefferie de Musungwa, bordant le plus grand parc national du pays, appelé « Kafue National Park » (Figure 2).

Figure 2 : Localisation du terrain d'action de l'association Melindika en Zambie, dans la chefferie de Musugwa, bordant le « Kafue National Park » (World Map, 2024).



Le parc est réputé pour sa faune sauvage très importante avec notamment une population d'éléphants très dense.

De plus, les conditions climatiques sont difficiles dans la région puisque la population doit faire face au manque d'eau lors de la saison sèche et aux inondations importantes lors de la saison des pluies. Ainsi, les éleveurs de la région sont amenés à travailler non seulement sur une terre difficile, mais également avec la faune sauvage en contact rapproché, presque permanent, avec les élevages.

L'association Melindika doit aussi faire face à ces difficultés puisque, son camp de base appelé « Shandavu camp » appartenant à la chefferie de Musungwa, est inondé lors de la saison des pluies ce qui rend son accès très difficile. La construction du camp est réalisée selon l'architecture locale, représentative des villages voisins (Figure 3).

Figure 3 : Photographies personnelles du Shandavu camp, localisation de l'association Melindika en Zambie.



L'association couvre un périmètre de 60 km autour de « Shandavu camp » dans la chefferie de Musungwa. Cela représente 6 villages avec environ 150 familles paysannes comprenant 1300 bovins et 800 caprins travaillant avec l'association. Melindika a trois piliers d'action principaux : le projet communautaire vétérinaire, la conservation et le développement des ressources naturelles et enfin le tourisme communautaire. L'association compte une dizaine d'employés, dont une grande majorité sont de nationalité zambienne et travaillent sur les projets communautaires ou sur le camp. La minorité étrangère, principalement de nationalité française, travaille en particulier sur les projets communautaires tels que la santé animale et l'agronomie. L'association accepte également des étudiants en stage afin de participer aux différents projets (Melindika, 2024).

Ainsi, l'un des objectifs principaux est de mettre en place des services vétérinaires pour la santé animale, à travers l'étude de maladies zoonotiques, telles que la brucellose par exemple.

2. La brucellose en Afrique

A. La brucellose : une maladie et zoonose majeure

a. Définition et origine de la brucellose

La brucellose, anciennement appelée Fièvre de Malte, est une maladie découverte à la fin du XIX^{ème} siècle par David BRUCE (1855-1931) et sa femme, Mary Elisabeth BRUCE née STEEL (1849-1931). En effet, David BRUCE, médecin militaire à Malte, découvre la maladie chez des soldats britanniques décédés d'une maladie causée par un agent pathogène jusqu'alors inconnu. Il

isole alors ce dernier à partir de prélèvements de rate chez l'Homme (Bruce, 1889). La mise en évidence précise de la bactérie est établie par le docteur Bernhard Bang, qui isole l'espèce *Brucella abortus*, responsable d'avortements chez les bovins et d'une fièvre ondulante chez l'Homme (Bang, 1897). Par la suite, la classification de l'espèce a lieu et cette dernière appartient au genre *Brucella*, de la famille des *Brucellaceae*. C'est un colibacille gram négatif, immobile, non capsulé, sans flagelle, non sporulé et intracellulaire facultatif. C'est un pathogène qui tolère des températures jusqu'à 40 °C et admet un pH optimal à 6,8.

Il existe actuellement 12 espèces de *Brucella* répertoriées et trois d'entre elles sont subdivisées en biovars : *Brucella melitensis* (3 biovars), *Brucella abortus* (7 biovars) et *Brucella suis* (5 biovars). Ces trois espèces de *Brucella* sont les plus décrites actuellement. Ce sont des espèces avec une forte pathogénicité pour l'Homme. La maladie peut donc être qualifiée de zoonose majeure (Corbel *et al.*, 2006). Enfin, *Brucella canis*, qui est décrite comme rarement zoonotique, n'est pas détaillé par la suite.

Les zoonoses sont les maladies et les infections qui se transmettent naturellement des animaux à l'homme et vice versa (Palmer *et al.*, 1998), (Toma, 2004). Ainsi, la brucellose est aujourd'hui décrite comme une maladie infectieuse et contagieuse qui affecte de nombreuses espèces animales, y compris l'Homme. Elle est classée sur la liste unique des maladies animales graves de l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) (Akakpo *et al.*, 2009).

Les trois espèces de *Brucella* majoritairement zoonotiques admettent chacun un hôte préférentiel au sien du règne animal. En effet, l'espèce *Brucella abortus* est principalement retrouvée chez les bovins, mais peut également affecter d'autres ruminants tels que les ovins, caprins, cervidés, buffles, bisons, chamois... *Brucella melitensis*, quant à elle, affecte principalement les ovins et les caprins, mais peut également être transmise à des bovins ou autres ruminants, avec une transmission inter-espèce plus fréquente que *Brucella abortus*. Enfin, *Brucella suis*, pour certains de ses sérovars, est également une zoonose majeure pour l'Homme et affecte principalement les suidés, domestiques et sauvages.

La suite de ce travail porte uniquement sur les 2 espèces de *Brucella* : *Brucella abortus* et *Brucella melitensis*. Pour chacune des espèces, les étapes d'infection et de contamination sont similaires (Moreno, 2014), (Milhaud, 1999).

b. Les différentes voies de contamination

Les contaminations intra et interspécifiques sont importantes mais variables et intermittentes. En effet, les transmissions verticale et horizontale de la maladie sont possibles et ce durant toute la vie d'un animal infecté vers un individu sain. Notamment, ce dernier peut être contaminé *via* une transmission verticale. C'est-à-dire qu'un nouveau-né, originellement sain, peut être contaminé par sa mère infectée, *in utero* ou lors de son passage dans la filière pelvienne.

De plus, une transmission horizontale de la maladie peut se faire par contact direct ou indirect entre individus infectés et individus sains. Une contamination directe entre un individu sain et un individu infecté est possible par un contact rapproché, cutané, respiratoire ou encore une contamination vénérienne *via* le sperme ou les sécrétions vaginales.

La contamination indirecte peut se faire par l'intermédiaire de matières contaminées : pâturages, aliments, l'eau, matériel de vêlage contaminé par les *Brucella*. En effet, l'ingestion des matières infectées est une source de contamination importante : contenu de l'utérus gravide (avorton,

placenta, eaux fœtales, lochies), sécrétions vaginales, urines, fèces. Cette contamination indirecte importante s'explique par une résistance très importante des bactéries dans le milieu extérieur. Par exemple, elles résistent 30 à 60 jours dans le pâturage et 200 jours dans les exsudats. Le tableau 1 présente les différentes durées de résistance des bactéries du genre *Brucella* selon les différents milieux extérieurs. Ainsi, les différentes voies de pénétration possibles sont digestive, cutanée, respiratoire, vénérienne ou conjonctivale (Khurana *et al.*, 2021), (Toma, 2004).

Un élevage à l'origine indemne peut être contaminé par l'introduction d'un animal infecté dans l'élevage, lequel va transmettre de manière horizontale par contact direct (vénérienne, proximité) ou indirect (matières souillées) la maladie. Une autre possibilité est la contamination par la faune sauvage, car de nombreuses espèces peuvent être infectées et donc porteuses de la bactérie, telles que les ruminants sauvages (buffles, gnous, bouquetins, chamois) ou encore les suidés sauvages (sangliers, phacochères).

Tableau 1 : Durées de résistance des brucelles en fonction des différents environnements (Corbel *et al.*, 2006).

Milieu	Condition de l'environnement	Durée de survie
<i>B. abortus</i>		
Surfaces solides	<31°C , à la lumière	4 à 5 heures
Eau du robinet	-4°C	114 jours
Eau de lac	37°C, pH 7,5	< 1 jour
Eau de lac	8°C, pH 6,5	>57 jours
Sol - sec	Environ 20 °C	< 4 jours
Sol - humide	< 10 °C	66 jours
Fumier	été	1 jour
Fumier	hiver	53 jours
Lisier, déchet animal	Température ambiante	7 semaines
Lisier, déchet animal	12°C	> 8 mois
<i>B. melitensis</i>		
Bouillon	pH > 5,5	>4 semaines
Bouillon	pH = 5	<3 semaines
Bouillon	pH 4	1 jour
Bouillon	pH < 4	< 1 jour
Fromage à pâte molle	37 °C	48 – 72 heures
Yaourt	37 °C	48 – 72 heures
Lait	37 °C	7 – 24 heures

c. Pathogénicité et symptômes majeurs

La pathogénicité est la capacité d'un agent infectieux à causer la maladie. Ainsi, suite à la contamination, il y a deux périodes d'infection lors de brucellose animale et caractérisant la pathogénicité de la bactérie : la phase primaire et la phase secondaire. La phase primaire consiste en la migration des bactéries et leur multiplication dans les nœuds lymphatiques. Puis une dissémination lymphatique et sanguine (fugace) a lieu avant que les bactéries n'atteignent les organes et soient responsables des 1^{ers} signes cliniques. En effet, les tissus lymphoïdes en particulier génitaux et mammaires, la glande mammaire, le placenta chez les femelles gravides, les testicules et leurs annexes, les bourses séreuses et synoviales et certaines articulations sont les principaux sites atteints. La phase primaire est donc la phase aiguë de la maladie avec différents signes cliniques dont les principaux sont :

- Avortement – Rétention placentaire chez la femelle
- Orchite/épididymite chez le mâle
- Arthrite

Puis la phase secondaire est une période d'équilibre entre la résistance de l'hôte et la multiplication bactérienne. Les bactéries du genre *Brucella* ont la capacité de résister au système immunitaire et se maintiennent plusieurs années au sein de l'organisme, notamment dans les nœuds lymphatiques. Il peut alors exister des périodes de ré-excrétion, sans signes cliniques particuliers, notamment lors des mises-bas chez les femelles. La guérison est très rare. Ainsi, cela rend les animaux infectés dangereux et nécessite la mise en place de mesures préventives (Toma, 2004).

d. Transmission à l'Homme

La transmission à l'Homme est possible, même si ce dernier est considéré comme un cul de sac épidémiologique, c'est-à-dire qu'il ne constitue pas une source infectieuse pour les autres animaux. La contamination entre les Hommes ou vers les autres animaux est donc extrêmement rare. Les seuls cas décrits de transmission interhumaine de la brucellose sont entre des personnes avec un contact très étroit et notamment sexuel, lors de transfusion sanguine, de greffe de moelle osseuse ou d'autres tissus ou encore entre des personnes manipulant des échantillons contaminés au sein des laboratoires. Les soignants de personnes atteintes de la brucellose ont donc un risque minime de contracter la maladie (Corbel *et al.*, 2006).

Les voies de contamination chez l'Homme se font par un contact direct ou indirect avec un animal infecté. Le contact direct (peau, muqueuses, inhalation) avec des matières contaminées telles que le placenta, le lisier ou les sols souillés sont une source de contamination importante pour l'Homme. L'ingestion de lait cru ou de produits laitiers non pasteurisés sont également des sources de contamination importantes. Le tableau 1 précédent indique les durées de résistance de la bactérie (*Brucella abortus et melitensis*) en fonction des différents types de milieu, des conditions ou des produits laitiers dans lesquels elle se trouve. Par exemple, *Brucella abortus* résiste 7 semaines dans le lisier à température ambiante, ou encore 7 à 24h dans le lait à 37°C (Corbel *et al.*, 2006), (Moreno, 2014).

Chez l'Homme, la pathogénicité est différente de chez l'animal. En effet, la brucellose ne provoque pas spécifiquement d'avortement chez la femme. En revanche, une fièvre ondulante, des

douleurs musculo-squelettiques telles que des douleurs articulaires sont souvent mises en évidence. La maladie est souvent désignée sous le terme de « syndrome de fatigue chronique » (Godfroid *et al.*, 2011), une maladie comparable au paludisme ou encore à la maladie de Lyme, ce qui rend le diagnostic clinique difficile.

B. Situation actuelle de la brucellose en France et en Afrique

a. Situation en France

La brucellose est une maladie classée BDE en France. En effet, la Loi de Santé Animale (LSA) issue du règlement européen 2016/429, et appliquée dans le code rural français depuis avril 2021, place les maladies réglementées, dans différentes catégories allant de la lettre A à la lettre E. La catégorie B à laquelle appartient la brucellose est la catégorie des maladies à éradication obligatoire. Les catégories D et E correspondent respectivement à des exigences de restrictions aux mouvements des animaux dans les pays européens et une obligation de surveillance de celle-ci. Ainsi, la classification BDE de la brucellose implique des mesures de prévention et de lutte strictes. En France, des dépistages réguliers des troupeaux et des ruminants domestiques ainsi qu'une surveillance des avortements sont donc obligatoires. Puis, en cas de suspicion d'infection d'un élevage, sa mise sous surveillance, le blocage des animaux et l'interdiction de vendre les produits laitiers frais ou crus de cet élevage sont appliqués. Un arrêté préfectoral de mise sous surveillance (APMS) est pris dès la suspicion. Puis, en cas de confirmation d'infection de l'élevage, un abattage total des animaux est obligatoire, accompagné de la désinfection des locaux et la destruction des produits de l'élevage (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2021).

La France est aujourd'hui indemne de brucellose dans ses élevages. En effet, elle bénéficie du statut « officiellement indemne » de brucellose bovine depuis 2005 et depuis 2021 pour la brucellose des petits ruminants (ovins, et caprins) conformément à la réglementation européenne (ANSES, 2023). En revanche pour la brucellose chez les suidés, la France n'est pas indemne puisque l'infection brucellique à *Brucella suis biovar 2* est réapparue en 1993 en élevage de porcs en plein air. C'est un biovar faiblement pathogène pour l'Homme. Plus de 70 foyers ont été recensés jusqu'en 2012, dans la plupart des cas, l'infection trouvait son origine dans les populations de sangliers sauvages qui entraînent occasionnellement en contact avec les porcs élevés en plein air (Hars *et al.*, 2013).

Il n'y a plus eu de cas chez les ruminants depuis 2003 sauf dans le département de la Haute-Savoie en 2012 avec 2 foyers identifiés et 1 foyer en 2021 dans un élevage bovin (Mailles *et al.*, 2016), (Fournier, 2014). En effet, le dernier cas de brucellose animale en élevage a été déclaré dans la région de Haute-Savoie, sur un élevage de bovins laitiers. Cet élevage se serait contaminé par la faune sauvage, a priori des bouquetins porteurs de *Brucella melitensis*, et non par l'introduction d'un animal contaminé (Boullier *et al.*, 2023). L'élevage entier a été abattu et aucun nouveau cas de brucellose chez les animaux d'élevage de la zone ou sur l'ensemble du territoire français n'a été enregistré.

b. Situation en Afrique

- *Prévalence en Afrique*

La situation épidémiologique en Afrique et en particulier en Afrique sub-saharienne n'est pas précisément connue, même si plusieurs études montrent une présence systématique de la maladie.

Ainsi, l'Afrique et en particulier la Zambie appartiennent aux pays considérés comme enzootique de brucellose. Plusieurs études de prévalence sont décrites dans la littérature, dont une récente réalisée en Zambie en 2021.

La première étude sur la brucellose et sa prévalence en Afrique date de 1987 par M. Akakpo, au sein de sept pays d'Afrique subsaharienne. L'étude a été réalisée dans des élevages de bovins, la plupart de races locales. Les tests de dépistages utilisés étaient en majorité l'Epreuve à l'Antigène Tamponné (EAT) et le test de fixation du complément. L'identification des souches bactériennes a été réalisée à l'aide de prélèvements d'hygromas mis en culture sur une gélose appelée « Brucella Agar Modifié (BAM) » en laboratoire. L'étude a mis en évidence une prévalence sérologique moyenne sur l'ensemble des pays de 22,5 % ($\pm 1,1$ %).

Dans cette étude un groupe de pays présentait une séroprévalence élevée : le Niger, le Rwanda et le Togo avec une séroprévalence entre 30 et 41 %. Contrairement aux autres où la séroprévalence était relativement plus faible : le Bénin, le Burkina et le Cameroun avec un taux entre 10 et 12 %.

De plus, une variabilité de la séroprévalence de la brucellose selon le climat ou encore la densité de population a été observée. En effet, au Niger, le département de Niamey, plutôt avec un climat humide où le fleuve Niger est présent, présentait une séroprévalence nettement plus élevée que le département de Zinder en zone plus sèche à l'est. De plus, une séroprévalence élevée a été observée dans les élevages sédentaires autour des villes où la densité est importante (Bénin, Burkina, Togo, Rwanda). L'étude n'a pas mis en évidence de différence significative entre les individus ayant subi un avortement ou non.

En revanche, une différence significative selon le sexe de l'animal a été observée, avec 24,2 % ($\pm 1,3$ %) de femelles positives contre 16,5 % ($\pm 2,2$ %) des mâles pour l'ensemble des animaux de l'étude. Cependant, ce rapport pouvait s'inverser selon les zones d'études, comme par exemple au Niger avec un pourcentage de mâles infectés plus important. Il n'y a pas eu de différence significative en fonction de l'âge de l'animal, même si la tendance était à l'augmentation de la prévalence avec l'âge de l'animal. De plus, la positivité du test a été très fréquente chez les animaux porteurs d'hygromas puisque 85,2 % ($\pm 13,4$ %) des animaux porteurs de cette lésions ont été testés positifs. Enfin, l'agent causal isolé de ces hygromas (Sénégal, Togo, Niger et Rwanda) appartenait au biovar 3 ou 3/6 de l'espèce *Brucella abortus* (Akakpo et Bornarel, 1987).

Par ailleurs au Niger, des prélèvements ont été réalisés sur des petits ruminants (ovins et caprins) et des dromadaires afin d'évaluer la séroprévalence au sein de ces populations. Il n'y a pas eu de sérologie positive retrouvée chez les petits ruminants, alors que 2 sérologies ont été positives chez les 109 dromadaires prélevés. Le tableau 2 présente les résultats sérologiques au Niger selon les différentes espèces.

Tableau 2 : Résultats sérologiques selon les différentes espèces au Niger (Akakpo et Bornarel, 1987).

Résultats sérologiques des diverses espèces au Niger

Espèces	Nbre de sérums testés	RB +		FC +		(RB/FC) +		AC*	
		Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
Bovins	826	151	18,3	228	27,6	255	30,9 ± 3,2	82	9,9
Ovins	122	0	0	8	6,6	8	6,6 ± 4,4	1	0,9
Caprins	100	0	0	2	2,0	2	2,0 ± 2,7	1	1,0
Dromadaires	109	2	1,8	8	7,3	9	8,3 ± 5,2	42	38,5

* AC : sérum anticomplémentaire

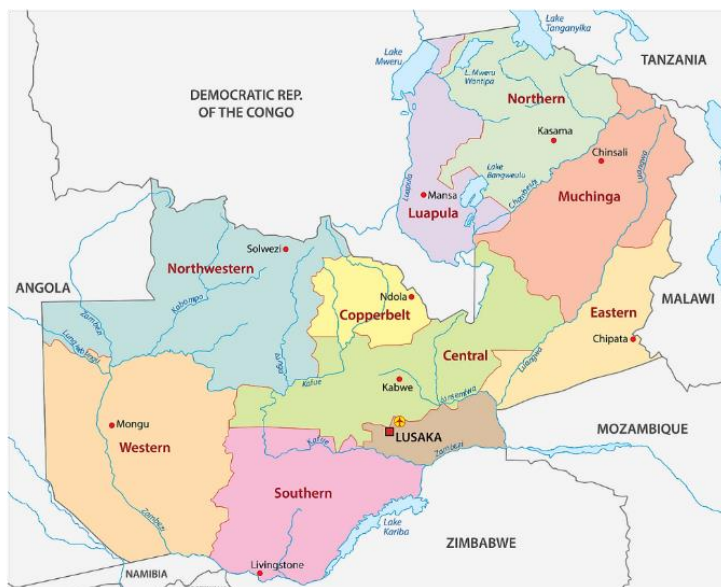
RB : rose bengale ; FC : fixation du complément ; Nbre : nombre

Par ailleurs, une étude prospective en Afrique de l'Ouest en 2004 au sein de la province de Ouagadougou au Burkina Faso, visant à évaluer la prévalence de 3 maladies chez les bovins laitiers avec un fort impact économique et sanitaire, incluant la brucellose, a mis en évidence une séroprévalence globale pour la brucellose de 13,2 % chez 290 bovins. L'ensemble des bovins était de race « Zébu peul soudanien », une race locale, et l'âge compris entre 2 et 10 ans. Les bovins pâturaient tous ensemble la journée sous la conduite de trois bergers. Le résultat de l'étude a mis en évidence 38 bovins positifs à l'EAT sur 290. Une différence significative entre les individus mâles et les femelles a été également observée. 14,3 % des femelles ont été positives contre seulement 5,6 % pour les mâles. En revanche, aucune différence significative n'a été observée selon l'âge du bovin, classé en 3 catégories : 2 ans (7,7 %), 2,5 à 5 ans inclus (13,2 %) et supérieur à 6 ans (15,4 %), (Traoré *et al.*, 2004).

Puis, une étude a été conduite en Tanzanie et au Kenya en 2016. Des séroprévalences variables ont été obtenues, allant de 2,6 % à 28,2 % (Chota *et al.*, 2016). Enfin il y a eu diverses études dans la littérature avec des résultats de séroprévalence très variables (McDermott et Arimi, 2002 ; Tasiame *et al.*, 2016 ; Ducrotoy *et al.*, 2017 ; Kolo *et al.*, 2019). Une revue systématique de 2022 a repris les études entre 2000 et 2020 sur le continent africain et asiatique. Elle a mis en évidence une séroprévalence moyenne en Afrique de 8 % avec un intervalle de confiance à 95 % de [7 % ; 9 %] sur l'ensemble des études décrites (Suresh *et al.*, 2022). Enfin, la dernière étude en 2022 au Kenya a fait état de 22,88 % de séroprévalence chez les bovins, de 15,48 % pour les caprins et 8,62 % pour les ovins (Lokamar *et al.*, 2022).

En Zambie, une étude sur la brucellose a été menée entre le 6 mai 2017 et le 31 juillet 2020 sur 1 712 individus provenant de 175 troupeaux de bovins dans cinq districts répartis dans 3 provinces différentes (Figure 4) : Namwala, Choma et Monze (Province du Sud), Senanga (Province de l'Ouest) et Lundazi (Province de l'Est) (Mfune *et al.*, 2021).

Figure 4 : Carte des différentes provinces de la Zambie (World Atlas, 2023).



L'étude a mis en évidence un taux de séroprévalence de la brucellose de 7,53 % au niveau individuel et de 21,14 % de troupeaux infectés. La méthode utilisée était un test de dépistage à l'EAT, puis une confirmation par un test ELISA au laboratoire. Certains districts comme celui de Namwala ou encore la province du Sud ont obtenu des séroprévalences plus élevées que d'autres, sans différence significative (Tableau 3).

Tableau 3 : Résultats de séroprévalence de la brucellose par individu selon les différentes zones en Zambie (Mfune et al., 2021).

District	n	Positifs	Séroprévalence %	IC à 95 %
Lundazi	251	0	0	-
Choma	186	3	2.15	0,1-4,2
Monze	326	21	6.44	3,7-9,1
Namwala	602	74	12.45	9,8-15,1
Senanga	347	29	8.35	5.4-11,3
Total	1712	129	7.53	6.28-8.78

IC : intervalle de confiance.

De plus, selon l'âge, le sexe, la gravidité, la présence d'hygromas ou les antécédents d'avortement, aucune différence significative n'a été observée entre les différents groupes. Cependant, des tendances ont été relevées pour les bovins de plus de 11 ans, le district de Namwala, les femelles et notamment celles qui sont gravides : ces groupes d'individus présentaient une séroprévalence légèrement plus élevée que les autres dans cette étude (Tableau 4), (Mfune et al., 2021).

Ainsi, la brucellose au sein de pays où elle est endémique comme la Zambie semble avoir une séroprévalence variable selon différents facteurs :

- Espèce : bovins
- Densité de population : importante
- Climat : humide
- Sexe : femelles

Tableau 4 : Résultats de séropositivité vis-à-vis de la brucellose par individu selon leurs caractéristiques et la zone d'étude en Zambie (Mfuno *et al.*, 2021).

Variable	Catégorie	Positifs/Testés	Séropositivité (%)	Odds ratio	IC 95 %
Province	S/P	100/1114	8,97	Ref.	
	W/P	29/347	8,35	1	0,61 - 1,45
	E/P	0/251	0	1	-
District	Choma	3/186	1,61	Ref.	
	Monze	21/326	6,44	4,2	1,23-14,27
	Namwala	74/602	12,29	8,55	2,66-27,44
	Senanga	29/347	8,36	5,56	1,67-18,52
	Lundazi	0/251	0	1	-
Age	0 - 5 ans	57/985	5,78	Ref.	
	6 - 10 ans	59/649	9,09	1,63	1,12-2,37
	> 11 ans	nov-78	14,1	2,67	1,34-5,34
Sexe	mâle	13/363	3,58	Ref.	
	femelle	114/1349	8,45	2,48	1,38-4,46
Statut reproducteur	Taureau	13/363	3,58	Ref.	
	Vache	61/834	7,31	2,12	1,15-3,91
	vache en lactation	33/370	8,92	2,63	1,36-5,09
	vache gestante	20/145	13,79	4,31	2,08-8,92
Historique de l'animal	stade de lactation < 3 mois	3/42	7,14	Ref.	
	Avortement	25/2	8	1,13	0,18-7,28
	Infertilité	0/6	0	1	-
	Hygromas	3/1	33,3	6,5	0,45-94,08
	Absence d'hygromas	121/1636	7,39	1,04	0,32-3,41

S/P : province du sud ; W/P : province de l'ouest ; E/P : province de l'est ; IC : intervalle de confiance ; Ref : référence.

- *Zoonose et transmission à l'Homme*

La brucellose touche de nombreux humains chaque année dans le monde où environ 500 000 nouveaux cas par an sont recensés selon l'OMS (INRS, 2023). Comme décrit

précédemment, elle est très présente au sein du continent africain mais avec une prévalence très variable selon les pays et les régions touchées. En effet, selon Nada et Ilham en 2022, entre 2017 et 2021 dans une région en Algérie, 475 cas humains ont été rapportés soit une incidence annuelle moyenne de 13 cas pour 100 000 habitants. Et ce, malgré une séroprévalence moyenne de la brucellose bovine faible dans la région, évaluée à 1,36 % mais où 79,41 % des communes de la région étaient touchées (Nada et Ilham, 2022). Au Mali, une séroprévalence chez l'Homme très élevée a été retrouvée dans la région de Gourma où elle a atteint 24,4 % dans la population humaine (Tasei *et al.*, 1982). En revanche, une séroprévalence de seulement 3,5 % a été retrouvée dans une population d'éleveurs nomades au Tchad, selon une étude prospective où les animaux des élevages étaient faiblement touchés également, avec une séroprévalence égale à 7 % (Schelling *et al.*, 2003).

La transmission à l'Homme est majoritairement due à la consommation de produits laitiers contaminés (contamination indirect) ou à la proximité avec des animaux infectés (contact direct) ou du matériel souillé. De plus, l'absence de connaissance de la maladie par la population ou encore des pratiques de prévention en élevage augmentent le risque de transmission de la brucellose à l'Homme. En effet, la présence d'un cas de brucellose chez un humain semble significativement plus importante dans un élevage potentiellement infecté (présence d'avortement(s) dans les 12 derniers mois) par rapport à un élevage sain (sans avortement) (Abd El-Wahab *et al.*, 2019).

De la même manière, les consommateurs de lait cru, les éleveurs, les personnes présentes pendant la mise base (avec le placenta notamment) et l'abattage sont significativement plus séropositifs à la brucellose que le reste de la population humaine. Par exemple dans une étude au Mali, 40 % des éleveurs testés ont été séropositifs contre 5,8 % pour le reste de la population (Steinmann *et al.*, 2006). L'excrétion dans le lait, responsable d'une possible transmission zoonotique est variable selon le statut de l'animal. En effet, des anticorps anti-brucelliques ont été retrouvés à l'aide d'un test ELISA et du test de l'anneau de lait (appelé aussi Ring-test) dans le lait de 10 % des élevages extensifs au Kenya. Cependant, la majorité de la population faisait bouillir son lait avant de le consommer, ce qui diminuerait fortement le risque de transmission de la brucellose à l'Homme (Arimi *et al.*, 2005).

La période d'excrétion de la bactérie est également variable ; elle est élevée dans les jours suivant la mise-bas, notamment dans le colostrum. Mais elle reste aléatoire et individu dépendant (Philippon *et al.*, 1971).

C. Les différents tests de dépistage utilisés en Afrique

Afin de mettre en évidence la présence d'animaux infectés, de nombreux tests de dépistage sont disponibles. La détection de la brucellose se fait principalement à l'aide de diverses méthodes, principalement sérologiques, ou encore de cultures bactériennes, qui aident au dépistage des troupeaux, aux programmes de surveillance et de contrôle mais également aux stratégies d'éradication dans différentes zones géographiques (Dos Santos *et al.*, 2017 ; Ducrotoy *et al.*, 2018). Ainsi, les méthodes sérologiques détectent les anticorps anti-brucelliques, et non la bactérie en elle-même. Cependant, la séroconversion des jeunes déjà infectés, c'est-à-dire le passage pour un individu infecté de séronégatif à séropositif, a lieu principalement à la puberté, soit à l'âge de 2 ans environ chez les bovins, et 8 mois chez les petits ruminants, ce qui rend le diagnostic difficile avant l'âge pubère. De plus, la distinction entre les individus infectés et les individus vaccinés peut être compliquée, selon le vaccin utilisé. Bien que la PCR puisse être utilisée pour la détection de l'agent pathogène, elle ne permet pas non plus de faire la différence entre la souche d'un animal infecté et

celle d'un animal vacciné (vaccins vivants atténués). Cependant, une nouvelle méthode fondée sur la PCR en temps réel ciblant une protéine de la membrane externe de *Brucella abortus* permet de différencier l'animal infecté de l'animal vacciné. C'est la technologie appelée DIVA (Différenciation entre un Animal Vacciné et un animal Infecté), (Kaynak-Onurdag *et al.*, 2016). La PCR reste malgré tout un outil uniquement disponible en laboratoire, coûteux et qui reste peu disponible dans les pays en développement comme en Afrique et en particulier en Zambie.

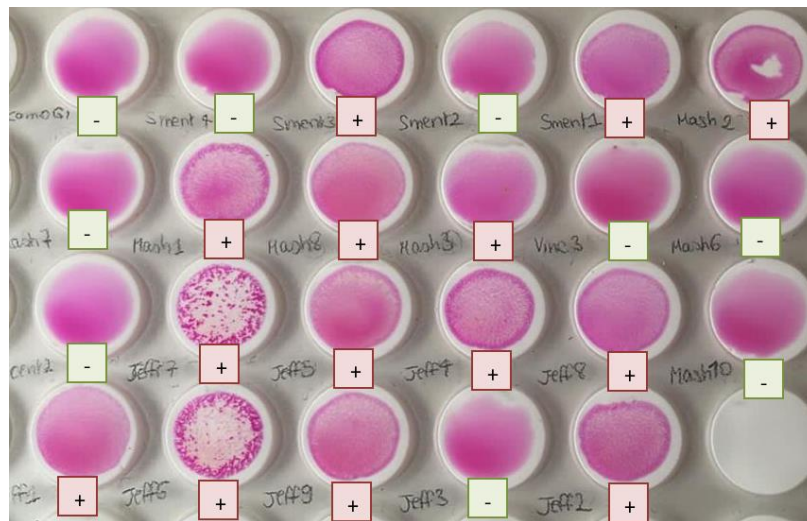
Ainsi, sur le terrain, les méthodes sérologiques en pays enzootiques restent les moyens de dépistage les plus facilement utilisables, avec l'EAT et le test à l'anneau de lait en chefs de file, malgré une vigilance à avoir sur l'âge de l'animal et le statut vaccinal vis-à-vis de la brucellose.

a. L'épreuve à l'antigène tamponné (EAT)

Le test à l'EAT est le test de dépistage de choix sur le terrain pour la détection de l'infection à la brucellose. En effet, il présente une grande sensibilité (Se), malgré une spécificité (Sp) plus faible ($Se = 100 \pm 3,3 \%$; $Sp = 86,4 \pm 7,3 \%$), (Mainar-Jaime *et al.*, 2005). En effet, des réactions croisées, notamment avec la bactérie *Yersinia enterocolitica* peuvent donner lieu à des résultats faussement positifs (Tialla *et al.*, 2014). Le test est un test qualitatif. Le principe repose sur une réaction d'agglutination entre les anticorps du sérum de l'individu dirigés contre le lipopolysaccharide (LPS) bactérien associé à l'antigène brucellique coloré au rose bengale. Ce test ne permet donc pas la distinction entre un individu infecté et un individu vacciné avec le vaccin S19, vaccin utilisé dans la zone d'étude, puisque le vaccin S19 entraîne une réponse sérologique anti-LPS, décrite dans le prochain paragraphe.

Le prélèvement est un prélèvement sanguin sur tube sec, et le test se réalise à partir de sérum après centrifugation ou séparation mécanique du sérum et des éléments figurés du sang. Le résultat obtenu est qualitatif mais l'agglutination obtenue peut être plus ou moins accentuée : sévère, marquée, modérée ou faiblement positive. La figure 5 présente un résultat EAT où des résultats négatifs mais également positifs avec des degrés d'agglutination variables sont présents. Ce test est peu coûteux et l'interprétation reste facile. Il est réalisable directement au chevet de l'animal. Il est donc le test de dépistage de choix pour l'évaluation de la prévalence de la brucellose dans les pays enzootiques.

Figure 5 : Résultats d'une série d'EAT sur les sérums individuels chez 23 individus en Zambie en 2022 (source personnelle).



b. Test à l'anneau de lait ou Ring Test

Le test à l'anneau de lait repose sur le même principe que l'EAT avec une réaction d'agglutination entre les anticorps dirigés contre le LPS bactérien avec un antigène coloré à l'hématoxyline. Le complexe formé se regroupe en surface dans un « anneau de crème », d'où le nom donné à ce test. Ce test doit être réalisé sur des prélèvements de lait, et est très efficace sur des laits de mélange notamment quand le mélange de lait concerne un nombre élevé de vaches. En effet, le test à l'anneau permet la détection des anticorps dans le lait. Cependant, il peut présenter des résultats faussement positifs notamment lié à la présence de colostrum, de lait de mammite ou de lait de vache en fin de lactation. Ainsi, il semble mal adapté sur des élevages en Afrique où le nombre de bovins par élevage peut être très faible (1 ou 2 bovins par éleveur). De plus, ce test est difficile à se procurer en Afrique et notamment en Zambie. Ce n'est pas un test utilisé fréquemment dans le pays (Khurana *et al.*, 2021).

c. Test de fixation du complément

Le test de fixation du complément est un test plus spécifique que les tests précédents (EAT et Ring test) avec une spécificité de 0,98 (Laudat *et al.*, 1987). En effet, il est majoritairement utilisé pour la confirmation de l'infection, lorsqu'un précédent test de détection est positif. C'est un test quantitatif qui repose sur la réaction des anticorps (IgG1 et IgM) fixant le complément (sans être exclusivement dirigé contre le LPS bactérien). L'échantillon pour réaliser ce test est du sérum. Il reste cependant très peu utilisé en pratique dans les pays enzootiques car il ne peut être réalisé qu'au sein de laboratoires équipés (Wise et Craig, 1942 ; Adone *et al.*, 2008).

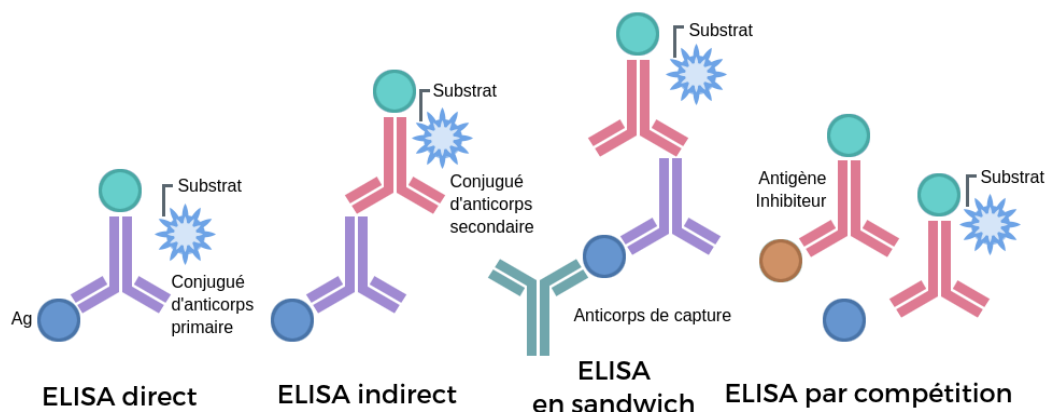
d. ELISA (Enzyme Linked ImmunoSorbent Assay)

La technique ELISA est une technique de dosage immunologique qui permet la détection d'un antigène ou d'un anticorps dans un échantillon. Le principe de cette technique repose sur la visualisation d'une réaction antigène-anticorps grâce à une réaction enzymatique colorimétrique. La technique peut être directe par l'utilisation d'un seul anticorps, ou indirecte, avec le couplage d'un

anticorps primaire avec un anticorps secondaire. Il existe également d'autres techniques ELISA, elles sont toutes schématisées sur la figure 6 (Labster, 2024). La détection de l'antigène de *Brucella* par ELISA est une alternative appropriée pour la confirmation des résultats sérologiques face aux techniques de culture difficiles de la bactérie. En effet, une étude a rapporté une sensibilité de 100 % et une spécificité de 99,2 % pour l'ELISA sur des sérums individuels (Al-Shamahy et Wright, 1998). Le prélèvement est réalisé sur sérum ou sur du lait, individuel ou de mélange (le mélange de sérum ou de lait augmente la spécificité du test).

Ainsi, afin d'évaluer la prévalence de la brucellose et la confirmation de l'infection, la combinaison du dépistage à l'EAT et l'ELISA indirect est la meilleure option pour confirmer une infection au niveau de l'individu ou de l'élevage. En effet, une étude comparative de techniques sérologiques en Turquie a été réalisée avec la comparaison de l'EAT, du test de fixation du complément et de l'ELISA indirect sur des troupeaux de bovins ayant des antécédents d'avortements. Les résultats sur des échantillons de sérums individuels ont conduit à l'utilisation combinée de l'EAT et de l'ELISA indirect pour une évaluation de la séroprévalence au genre *Brucella* (Erdenliğ Gürbilek *et al.*, 2017). Le test de fixation du complément a admis d'excellent résultat mais reste cependant très coûteux et difficilement accessible dans les pays enzootiques.

Figure 6 : Schémas des différents tests ELISA possibles en laboratoire (Labster, 2024).



D. Les modalités de lutte au sein de pays enzootiques

Suite à la confirmation de l'infection d'un individu ou d'un élevage à la brucellose, plusieurs moyens de lutte et notamment sanitaires sont possibles. Au sein des pays enzootiques et dans lesquels l'élevage représente souvent la principale source de revenus des personnes, les outils sanitaires pouvant être utilisés sont souvent limités. En France, pays indemne de la brucellose, les directives sanitaires sont très fortes avec, entre autres, un abattage total d'un élevage infecté associé au dédommagement de l'éleveur. Cela ne peut être envisagé dans des pays enzootiques comme la Zambie. À l'échelle des élevages, les moyens de lutte vont donc reposer sur la prévention, la mise en place de mesures sanitaires diverses présentées ci-après et la vaccination.

De plus, afin de limiter le risque zoonotique, des mesures auprès des éleveurs mais également de la population générale peuvent être prises. En effet, les comportements à risque les plus fréquemment observés chez les humains sont l'assistance aux mises bas et aux avortements, la manipulation sans gant des produits d'avortement tels que l'avorton ou encore la consommation de lait cru ou de lait caillé non pasteurisés et de fromage frais (Tialla *et al.*, 2014). Les moyens de lutte les plus efficaces restent malgré tout l'abattage (Zamri-Saad et Kamarudin, 2016) des individus infectés, mais également la vaccination à grande échelle puisque qu'une vaccination de 95 % des animaux d'une zone enzootique serait très efficace pour éradiquer la maladie selon une modélisation mathématique (Nepomuceno *et al.*, 2018).

a. Outils sanitaires

- *Prévention de la brucellose animale*

Plusieurs outils sanitaires peuvent être mis en place afin de lutter contre la brucellose, au sein des pays enzootiques, autres que l'abattage de masse et en combinaison avec l'utilisation de la vaccination. Par exemple, l'isolement des individus infectés avant leur éventuel abattage, la mise en place de quarantaine et de tests de dépistage lors de l'introduction d'un nouvel individu dans un élevage ou encore la réalisation de campagnes d'éducation sur la maladie et sa prévention à la population sont des moyens de lutte contre la brucellose. En effet, un modèle mathématique fondée sur la connaissance des mouvements d'animaux et leur statut vis-à-vis de la brucellose, conduisant à l'utilisation de la vaccination et l'isolement des individus infectés, permettrait l'éradication de la brucellose (Nepomuceno *et al.*, 2018). Ces moyens de lutte nécessitent une politique commune et à l'échelle d'une zone d'étude voir d'un pays, permettant une réduction significative de la prévalence de la brucellose, et ce sur de nombreuses années, avec la vaccination qui reste le moyen de lutte avec les meilleurs résultats (Singh *et al.*, 2018).

- *Prévention de la brucellose humaine*

Afin de lutter contre la transmission de la brucellose à l'Homme, des moyens de lutte relativement simples et efficaces peuvent être mis en place. En effet, pour l'ensemble de la population, la pasteurisation des produits laitiers est le 1^{er} outil de lutte contre la zoonose. Cependant, certaines pratiques culturelles peuvent compromettre cette réalisation. En effet, dans la région de l'étude en Zambie, une consommation de lait fermenté non pasteurisé est très présente et semble difficilement modifiable. De plus, les éleveurs et les familles paysannes, doivent appliquer des mesures d'hygiènes strictes, afin d'éviter la transmission de l'animal à l'Homme. Par exemple, le port de gants lors de la traite permet d'éviter une transmission indirecte par le lait et ses projections, ou encore le lavage des mains après la traite. De plus, l'utilisation de gants lors de la mise-bas et le retrait des matières liées à cette dernière (placenta, avorton, nouveau-né) ou encore le nettoyage et la désinfection des lieux de mise bas sont d'autres moyens d'éviter la contamination des éleveurs. Cependant, l'absence de disponibilité de gants dans la zone d'étude pour les éleveurs diminue la possibilité de réalisation de ces mesures. Enfin, la formation et la réalisation de campagnes de prévention auprès des populations sont des moyens simples et efficaces de diminuer la transmission de la brucellose (Hashemi Tabar, 2014), (Tialla *et al.*, 2014). Le tableau 5 résume les outils envisageables afin de prévenir et lutter contre la brucellose en Afrique.

Tableau 5 : Résumé des moyens de lutte théoriques pour prévenir la transmission de la brucellose au niveau des élevages et de l'Homme, en dehors de la vaccination (création personnelle).

	Élevages	Homme
Moyens de lutte théoriques contre la transmission de la brucellose	Tests de dépistage à l'introduction d'un nouvel individu	Pasteurisation du lait
	Isolement et abattage des individus infectés	Ports de gants/nettoyage des mains lors de la traite
	Dépistage des taureaux reproducteurs/ Insémination artificielle	Ports de gants lors des mises bas
	Isolement des individus lors des mises-bas	Campagne de prévention auprès des populations
	Nettoyage et désinfection des lieux des mises-bas	
	Campagne de prévention auprès des éleveurs	

b. La vaccination

- *Vaccination chez les bovins*

La vaccination est un moyen de lutte important contre la brucellose au sein des pays enzootiques. Chez les bovins, la vaccination repose essentiellement sur l'utilisation de 2 types de vaccins. Les vaccins appelés S19 et RB51 sont les deux vaccins reconnus comme efficaces et les plus utilisés dans la prévention de l'infection brucellique et des avortements liés à l'espèce *Brucella abortus* (Dorneles *et al.*, 2015 ; De Oliveira *et al.*, 2022). De plus, en région enzootique, et notamment lorsque les élevages bovins et ovins sont infectés, une vaccination combinée à la fois des bovins et des ovins (avec un autre vaccin décrit plus bas) est nécessaire afin d'espérer une diminution voire une élimination de la brucellose au sein de ces élevages « mixtes ». Selon une étude, le temps estimé serait de 3,5 ans pour ces élevages contre plus de 16 ans si l'on se limitait à une vaccination uniquement des petits ruminants (Beauvais *et al.*, 2016). Cependant, l'ensemble des vaccins utilisés sont des vaccins vivants atténués, ce qui requiert une attention particulière en

raison des risques d'inoculation accidentelle à l'Homme lors de la manipulation des vaccins (Vives-Soto *et al.*, 2024).

□ Le vaccin S19

Le vaccin S19 est un vaccin vivant atténué de *Brucella abortus biovar 1*. Il entraîne une réponse sérologique anti-LPS, ce qui rend les animaux vaccinés positifs aux principaux tests de dépistage de la brucellose. Ainsi, le vaccin S19 interfère avec le test de dépistage sérologique et ne permet pas par la suite distinguer les animaux infectés ou vaccinés, contrairement au vaccin RB 51 (Moriyón *et al.*, 2004).

Des nouveaux vaccins S19 mutants sont testés et pourraient permettre la distinction entre les individus vaccinés et infectés comme le montre l'étude sur la souche *S19 deltapar* chez les cobaye et les souris (Lalsiamthara *et al.*, 2015). La vaccination S19 est réalisée par une injection unique sous cutanée ou conjonctivale chez les jeunes bovins. La réalisation d'un programme de vaccination chez 90 % des jeunes bovins âgés de 3 à 8 mois produit d'excellents rendements économiques et semble le meilleur moyen de lutte face à la brucellose (Alves *et al.*, 2015). Le vaccin peut également être pratiqué chez l'adulte. Il permet une efficacité démontrée sur plusieurs années (Khurana *et al.*, 2021). Cependant, il entraîne des avortements chez les bovins adultes gestants.

Il présente également l'inconvénient d'être excrété dans le lait et l'urine de façon intermittente, en particulier suite au vêlage et dans les 150 premiers jours de lactation, et ce, durant toute la vie de l'animal (Pacheco *et al.*, 2012). Le risque est donc une transmission zoonotique de la souche vaccinale à l'Homme, qui a un pouvoir pathogène non nul pour l'Homme. Cependant, la contamination humaine par le vaccin S19 dans le lait reste rarissime seul un cas a été rapporté dans une étude au Soudan (Osman *et al.*, 2015). Le vaccin S19 est également capable de survivre lors de la fabrication de fromages à partir de lait contaminé, qu'ils soient frais ou affinés (Benítez-Serrano *et al.*, 2022). La pasteurisation du lait reste la meilleure protection face au vaccin vivant afin d'éviter une contamination humaine.

□ Le vaccin RB51

Le vaccin RB51 est un vaccin vivant atténué également, d'une souche virulente de *Brucella abortus biovar 1*. Il n'entraîne pas de réponse sérologique anti-LPS, ce qui permet de le distinguer du vaccin S19 puisqu'il permet de différencier les animaux vaccinés des animaux infectés avec les principaux tests de dépistage utilisés, notamment le test EAT. Il est réalisé par une injection unique en sous-cutanée chez les jeunes (4 à 12 mois) mais peut être utilisé chez l'adulte également. Cependant, une récente étude a décrit une interférence avec le test ELISA (Blasco *et al.*, 2023). De plus, la durée de son efficacité a été mesurée à 4 ans et l'efficacité de la revaccination n'a pas été prouvée.

Par ailleurs, il n'y a aucune preuve de son efficacité face à l'espèce *Brucella melitensis*. Son efficacité est contestée en Espagne au profit du vaccin S19 lors des moyens d'éradication utilisés dans le pays (Blasco *et al.*, 2023). Enfin, le vaccin RB51 est excrété dans le lait, et plusieurs cas de contaminations humaines ont été décrits par l'ingestion de lait non pasteurisé ou lors de contamination accidentelle lors des vaccinations (Ashford *et al.*, 2004), (Cossaboom *et al.*, 2018). Or, ce vaccin est également résistant à la rifampicine, l'antibiotique principalement utilisé en médecine humaine pour traiter la maladie chez l'Homme.

Ainsi, le tableau 6 présente les différents avantages et inconvénients de chacun des vaccins. Le vaccin S19 semble être le plus avantageux dans la zone d'étude.

Tableau 6 : Présentation des avantages et des inconvénients de l'utilisation des vaccins S19 et RB 51 dans la lutte contre la brucellose bovine (création personnelle).

	Vaccin S19	Vaccin RB 51
Avantages	Durabilité du vaccin	Distinction individus infectés vs vaccinés
	Utilisation chez le jeune	Utilisation chez le jeune
	Utilisation chez l'adulte	Utilisation chez l'adulte
	Contamination humaine dans le lait rarissime	
Inconvénients	Absence de distinction individus infectés vs vaccinés	Contamination humaine dans le lait possible
	Abortif	Résistant à la rifampicine
		Efficacité dans le temps : 4 ans
		Abortif
		Interférence avec le test ELISA

- *Vaccination chez les petits ruminants*

La vaccination chez les petits ruminants est également un moyen de lutte contre la brucellose au sein de pays enzootique. La souche vaccinale *Rev.1 de Brucella melitensis* est la plus utilisée. C'est un vaccin vivant atténué d'une souche dite reverse (REV) d'un mutant de l'espèce *Brucella melitensis biovar1*. Comme les vaccins précédents, cette souche conserve un pouvoir pathogène avec un risque d'avortement chez les petits ruminants gestants, une excrétion dans le lait et donc une transmission possible aussi pour l'Homme. C'est le vaccin de choix pour les petits ruminants avec une administration unique sous cutanée ou conjonctivale chez le jeune, pouvant aussi être réalisée chez l'adulte. Si la vaccination est réalisée chez les jeunes, elle permet une détection de l'infection par les tests de dépistage sans interférence dans la majorité des cas, d'autant plus si le vaccin est administré en conjonctivale. Cependant, une vaccination des adultes engendre une réponse sérologique sur plusieurs années et ne permet donc pas la distinction entre les individus adultes infectés et vaccinés (Godfroid *et al.*, 2010). Par ailleurs, une étude présente l'émergence d'une infection des animaux avec des signes cliniques associés par une souche de *Brucella melitensis* malgré leur vaccination (Banai, 2002).

De plus, le protocole de vaccination doit être respecté afin d'obtenir une réduction du nombre d'avortements. Par exemple en Albanie, une étude a montré que des élevages de petits ruminants ayant bénéficié d'un protocole de vaccination incomplet présentaient un taux significativement plus

élevé d'avortements que ceux ayant bénéficié d'un protocole de vaccination complet. Cependant, l'impact économique et les pertes de revenus des éleveurs de chaque groupe n'était pas significativement différents (Hanin, 2017).

Ainsi, la vaccination est un outil de lutte majeur contre la brucellose, malgré l'existence de contraintes relatives, comme le risque zoonotique lors de la manipulation des vaccins et l'absence de distinction entre les individus infectés et vaccinés pour le vaccin S19. Ce dernier est disponible dans la zone d'étude et peu coûteux avec une dose qui vaut 20 kwachas *versus* 100 kwachas pour le vaccin RB51.

Deuxième partie : étude expérimentale

1. Introduction

La brucellose est donc une maladie zoonotique majeure, présente notamment sur le continent Africain et en Zambie. Elle est retrouvée notamment dans l'espèce bovine dans une étude réalisée en Zambie en 2021 (Mfune *et al.*, 2021). De plus, le dépistage le plus accessible, réalisable sur place et peu coûteux est le test à l'EAT. Enfin, les moyens de lutte au sein d'une zone sont à proposer et à réaliser en fonction des possibilités sur place et de la culture locale.

Une étude terrain a été réalisée durant l'été 2022. L'objectif était l'évaluation de la prévalence de la brucellose dans des élevages de bovins et de petits ruminants et de proposer des méthodes de lutte contre la maladie pour les élevages et la population. La zone d'étude était au sein d'une région particulière de la Zambie, la chefferie de Musungwa bordant le parc Kafue, décrite précédemment. Cette étude a été menée au sein de l'association Melindika, qui couvre 6 villages dont la majorité de la population sont des éleveurs et familles paysannes, dont les seuls revenus sont issus de l'agriculture. En effet, une évaluation de la présence de la brucellose au sein de ces villages permettrait ensuite de proposer des méthodes de lutte contre la maladie, adaptées aux conditions et aux politiques d'élevage locales. Ainsi, le but était de réduire la transmission de la maladie entre les individus des différents élevages mais également de protéger la population face au risque zoonotique.

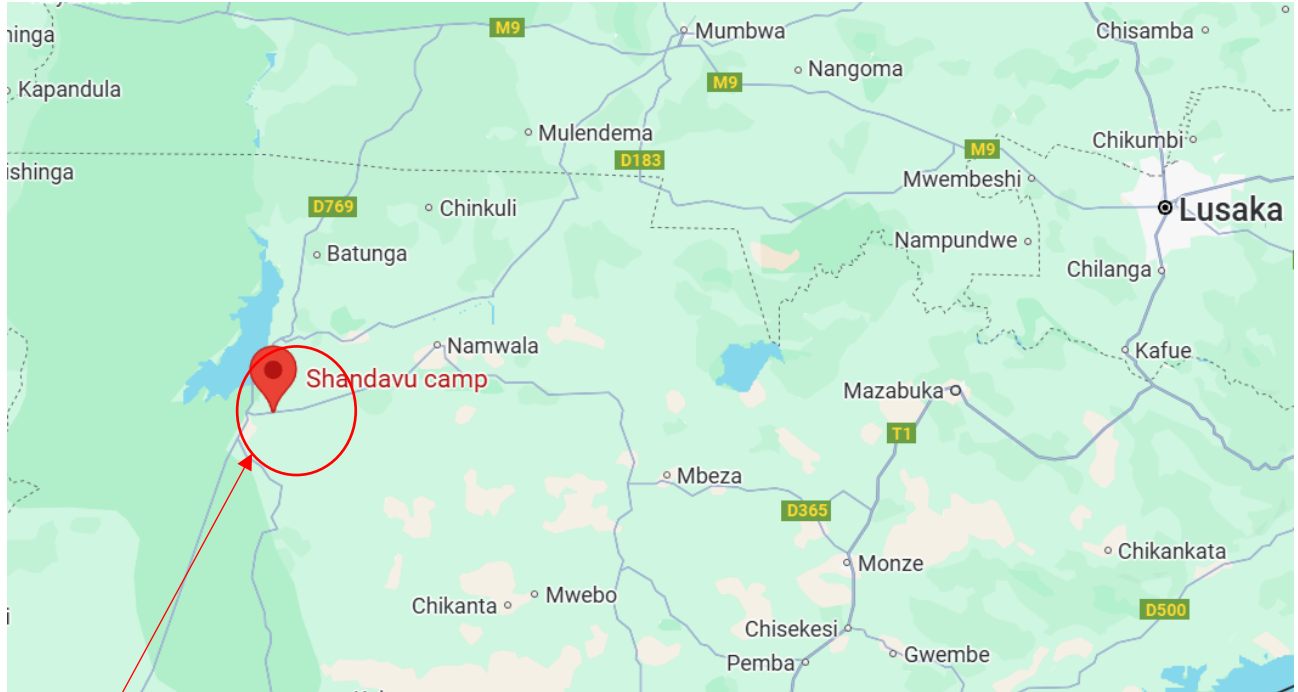
Pour cela, le dépistage fut réalisé chez des bovins et petits ruminants adultes, afin de connaître la séroconversion de ces animaux sur l'ensemble de la zone d'action de l'association. Pour le dépistage, un prélèvement sanguin et le test à l'EAT ont été effectués sur place. Puis les échantillons ont été envoyés en France pour effectuer une confirmation sérologique par la technique ELISA, conduite par le Laboratoire National de Référence (LNR) de l'ANSES. Enfin, des prélèvements de laits et des écouvillons vaginaux ont été obtenus sur les animaux séropositifs sur place. Puis ils ont également été envoyés à l'ANSES afin d'essayer d'obtenir une identification éventuelle des espèces bactériennes, par PCR (Réaction en Chaîne par Polymérase) ou mise en culture.

Enfin, en fonction des résultats obtenus, des formations adaptées pour les éleveurs ont été réalisées. Ainsi, grâce à l'étroite collaboration entre l'association Melindika, les éleveurs de la zone et l'ANSES, nous allons évaluer l'importance de la brucellose, essayer d'identifier les espèces bactériennes responsables de la maladie, et ainsi proposer des protocoles de lutte adaptés à la situation épidémiologique de la zone.

2. Matériels et méthodes

L'étude terrain a été conduite en Zambie durant deux mois au cours de l'été 2022. La région de l'étude était la chefferie de Musungwa, dans le district d'Itezhi-Teizhi (Figure 7).

Figure 7 : Zone de l'étude bordant le parc Kafue avec le camp de base de l'association Melindika, le "Shandavu camp" (Google Maps, 2024).



Zone de l'étude

Ce fut une étude d'épidémiologie descriptive. La population cible choisie était l'ensemble des bovins et petits ruminants de la zone. La population source choisie a été celle des animaux adultes afin de connaître la séroprévalence de l'infection des animaux de la zone (cf infra).

Le test de dépistage réalisé fut le test à l'EAT fourni gracieusement par l'ANSES (Pourquier Rose Bengale Ag 10mL, Idexx), (Idexx, 2024), avec une capacité de dépister 800 individus sur place. La population totale de la zone s'élevait à 9109 animaux, soit un dépistage sur environ **8,8 %** de la population. Le nombre de bovins et de petits ruminants adultes testés fut proportionnel à la présence de chaque population au sein de la zone. D'après les données disponibles dans le tableau 7, 601 bovins et 199 petits ruminants adultes ont ainsi été prélevés.

Tableau 7 : Représentation du nombre d'animaux testés par rapport au nombre total d'animaux présents dans la zone (données récoltées par Melindika en mars 2022)

	Bovins	Caprins	Ovins
Nombre total d'animaux	6848	2126	135
Pourcentage d'animaux testés	8,8%	8,8%	8,8%
Nombre d'animaux testés	601	187	12
Nombre total d'animaux testés	800		

La conduite d'élevage de chacune des espèces était assez différente. Les unités épidémiologiques choisies pour les bovins et les petits ruminants ont donc été différentes (justifiées dans les prochains paragraphes). En-effet, la zone de pâturage a été choisie comme unité épidémiologique pour les bovins alors que le village a été choisi pour les petits ruminants. Ainsi, une première enquête explore les résultats chez les bovins, puis une seconde enquête les résultats chez les petits ruminants.

Un échantillonnage idéal aurait été de tirer au sort aléatoirement les 601 bovins et 199 petits ruminants, chaque individu étant clairement identifié. Cependant, ce n'était pas le cas sur le terrain. Le nombre d'animaux par élevage était connu, sans connaître l'identité exacte de chaque individu. Une simulation du tirage au sort des individus théoriquement identifiés est disponible en Annexe 1.

A. Enquête de la brucellose chez les bovins

a. Unité épidémiologique et contraintes

L'unité épidémiologique choisie a été déterminée afin d'être le plus proche de la réalité sur le terrain. Il a donc fallu s'inspirer de la géographie des élevages bovins ainsi que leur conduite d'élevage. L'association Melindika, qui travaille avec les éleveurs de la chefferie depuis plusieurs années, nous a fourni les informations nécessaires. Les élevages de bovins au sein d'un même village étaient bien distincts les uns des autres, chaque animal appartenait à un seul éleveur. Les troupeaux étaient rentrés tous les soirs au sein de chaque enclos avec un enclos unique par élevage. Cependant, durant toute la journée, les bovins étaient mis au pré dans des zones de pâturage communes, et se mélangeaient entre les élevages d'un même village (Figure 8).

Figure 8 : Photographie des bovins de différents élevages qui pâturent au sein de la même zone de pâturage (source personnelle).



Ainsi, tous les animaux d'un ou plusieurs villages se retrouvaient à pâturer ensemble, durant toute la journée, soit environ 12h par jour. Par conséquent, les animaux de deux élevages différents, mais appartenant à la même zone de pâturage, étaient en contact rapproché plus de 50 % du temps. Ainsi, **l'unité épidémiologique choisie fut celle d'une zone de pâturage.**

Une cartographie des différentes zones de pâturage avait été réalisée lors d'une précédente étude. Elle a permis de regrouper les élevages des différents villages en 5 zones de pâturage. D'après les données obtenues par Mme DAGORRET Elise lors de cette étude, les zones de pâturage étaient semblables à celle délimitées par les villages sauf pour les villages de New Ngoma et Kaminza. En effet les bovins de ces deux villages pâturaient dans la même zone et ce durant toute l'année. Cette zone de pâturage était appelée Zone 1.

Nous avons ainsi obtenu 5 unités épidémiologiques. Le tableau 8 présente le nombre d'élevages par zone de pâturage obtenu :

Tableau 8 : Répartition du nombre d'élevages qui travaillaient avec l'association Melindika en fonction des différentes zones de pâturage.

Zones de pâturage	Zone 1	Basanga	Iyanda	Ntubya	Ibula
Nombre d'éleveurs travaillant avec Melindika	23	51	33	10	30
Moyenne de bovins par élevage	22	56	40	26	19

b. Échantillonnage

Les 5 zones de pâturage au sein de l'étude comprenaient une grande variabilité de taille des élevages et du nombre d'animaux. Il convenait de tester toutes les zones de pâturage. L'idéal aurait été de tester tous les animaux pour chaque zone. Cependant pour des raisons pratiques et financières, cela n'était pas possible. Compte tenu du temps disponible sur le terrain et de la quantité de réactifs disponibles pour cette enquête, les prélèvements s'effectuaient sur deux semaines et demi et dans ce délai et avec les moyens financiers et techniques disponibles, il était seulement possible de réaliser au total environ 800 prélèvements. De plus, les éleveurs n'étaient pas toujours disponibles pour les prélèvements par exemple le samedi ou le dimanche. Ils avaient des obligations religieuses telle que la messe. Ainsi, il y a eu des contraintes de terrain assez conséquentes.

Le nombre d'animaux testés a donc été finalement déterminé en tenant compte du nombre total d'animaux présents dans la zone d'étude. Le tableau 7 montre que le nombre total de bovins était de 6848 animaux avec 8,8 % d'animaux testés. Ainsi, le nombre de bovins testé fut de :

$$6848 \times 8,8 \% = 601 \text{ bovins.}$$

Le nombre d'animaux à tester par zone de pâturage a été calculé au prorata du nombre total d'animaux dans chaque zone afin que 8,8 % des animaux soient testés dans chaque zone de pâturage pour garantir un maximum de précision avec les contraintes de terrain (Tableau 9).

Le choix théorique des animaux à tester serait un tirage au sort, de manière aléatoire, par zone de pâturage. Cependant, même si chaque bovin était identifié par un nom dans chaque élevage, il était impossible de les connaître individuellement au préalable de l'étude. Nous avons uniquement connaissance du nombre total d'animaux par élevage. Ainsi, les animaux prélevés ont été choisis aléatoirement uniquement parmi ceux qui ont participé à l'étude, grâce au volontariat de 80 éleveurs bovins de la zone d'étude. Il y a donc la présence d'un biais d'échantillonnage avec une exactitude relative dû à l'absence de réel tirage au sort.

Tableau 9 : Tableau récapitulatif du nombre de bovins testés en fonction de la zone de pâturage et du nombre d'élevage par zone.

Zones de pâturage	Zone 1	Basanga	Iyanda	Ibula	Ntubya	Total
Nombre d'élevages	28	58	31	10	38	159
Nombre d'animaux au total	587	3444	1830	264	723	6848
Moyenne de bovins par élevage	22	59	59	26	19	37
Nombre d'animaux testés (environ 8,8% par zone)	51	303	160	23	64	601

c. Population source et population cible

La population cible de l'étude était l'ensemble des bovins de la chefferie de Musungwa, dans le district d'Itezhi-Teizhi en Zambie (zone de travail de Melindika).

Cependant, l'infection à *Brucella* des jeunes bovins par la mère (transmission verticale) peut engendrer chez les jeunes infectés une séroconversion tardive, qui apparaît lorsqu'ils sont adultes, après la mise-bas chez les femelles. Ils présentent donc un résultat négatif, malgré la présence de l'agent pathogène dans leur organisme lorsqu'ils sont prépubères.

Seules les vaches après leur 1^{ère} mise bas et les taureaux reproducteurs adultes ont donc été inclus dans l'étude. De plus, un taureau pouvait saillir plusieurs vaches de plusieurs élevages différents, au sein de la même zone de pâturage. Il fallait donc faire attention que le taureau reproducteur de l'élevage testé l'ait été également, même si celui-ci appartenait à un autre élevage. Ainsi, la population source de l'étude fut les animaux adultes à savoir les taureaux et les vaches des 5 zones de pâturage correspondant aux éleveurs travaillant avec l'association Melindika.

Ainsi les taux de séroprévalence apparente de la brucellose pour les bovins âgés de plus de 2 ans dans chaque zone de pâturage ont pu être estimés.

d. Test de dépistage choisi

L'ANSES a fourni gracieusement les tests de dépistage EAT pour réaliser l'étude. De par son excellente sensibilité et malgré une spécificité plus faible (Se = 100 ± 3,3 % ; Spe = 86,4 ± 7,3

%) (Mainar-Jaime *et al.*, 2005), il reste le test de dépistage de choix. En effet, il a pu être réalisé directement sur sérum au chevet des animaux. Le détail de la réalisation des prélèvements et de leur analyse est détaillé dans la partie C.

Le tableau 10 résume la réalisation de l'étude chez les bovins.

Tableau 10 : Résumé de la réalisation du dépistage de la brucellose chez les bovins.

Unité épidémiologique	Nombre de zones de pâturage	Nombre d'animaux testés	Nombre d'animaux testés par zone	Echantillon	Test de dépistage utilisé
Zones de pâturage	5	601	8,8 %	Bovins adultes	EAT

B. Enquête de la brucellose chez les petits ruminants

a. Unité épidémiologique et contraintes

Les villages de la chefferie comportaient également des élevages de petits ruminants, principalement des caprins. Ces derniers étaient également à tester puisque qu'il existe une espèce bactérienne responsable de la brucellose avec un tropisme particulier pour les petits ruminants : *Brucella melitensis*. De plus cette dernière est transmissible des petits ruminants aux bovins par voie aérienne ou contact direct de manière fréquente, ce qui est cependant plus rare que pour l'espèce *B.abortus*.

Pour le risque zoonotique lié aux élevages de petits ruminants, il faut savoir que **la population locale ne consommait pas le lait de chèvre ou de mouton**. Ces derniers étaient donc uniquement utilisés comme ressource carnée pour la population locale. Il y avait donc peu de risque de transmission de la brucellose à la population par ingestion de produits contaminés. En revanche, pour les éleveurs, le risque zoonotique restait majeur au moment des mises-bas et lors de la manipulation des produits liés à celle-ci.

Les petits ruminants étaient regroupés en élevages bien distincts où ils étaient en libre pâturage la journée, puis ils étaient rentrés dans des enclos propres à chaque élevage la nuit. Mais contrairement aux bovins, les petits ruminants d'élevages différents ne pâturaient pas dans la même zone de pâturage. En effet, ces derniers restaient proches des habitations d'un même village. Ils se retrouvaient donc très rarement en contact avec des animaux d'autres villages. **L'unité épidémiologique choisie a donc été celle d'un village**. A cause des contraintes temporelles et pratiques décrites précédemment, il n'était pas envisageable de tester tous les animaux de tous les villages. Il a été alors convenu de tester une partie des animaux de chaque village et ainsi obtenir un résultat par village.

b. Échantillonnage

L'objectif était de tester de la même manière que pour les bovins, avec environ 8,8 % des animaux testés. Ainsi le nombre de petits ruminants testés a été de :

$$2261 \times 8,8 \% = 199.$$

Au préalable, le nombre d'animaux à tester par village a été calculé au prorata du nombre total d'animaux dans chaque village (Tableau 11). Comme pour les bovins, 8,8 % des animaux ont pu être testés par village afin de garantir la meilleure précision possible pour chaque zone.

Le choix théorique des animaux testés serait par tirage au sort. Cependant, comme pour les bovins, l'identification de chaque individu était impossible au préalable. Ils ont donc été choisis parmi les animaux des éleveurs participant à l'étude. Il existe également un biais d'échantillonnage dans cette étude avec une exactitude relative dû à l'absence de réel tirage au sort.

Tableau 11 : Nombre de petits ruminants testés par village en fonction du nombre total d'animaux par village.

Villages	New Ngoma	Basanga	Iyanda	Ibula	Ntubya	Kaminza	Total
Nombre d'élevages	9	29	24	8	21	10	101
Nombre total d'animaux	83	936	720	88	313	121	2261
Moyenne de petits ruminants par élevage	9,2	32,3	30	11	14,9	12,1	18
Nombre d'animaux testés (8,8% par zone)	7	82	63	8	28	11	199

c. Population source et population cible

La population cible de l'étude était l'ensemble des petits ruminants de la chefferie de Musungwa, dans le district d'Itezhi-Teizhi en Zambie (zone d'intervention de Mélindika).

L'infection à *Brucella* des jeunes par la mère (transmission verticale) peut également engendrer chez les petits ruminants une séroconversion tardive, lorsqu'ils sont adultes, après la mise bas chez les femelles. Ils peuvent donc présenter un résultat négatif malgré la présence de l'agent pathogène dans leur organisme lorsqu'ils sont prépubères. Il faut donc tester les femelles après la 1^{ère} mise bas et les mâles reproducteurs adultes.

Ainsi, la population source de l'étude fut les animaux adultes à savoir les béliers, boucs, chèvres et brebis adultes pour chaque village.

Ainsi, les taux de séroprévalence apparente de la brucellose pour les petits ruminants adultes dans chaque village de la zone d'étude ont pu être estimés.

d. Test de dépistage choisi

Les tests de dépistage réalisés sur les petits ruminants ont été les mêmes que chez les bovins, à savoir le test EAT (fourni par l'ANSES). Le détail de sa réalisation chez les petits ruminants est également décrit dans la partie C.

Le tableau 12 résume la réalisation de l'étude chez les petits ruminants.

Tableau 12 : Résumé de la réalisation du dépistage de la brucellose chez les petits ruminants.

Unité épidémiologique	Nombre de villages	Nombre d'animaux testés	Nombre d'animaux testés par zone	Echantillon	Test de dépistage utilisé
Village	6	199	8,8 %	Caprins/ovins adultes	EAT

C. Réalisation des prélèvements et des analyses chez les bovins et les petits ruminants au cours de l'été 2022

a. Prélèvements sanguins

Pour la réalisation des prélèvements sanguins, les manipulateurs étaient équipés de gants et de masques FFP2 (demi-masque filtrant de classe 2) afin d'assurer leur protection vis-à-vis de la brucellose. Seuls les éleveurs n'étaient pas protégés car ils vivaient quotidiennement au contact de leurs animaux.

La veine jugulaire ou la veine coccygienne étaient les sites de prélèvements pratiqués chez les bovins. Le bovin était en position debout pour le prélèvement à la veine coccygienne tandis qu'il était en position couchée pour le prélèvement à la veine jugulaire (Figure 9). La veine jugulaire a été le site unique de prélèvement chez les petits ruminants, avec l'animal en position debout ou couchée (Figure 10). Les éleveurs manipulaient fréquemment leurs animaux, ils ont donc assuré leur contention. Les bovins étaient couchés à l'aide de lassos placés au niveau des membres postérieurs et les petits ruminants manuellement. Les matériels utilisés étaient des aiguilles avec un corps de prélèvement BD Vacutainer et des tubes secs. Au total, ce furent plus de 800 prélèvements, 600 chez les bovins et 200 chez les petits ruminants, qui ont été réalisés.

Figure 9 : Photographies des sites de prélèvement chez les bovins. À gauche un prélèvement à la veine jugulaire, à droite à la veine coccygienne (source personnelle).



Figure 10 : Photographies du site de prélèvement à la veine jugulaire chez les petits ruminants. À gauche avec l'animal debout, à droite en position couchée (source personnelle).



Pour chacune des zones de pâturage, les bovins furent identifiés par un nom ou une marque, au sein de chaque élevage d'une zone de pâturage. Cette identification était reportée sur le prélèvement auquel pouvait ainsi être associé l'historique succinct de l'animal qui a été également recueilli et décrit dans un tableau Excel (Annexe 2).

En effet, des informations sur l'âge, le nombre de lactation (parité), le stade de lactation, un antécédent d'un ou plusieurs avortements et leurs dates ont été collectés pour chaque animal. Une traduction était nécessaire puisque les éleveurs parlaient uniquement un dialecte ressemblant au Nyanja, une des langues les plus pratiquées en Zambie. La traduction a été rendue possible grâce aux employés en santé animale de Melindika. Les données ont été notées dans un tableau Excel (un exemple des résultats individuels par bovin dans un élevage de la zone de Basanga est disponible en Annexe 2).

b. Test de dépistage à l'EAT

L'analyse à l'EAT a été réalisée directement au « Shandavu camp » après séparation mécanique du sérum avec les éléments figurés du sang (Figure 11). Le temps entre le prélèvement et l'analyse n'a jamais dépassé 24h. En effet, à l'aide de deux étudiants vétérinaires, les employés en santé animale de Melindika et moi-même, les prélèvements et les analyses ont eu lieu au cours de la même journée. Par exemple, les prélèvements du matin étaient analysés pendant l'après-midi tandis que les prélèvements du soir étaient analysés le lendemain matin.

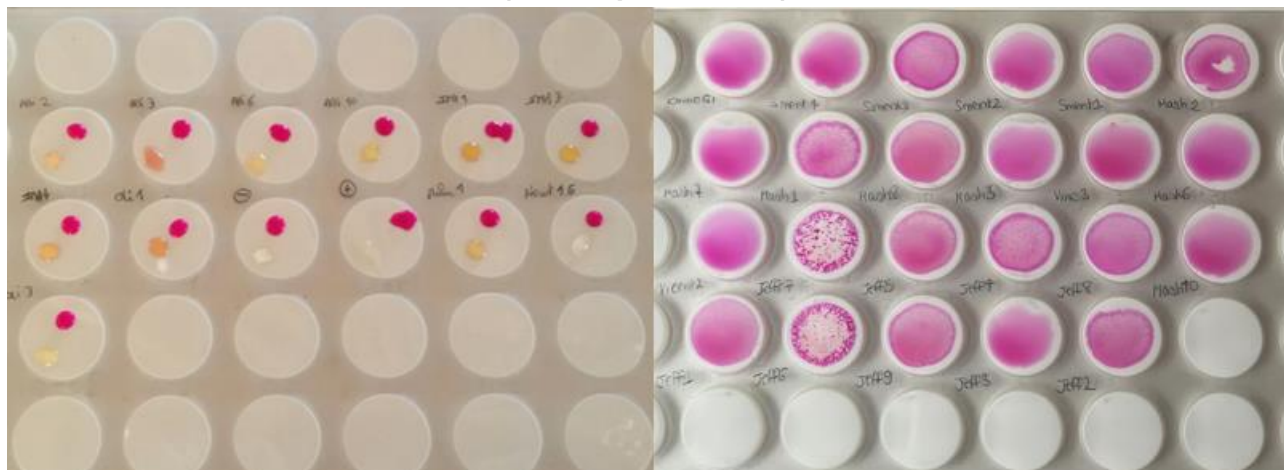
Figure 11 : Photographie du lieu d'analyse des prélèvements. En haut, les tubes secs avec leur sérum séparé mécaniquement. En bas, la plaque utilisée pour le test à l'EAT (source personnelle).



Le test à l'EAT repose sur le principe d'agglutination entre le sérum de l'échantillon et le réactif coloré au rose bengale. Si le mélange entre les deux révèle la présence d'agglutination, cela signifie que le test est positif. Le résultat peut être plus ou moins marqué. L'utilisation de témoins négatifs et positifs, respectivement « BRU NEG SR14 » et « Pourquoi Brucellosis Pos Control 1mL Idexx », (Idexx, 2024), à chaque série de tests, permet une validation du test. Une plaque à 48 puits permet de réaliser en même temps l'analyse de 46 sérums avec les deux témoins, même s'il est conseillé par les membres du LNR d'éviter l'utilisation des puits extérieurs de la plaque. Le nombre maximum de sérums testés en même temps s'élève donc à 22 sans compter les témoins. Le protocole du test est décrit en Annexe 3. La préparation et la conservation des réactifs et des témoins sont également décrites en Annexe 3.

La figure 12 présente des photographies du test à l'EAT avant le début du test (photographie de gauche) et après le test avec des puits présentant une agglutination (photographie de droite). Les résultats obtenus ont été indiqués dans le tableau Excel avec les commémoratifs expliqués précédemment (Annexe 2). Les sérums étaient ensuite aliquotés dans des tubes à hémolyse classique puis conservés au congélateur à -20°C au « Shandavu camp », en attente de leur envoi en France.

Figure 12 : Photographies de la plaque EAT avant (à gauche) et après le test (à droite) (source personnelle).



c. Prélèvements de laits et écouvillons vaginaux

Puis, parmi les animaux (bovins et petits ruminants) ayant présentés un résultat positif en sérologie, 50 écouvillons vaginaux et 65 échantillons de lait ont été réalisés sur place avant mon retour en France. Ces échantillons ont été prélevés sur les animaux encore en lactation pour les prélèvements de lait et dont les éleveurs acceptaient la réalisation de nouveaux prélèvements chez leurs animaux. Les prélèvements ont toujours été réalisés avec protection (masques et gants FFP2) pour les manipulateurs. Comme lors des prélèvements sanguins, les éleveurs n'étaient pas protégés puisque ces derniers étaient en contact permanent avec leurs animaux.

Les prélèvements de lait ont été faits le plus proprement possible mais ne peuvent toutefois pas être considérés comme des prélèvements aseptiques de lait. Pour un même individu, le lait collecté est un lait de mélange de l'ensemble des quartiers.

Enfin, les écouvillons vaginaux sont des prélèvements stériles avec une entrée directe dans le vagin et le frottement pendant plusieurs secondes le long des muqueuses vaginales (Figure 13).

Les prélèvements effectués ont également été enregistrés dans le même tableau Excel que précédemment, en dessous du résultat EAT obtenu (Annexe 2). Les échantillons ont ensuite été conservés au congélateur en attente de leur envoi à l'ANSES en France, tout comme les sérums.

Figure 13 : Photographies de la réalisation des prélèvements de laits et des écouvillons vaginaux par un employé de Melindika, un éleveur ou moi-même (source personnelle).



D. Tests réalisés à l'ANSES en France

Grâce au partenariat avec le service du Dr. Claire PONSART de l'ANSES, la possibilité d'identifier les souches présentes au sein des élevages a été possible. En effet, l'ensemble des échantillons (sérums, laits, écouvillons vaginaux) recueillis sur place ont été envoyés et analysés à l'ANSES. L'ensemble des sérums ont été analysés à l'aide de la technique ELISA afin de confirmer ou d'infirmer le test de dépistage à l'EAT réalisé sur place. De plus, une extraction d'ADN suivi d'une PCR, associée à la mise en culture des échantillons de laits et des écouvillons vaginaux ont été menées, dans le but de mettre en évidence une ou des espèces bactériennes. Les résultats sont aussi enregistrés dans un tableau Excel.

Un bilan des analyses réalisées est présenté dans le tableau 13.

Tableau 13 : Présentation de l'ensemble des tests réalisés au cours de l'étude de la brucellose en Zambie.

	Test EAT sur sérum	Confirmation ELISA	PCR sur le lait	PCR sur écouvillons vaginaux
Bovins	601	601 sérum congelés	65 séropositifs en EAT	50 séropositifs en EAT
Petits ruminants	199	199 sérum congelés		

3. Résultats

La brucellose a été testée chez 818 individus, 601 bovins et 217 petits ruminants. Le test de dépistage utilisé fut le test à l'EAT décrit précédemment. Il a été réalisé sur place, au « Shandavu camp » de l'association Melindika.

La partie A décrit les résultats chez les bovins, tout d'abord au sein de la zone d'étude puis pour chaque zone de pâturage. Les résultats à l'échelle individuelle et à l'échelle des élevages sont présentés dans chacune des parties. Puis la partie B présente les résultats obtenus chez les petits ruminants, de la même manière que pour ceux des bovins. Un résultat global puis au niveau de chaque village est décrit, à la fois à l'échelle individuelle et au niveau des élevages. Les résultats finaux de la séroprévalence apparente au sein de la zone d'étude et donc de la population cible ont été calculés avec un intervalle de confiance à 95 % (IC 95 %). Enfin, les résultats de la détection de la brucellose dans les échantillons de laits et des écouvillons vaginaux sont présentés dans la partie C.

A. Résultats de l'étude de séroprévalence apparente de la brucellose chez les bovins

a. Séroprévalence apparente de la brucellose pour l'ensemble de la zone d'étude

La brucellose chez les bovins a été testée chez 601 individus, dans 80 élevages, répartis dans les 5 zones de pâturage de la chefferie de Musungwa. Pour rappel, la population cible était l'ensemble des bovins adultes de la chefferie de Musungwa et la population source était l'ensemble des bovins de la zone d'étude. Par ailleurs, les élevages étaient clairement définis dans chacune des zones de pâturage. Par conséquent, nous avons également obtenu une séroprévalence apparente du nombre d'élevages infectés, c'est-à-dire les élevages comprenant au moins un animal testé positif à l'EAT. Et ce résultat a pu être obtenu au sein de l'ensemble de la zone d'étude mais également par zone de pâturage.

Le tableau 14 présente les résultats globaux, individuels et par élevage, sur l'ensemble de la zone d'étude, c'est-à-dire de la chefferie de Musungwa, comprenant les 5 zones de pâturage et les 6 villages. L'IC a été calculé à l'aide de l'erreur standard (SE) et de la séroprévalence obtenue dans l'échantillon par la formule suivante :

$$\text{IC 95 \%} = \% \text{ échantillon} \pm 1,96 \times \text{SE}$$

Tableau 14 : Présentation des résultats de la séroprévalence de la brucellose chez les bovins de la chefferie de Musungwa.

	Nombre de bovins	Nombre d'élevages
Nombre EAT positifs	186	59
Nombre EAT négatifs	415	21
Total	601	80
% EAT positifs	30,9	73,8
Erreur standard SE (%)	1,9	4,9
IC à 95 %	[27,3 ; 34,6] %	[64,1 ; 83,4] %
% EAT positifs avec IC	30,9 ± 3,7 %	73,8 % ± 9,6 %

Ainsi, sur les 601 bovins testés, 186 ont été testés positifs à l'EAT ce qui représente 30,9 % de la population (IC à 95 % de [27,3 ; 34,6] %). De plus, ces animaux étaient répartis dans 80 élevages et bien que l'unité épidémiologique choisie ait été celle du pâturage il a tout de même été décidé de calculer un taux d'infection des élevages. En effet, ce calcul permet d'évaluer l'importance de la contamination entre les élevages au sein d'une zone de pâturage. Ainsi, 59 élevages des 80 de l'échantillon ont obtenu au moins 1 bovin avec un résultat positif.

30,9 % des bovins adultes furent testés positifs à l'EAT et on observe que 3 élevages sur 4 sont apparus infectés (73,8 ± 9,6 %).

Si l'estimation de 30,9 % n'est pas biaisée, il y a 95% de chances pour que le pourcentage de séroprévalence réelle des animaux infectés par *Brucella*, parmi les élevages bovins de la zone d'étude, soit compris entre 27,3 % et 34,6 %. Par ailleurs, il y a 95 % de chances que 64,1 à 83,4 % des élevages soient réellement infectés au sein de la zone.

b. Séroprévalence apparente de la brucellose dans chaque zone de pâturage

Les résultats de dépistage chez les bovins ont été obtenus au sein de chaque zone de pâturage, où les nombres d'individus et d'élevages testés furent proportionnels au nombre total compris dans chaque zone.

- *Résultats individuels*

Le tableau 15 présente les résultats individuels au sein de chaque zone de pâturage, avec la zone 1 comprenant les villages de New Ngoma et Kaminza.

Tableau 15 : Résultats individuels des bovins adultes pour chaque zone de pâturage.

	Zone 1	Basanga	Iyanda	Ntubya	Ibula
Nombre EAT positifs	14	89	56	15	12
Nombre EAT négatifs	37	214	104	48	12
Total	51	303	160	63	24
% EAT positifs	27	29	35	24	50
SE (%)	6,2	2,6	3,8	5,4	10,2
IC 95 % (%)	[15,2 ; 39,7]	[24,2 ; 34,5]	[27,6 ; 42,4]	[13,3 ; 34,3]	[30,0 ; 70,0]

La séroprévalence moyenne était similaire au sein de 4 zones de pâturage oscillant entre 24 et 35 %. En revanche, une zone de pâturage, celle du village d'Ibula, semble plus infectée avec 50 % de résultats positifs. Cependant, l'intervalle de confiance de cette zone ([30,0 ; 70,0] %) est très large compte-tenu du faible nombre d'individus testés et il n'est pas possible de dire que cette différence est significative.

- *Résultats des élevages*

Le tableau 16 présente les résultats des élevages testés et infectés par zone de pâturage, c'est-à-dire le pourcentage d'élevage qui comprend au moins 1 individu positif à l'EAT.

Tableau 16 : Résultat du nombre d'élevages infectés par zone de pâturage (au moins 1 individu séropositif au test EAT).

	Zone 1	Basanga	Iyanda	Ntubya	Ibula
Nombre EAT positifs	9	24	14	8	4
Nombre EAT négatifs	6	4	5	4	2
Total	15	28	19	12	6
% EAT positifs	60	86	74	67	67

Le nombre d'élevages infectés parmi ceux testés est très élevé, variant de 60 % (Zone 1) à plus de 85 % (Basanga).

B. Résultat de la séroprévalence apparente de la brucellose chez les petits ruminants

a. Séroprévalence apparente de la brucellose pour l'ensemble de la zone d'étude

La brucellose chez les petits ruminants a été testée chez 217 individus répartis dans 51 élevages de la chefferie de Musungwa. Contrairement à la situation chez les bovins, très peu d'individus ont été testés positifs. Le tableau 17 illustre les résultats obtenus dans l'ensemble de la zone d'étude.

Tableau 17 : Présentation des résultats de la séroprévalence de la brucellose chez les petits ruminants de toute la chefferie de Musungwa.

	Nombre de petits ruminants	Nombre d'élevages
Nombre EAT positifs	10	1
Nombre EAT négatifs	207	50
Total	217	51
% EAT positifs	4,6	2,0
Erreur Standard SE (%)	1,4	1,9
IC 95 % (%)	[1,8 ; 7,4] %	[0 ; 5,8] %
% EAT positifs avec IC	4,6 +/- 2,8 %	2,0 % +/- 3,8 %

En effet, seulement 4,6 % (IC [1,8 ; 7,4] %) des animaux furent testés positifs avec 10 individus positifs sur un total de 217 animaux. De plus, 1 seul élevage a été testé infecté ce qui représente 2,0 % des élevages de la zone d'étude ($2,0 \pm 3,8$ %).

b. Séroprévalence apparente de la brucellose au sein de chaque village

Les tableaux 18 et 19 présentent les résultats individuels (tableau 15) et par élevage (tableau 16) du test de dépistage au sein de chaque village.

Tableau 18 : Résultats individuels des petits ruminants adultes pour chaque village.

	New Ngoma	Kaminza	Basanga	Iyanda	Ntubya	Ibula
Nombre EAT positifs	0	0	0	10	0	0
Nombre EAT négatifs	7	11	87	66	28	8
Total	7	11	87	76	28	8
% EAT positifs	0,0%	0,0%	0,0%	13,2%	0,0%	0,0%
SE (%)				3,9%		
Intervalle de confiance (IC)				[5,6 ; 20,8] %		

Tableau 19 : Résultat du nombre d'élevages infectés (au moins 1 individu séropositif au test EAT) par village.

	NewNgoma	Kaminza	Basanga	Iyanda	Ntubya	Ibula
Nombre EAT positifs	0	0	0	1	0	0
Nombre EAT négatifs	5	6	19	9	8	3
Total	5	6	19	10	8	3
% EAT positifs	0	0	0	10	0	0

La brucellose chez les petits ruminants a été détectée au sein d'un seul village, à savoir celui de Iyanda. De plus, un seul élevage a été détecté infecté. C'était l'élevage le plus dense du village et même de l'ensemble de la zone d'étude. En effet, cet élevage comportait environ 100 petits

ruminants, le nombre le plus important pour les 51 élevages testés. Après un questionnement plus approfondi de l'éleveur, ce dernier a admis qu'il réalisait de nombreux achats et ventes de petits ruminants avec des élevages en dehors de la zone d'étude.

C. Résultats des prélèvements de lait et écouvillons vaginaux à l'ANSES

Les prélèvements de lait et les écouvillons vaginaux ont été envoyés en France en fin d'année 2022. Les tests de détection et d'identification bactérienne ont été réalisés au cours de l'année 2023 à l'ANSES, par l'équipe du Dr Claire PONSART. En effet, des PCR ont été effectuées sur l'ensemble des échantillons de lait et des écouvillons vaginaux. En cas de PCR positive, des cultures bactériennes ont été effectuées afin d'identifier les espèces de brucelles. Les résultats sont présentés chez les bovins (a) et les petits ruminants (b).

a. Résultats chez les bovins

Chez les bovins, un total de 55 laits et de 47 écouvillons vaginaux ont pu être réalisés sur place. Un écouvillon vaginal a été perdu durant le transport. Après leur congélation et leur envoi en France, l'ANSES a réalisé les analyses décrites précédemment. Le tableau 20 présente les résultats obtenus après la combinaison des PCR avec les cultures bactériennes pour les échantillons de lait et les écouvillons vaginaux.

Tableau 20 : Résultats obtenus à l'ANSES par l'équipe du Dr. Claire PONSART après PCR et culture bactérienne chez les bovins

	Laits	Écouvillons vaginaux
PCR positive	8	4
PCR négative	47	43
Total	55	47
% PCR positives	14,5 %	8,5 %
% culture bactérienne positive	12,5 % (1/8)	0 %
Souche identifiée	<i>B.abortus biovar 2</i>	

Ainsi, l'ANSES a obtenu 8 PCR positives pour les échantillons de lait (14,5 %) et 4 pour les écouvillons vaginaux (8,5 %). Cependant, les cultures bactériennes furent difficiles à réaliser puisque une seule culture de lait a été concluante. Elle a mis en évidence l'espèce *Brucella abortus* et le *biovar 2*. Les 4 cultures bactériennes sur les écouvillons vaginaux n'ont pas permis une identification.

La bactérie identifiée *Brucella abortus biovar 2* a été recueillie chez une vache d'environ 6 ans, qui avait subi 2 avortements dont le dernier 1 an avant le prélèvement. La vache était, lors du prélèvement, en fin de gestation avec un vêlage imminent. Toutes ces informations ont été recueillies auprès de l'éleveur lors du test de dépistage à l'EAT (Annexe 2). Le lait récolté fut du pré-colostrum, juste avant la mise-bas. La figure 14 montre une photographie de ce « pré-colostrum » prélevé sur la vache positive à *B.abortus biovar 2*. Le tube de lait est celui à droite sur la photographie.

Figure 14 : Photographie du lait prélevé (à droite) sur la vache positive à *B.abortus biovar 2* (source personnelle).



b. Résultats chez les petits ruminants

Le nombre de prélèvements (pour confirmation et tentative d'isolement de souches au LNR) réalisés chez les petits ruminants a été limité puisque seulement 10 individus ont été testés positifs à l'EAT. Les laits de la totalité des animaux positifs ont été prélevés, par contre seulement 2 écouvillons vaginaux ont été réalisés sur ces animaux. En effet, le nombre d'écouvillons vaginaux était strictement limité à 50 et de nombreux écouvillons avaient déjà été réalisés dans des élevages de bovins infectés. Le tableau 21 présente les résultats des PCR et des cultures bactériennes obtenues chez les petits ruminants :

Tableau 21 : Résultats obtenus à l'ANSES par l'équipe du Dr. Claire PONSART après PCR et culture bactérienne chez les petits ruminants.

	Laits	Écouvillons vaginaux
PCR positive	6	1
PCR négative	4	1
Total	10	2
% PCR positives	60 %	50 %
% culture bactérienne positive	2/6 (33,3 %)	0
Souche identifiée	<i>Brucella melitensis</i>	

Le pourcentage de PCR positives est plus important chez les petits ruminants que chez les bovins avec 60 % des échantillons de lait et 50 % des écouvillons vaginaux qui sont revenus positifs, même si le nombre de prélèvements réalisés étaient bien plus faible. En revanche, la culture bactérienne fut tout aussi difficile. Ainsi, 2 résultats positifs ont été obtenus. L'espèce *Brucella melitensis* a été mise en évidence pour les deux cultures bactériennes positives.

Les deux individus infectés par *Brucella melitensis* étaient deux chèvres adultes. Elles avaient subi des avortements moins de 3 semaines avant le prélèvement : la première 3 semaines avant le prélèvement et la seconde 3 jours avant ce dernier.

4. Discussion

Ainsi, l'objectif d'évaluer la prévalence de la brucellose dans les élevages de bovins et de petits ruminants de la zone d'étude a été atteint. En effet, l'étude a montré la présence importante de la brucellose au sein des élevages bovins, avec une séroprévalence de $30,9 \pm 3,7$ % dans $73,8 \pm 9,6$ % d'élevages. Par contraste, chez les petits ruminants, la présence de la brucellose a été mise en évidence au sein d'un seul élevage de la zone d'étude, ce qui représente $4,6 \pm 2,8$ % des individus infectés.

L'identification des souches bactériennes responsables de la brucellose au sein de chaque espèce a permis d'identifier la présence de *Brucella abortus* biovar 2 chez les bovins et de *Brucella melitensis* chez les petits ruminants. Ces résultats sont en adéquation avec l'hôte préférentiel de chaque espèce (*B. abortus* pour les bovins et *B. melitensis* pour les petits ruminants).

La discussion porte sur les protocoles mis en place pour chacune des études, puis les discordances obtenues entre le test de dépistage à l'EAT réalisé sur place et la technique ELISA réalisés à l'ANSES. Enfin, la mise en place des méthodes de lutte face à la maladie sont proposées.

A. Protocole de l'étude

Le protocole a été établi selon les contraintes de terrain, de temps et de disponibilité des tests. L'étude réalisée fut une étude descriptive où les unités épidémiologiques chez les bovins, à savoir la zone de pâturage, et chez les petits ruminants, à savoir les villages, ont été calqués sur la réalité du terrain.

Cependant, l'échantillonnage reste imparfait. En effet, nous avons choisi d'exclure les animaux jeunes (bovins et petits ruminants), c'est-à-dire les femelles avant la mise-bas et les mâles prépubères. Cette exclusion s'explique par la connaissance d'une séronégativité de certains individus, bien qu'ils soient infectés. Les individus jeunes pouvant être séronégatifs mais infectés et ce, jusqu'à la puberté où ils deviennent séropositifs, comme par exemple après la mise-bas chez la femelle.

Ainsi, la séroprévalence obtenue chez les bovins de $30,9 \pm 3,7$ % a pu être légèrement sous-évaluée compte-tenu de l'absence de test de dépistage chez les jeunes. Cependant, la séroprévalence mise en évidence chez les bovins étant très élevée avec environ 3 élevages sur 4 infectés ($73,8 \pm 9,6$ %). Les moyens de lutte proposés contre la maladie seraient similaires si les taux d'infection réels (incluant les jeunes) étaient supérieurs.

La faible séroprévalence obtenue chez les petits ruminants avec seulement 1 élevage infecté ($2,0 \pm 3,8$ %) a pu elle aussi être sous-estimée sans le dépistage des jeunes mais resterait tout de même probablement faible car si les animaux adultes ne sont pas infectés, il est peu probable que les jeunes le soient.

Enfin, une limite importante dans le protocole mérite d'être signalée. En effet, la représentativité des échantillons garantie par le tirage au sort est discutable. Les individus n'ont pas

été tirés au sort mais choisis parmi les individus présents les jours de prélèvement. Par exemple, nous n'avions pas connaissance à l'avance du nom de chaque animal de chaque élevage. Nous connaissions simplement le nombre total de bovins et de petits ruminants par élevage. Nous avons donc obtenu un nombre d'individus à tester par élevage au sein de chaque unité épidémiologique (Annexe 1). Il y a donc la présence d'un biais d'échantillonnage.

Par exemple, dans la zone de Basanga, 303 bovins devaient être prélevés parmi l'ensemble des bovins de la zone. Dans le cas d'un tirage au sort strict, chacun de ces 303 animaux aurait été clairement identifié et prélevé. Or, afin de garantir la réalisation de l'étude, seuls les animaux des éleveurs souhaitant participer à l'étude ont été prélevés. Ce volontariat des éleveurs a pu conduire au biais d'échantillonnage. Ainsi, nous avons sélectionné les animaux à prélever uniquement parmi les élevages présents, et non sur l'ensemble des élevages de la zone.

B. Discordance entre le test de dépistage à l'EAT et la sérologie ELISA

Les tests de dépistage à l'EAT ont été réalisés sur place en Zambie suite aux prélèvements sanguins. Puis, l'ensemble des sérums ont été aliquotés et congelés sur place afin de permettre leur rapatriement en France. Les échantillons ont ensuite été testés à l'ANSES, par la technique ELISA afin de confirmer les résultats obtenus sur place. Le tableau 22 présente les discordances entre le test à l'EAT et le test ELISA.

Tableau 22 : Tableau de contingence entre le test à l'EAT réalisé sur le terrain et le test ELISA réalisé en France par le laboratoire de référence.

	EAT +	EAT -	Total
ELISA +	179	18	197
ELISA -	17	604	621
Total	196	622	818

Parmi les 196 EAT positifs, 17 se sont révélés négatifs au test ELISA réalisé au LNR, soit un total de 8,7 % de faux positifs. Cette valeur assez élevée peut s'expliquer par les réactions croisées du test EAT avec d'autres bactéries telles que *Yersinia enterocolitica* (Tialla *et al.*, 2014). Par ailleurs, 18 tests négatifs à l'EAT réalisé sur le terrain sur un total de 622 sont revenus positifs au test ELISA. Cela représente ainsi 2,9 % de faux négatifs. Ce résultat, malgré une sensibilité élevée du test proche de 100 %, peut s'expliquer par des erreurs de manipulation sur le terrain, notamment de lecture du résultat. En effet, la lecture se fait à l'œil nu où la visibilité d'une agglutination rend le résultat positif. Ainsi, l'erreur humaine est la plus probable pour cette discordance de résultats sans pour autant qu'on puisse totalement exclure pour les faux positifs une détérioration des échantillons lors de leur transfert en France.

Enfin, le total des tests EAT positifs, incluant les vrais positifs et les faux positifs, est de 196/818 soit 24,0 % pour l'ensemble des animaux. Or le pourcentage d'ELISA positifs, incluant les vrais positifs et les faux négatifs en EAT, est de 197/818 animaux soit 24,1 % (représenté en gras dans le tableau 22). Ainsi, les discordances observées entre les tests ne semblent pas avoir eu d'influence notable sur le résultat au niveau des animaux puisque la séroprévalence de la brucellose obtenue dans cette étude est sensiblement la même avec le test EAT ou le test ELISA. Cela peut

donc conduire à recommander des mesures de lutte identiques. Il n'y a pas eu de comparaison entre le test EAT et le test ELISA à l'échelle des unités épidémiologiques ou en fonction des espèces concernées.

C. Méthodes de lutte et sensibilisation des éleveurs de la zone d'étude

Suite à l'obtention des différents résultats, des méthodes de lutte ont été proposées au sein des élevages de la zone. Tout d'abord, une présentation de la brucellose, de sa transmission et des résultats du test EAT ont été faites auprès des employés en santé animale de Melindika. Puis, suite à une discussion avec les acteurs locaux, des moyens de lutte contre la brucellose au sein de la zone ont été élaborés. Cela a conduit à une stratégie d'action appelée « VETS » comprenant plusieurs piliers d'action, 4 au total, qui ont été présentés aux populations locales.

a. Présentation et discussion des moyens de lutte auprès des employés de Melindika

Tout d'abord, des formations auprès des employés en santé animale de Melindika ont été réalisées, avec le soutien de la présidente de l'association le Dr Victoire DELESALLE. Ainsi, cela a permis la compréhension de la maladie, ses enjeux et comment la détecter.

Une discussion avec les éleveurs et la population locale, en fonction des possibilités du terrain et des cultures locales a eu lieu sur les moyens de lutte à mettre en œuvre. Une présentation écrite accompagnée d'une réunion commune a été réalisée, la présentation qui a été faite est disponible en Annexe 4 et la figure 15 représente une photographie du jour de la réunion., Cette réunion a ainsi permis d'établir les 4 piliers d'action contre la brucellose formant la stratégie « VETS » décrite dans le prochain paragraphe.

Figure 15 : Photographie du jour de la présentation de la brucellose et des moyens de lutte à mettre en place, avec le Dr. DELESALLE et les employés en santé animale de l'association Melindika (source personnelle).



Puis, au cours d'une autre séance de travail, le protocole et la réalisation du test EAT ont été enseignés aux employés en santé animale. Cela permet ainsi sa future démocratisation et l'autonomie des employés pour réaliser le test par la suite (Figure 16).

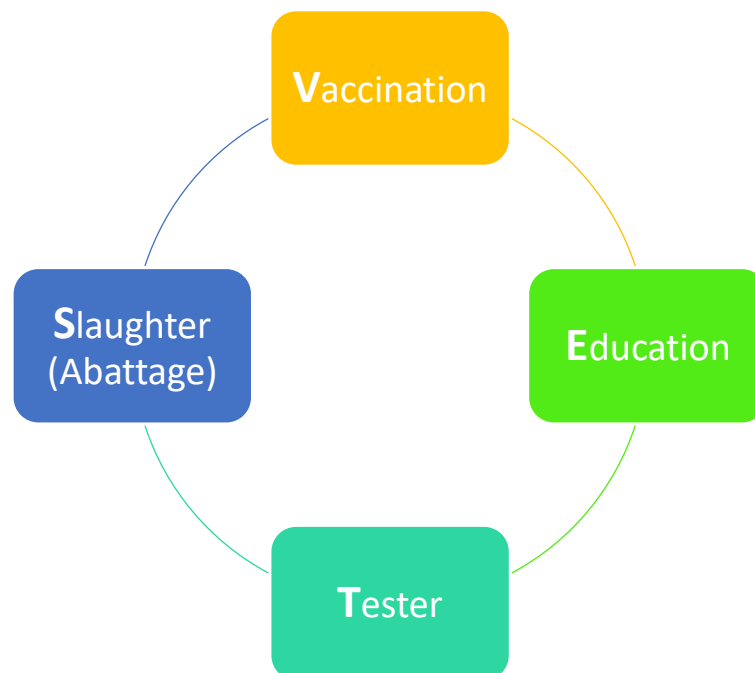
Figure 16 : Photographies de la présentation et de la réalisation du test EAT avec les employés en santé animale de l'association, accompagnée du Dr. DELESALLE (source personnelle).



b. Elaboration de la stratégie de lutte appelée « VETS »

Suite à la présentation de la brucellose aux employés de Melindika, nous avons proposé une stratégie de lutte, appelée « VETS Strategy ». Cette politique de lutte comprenait 4 volets d'action, présentés dans la figure 17 : la vaccination, l'éducation, le test et l'abattage.

Figure 17 : "VETS strategy" mise en place pour lutter contre la brucellose.



- *La vaccination (V)*

Le premier pilier de cette stratégie de lutte doit être la vaccination. En effet, on a observé une séroprévalence très élevée chez les bovins.

Le principal revenu des populations locales étant les produits de leur élevage. Les populations consomment le lait de vache, contrairement au lait des petits ruminants. Et lorsqu'ils souhaitent avoir de l'argent, ils abattent un ou plusieurs bovins ou des petits ruminants adultes. La population consomme donc très peu de viande animale. En effet, la densité du troupeau est considérée comme un investissement, où le nombre d'animaux qu'un éleveur possède reflète sa richesse.

Un abattage total d'un élevage infecté, qui serait le moyen de lutte le plus efficace (Zamri-Saad et Kamarudin, 2016), est donc inenvisageable Ceci constitue une difficulté majeure d'éradication de la maladie.

Ainsi, le moyen le plus efficace pour diminuer la prévalence de la maladie dans une zone enzootique aussi infectée est la vaccination. En effet, une vaccination de 95 % des animaux dans une zone enzootique serait efficace pour éradiquer la brucellose selon un modèle mathématique (Nepomuceno *et al.*, 2018).

Pour la vaccination, le vaccin sélectionné a été le vaccin S19. En effet, la Zambie disposait de deux vaccins, le S19 et le RB51. Le S19 était moins coûteux. Une dose de vaccin S19 valait 20 kwachas (monnaie zambienne) contre environ 100 kwachas pour la dose de vaccin RB51. De plus, une étude de 2015 a montré une excellente efficacité et des bons rendements économiques du vaccin S19 chez des jeunes bovins âgés de 3 à 8 mois (Alves *et al.*, 2015). Le vaccin peut également être réalisé chez le bovin adulte non gestant et son efficacité sur plusieurs années a été démontrée (Khurana *et al.*, 2021).

Les éleveurs possédaient essentiellement des génisses et des mâles castrés (bœufs). En effet, la proportion de taureaux était très faible. Les éleveurs sélectionnaient 1 à 2 taureaux pour un ou plusieurs troupeaux. Or les transmissions horizontales ont majoritairement lieu lors des mises-bas par contact direct ou indirect et lors du coït, lorsque l'excrétion de la bactérie est maximale. Par conséquent, la transmission horizontale d'un mâle castré infecté à un autre individu a été jugée très faible.

Ainsi, la vaccination au S19 des jeunes bovins femelles de 4 à 8 mois a été le 1^{er} pilier proposé pour lutter contre la maladie dans la zone d'étude.

- *L'éducation (E)*

Le second pilier de la lutte face à la maladie est l'éducation. En effet, des gestes et des moyens relativement simples peuvent être mis en œuvre afin de diminuer la transmission entre les bovins mais également diminuer le risque de transmission zoonotique.

En fonction des moyens locaux et de la culture locale, 4 actions ont été proposées au sein des élevages et des communautés.

Le 1^{er} outil est un moyen rapide et efficace de limiter la transmission horizontale de la brucellose entre les bovins. En effet, brûler les lieux et les produits de vêlage tel que le placenta, les herbes souillées, les avortons, ... permet ainsi l'élimination de la bactérie dans l'environnement.

Le 2nd outil proposé est l'isolement d'une vache pendant 2 semaines lors de son vêlage. En effet, la période d'excrétion la plus importante au cours d'une lactation correspond aux premiers jours après le vêlage. Ainsi, la mise en place d'un lieu dédié au vêlage ou du moins l'absence de pâturage de la vache avec les autres individus durant la journée est un moyen d'éviter la transmission horizontale entre les animaux.

Afin d'éviter la transmission zoonotique, une hygiène stricte pendant la traite est un moyen de lutte important. Ce 3^{ème} outil comporte d'autres mesures également, par exemple le port de gants pendant la traite ou encore le nettoyage des mains après la traite. Cependant, le port de gants était peu envisageable au vu de l'absence de disponibilité de ces derniers sur le terrain. En revanche, le nettoyage des mains après la traite, l'absence de prise directe du lait aux trayons, notamment par les enfants, sont des moyens simples proposés afin d'éviter la transmission zoonotique.

Enfin, le dernier outil proposé, simple et efficace mais qui reste très controversé au sein de la population locale, est la pasteurisation du lait. En effet, si le lait était bouilli à haute température pendant plusieurs minutes, processus assimilable à une pasteurisation, cela permettrait l'élimination de la bactérie. Cependant, le lait fermenté, qui n'est pas pasteurisé, est un produit local très consommé dans la zone. Après avoir réalisé plusieurs essais avec du lait bouilli, les éleveurs trouvèrent que le lait fermenté obtenu n'avait pas le même goût que l'original, décrivant ce dernier. Ainsi, ce moyen de lutte bien qu'il soit simple et rapide à réaliser, fut compliqué à mettre en place dans la zone d'étude.

- *Tester les nouveaux animaux (T)*

Un 3^{ème} pilier d'action afin de lutter contre la brucellose a été proposé dans la zone. Ce 3^{ème} pilier est la réalisation d'un test de dépistage à l'introduction d'un nouvel animal dans l'élevage. Les éleveurs devraient alors appeler un employé de Melindika en santé animale afin de réaliser le test à l'EAT lors de l'introduction d'un individu, qui peut être relativement fréquente. D'après nos estimations sur place, le test coûterait environ 100 kwachas pour l'éleveur, ce qui reste un coût pour l'éleveur. À titre d'exemple, une vache adulte non gestante valait à l'époque de l'enquête environ 2000 à 3000 kwachas.

- *L'abattage d'un individu infecté (S pour « Slaughter »)*

Enfin, le 4^{ème} et dernier pilier d'action proposé est celui de l'abattage d'un individu infecté. En effet, si un individu était testé positif au test de dépistage, l'abattage de l'animal est alors conseillé. Cette pratique peut être difficile à mettre en place et dépend du contexte socio-économique de l'élevage au moment de la détection de l'individu infecté. Si l'élevage est petit avec seulement une ou deux vaches laitières, l'abattage de l'une d'entre elle ne sera pas possible. En revanche, dans les plus gros élevages comprenant 30 vaches laitières par exemple, cette mesure est envisageable.

c. Sensibilisation des éleveurs et de la population locale

Afin de présenter les différents moyens de lutte contre la brucellose retenus par le groupe local, nous avons organisé plusieurs campagnes, 5 au total, de sensibilisation et de présentation de ces moyens (4 piliers décrits supra) auprès des éleveurs. À l'aide des employés en santé animale de Melindika, la traduction en Nyanja a été réalisée et la transmission des informations a ainsi été rendue fluide.

Afin d'illustrer nos propos, nous avons réalisé 2 affiches pour les éleveurs au moment de ces campagnes. L'une décrivant la maladie et sa transmission (Figure 18), l'autre décrivant les méthodes de lutte face à la brucellose, pour les élevages et pour l'Homme (Figure 19). L'écriture en anglais est à destination des assistants en santé animale de Melindika pour réaliser si nécessaire de nouvelles campagnes de sensibilisation. Les éleveurs ne lisent pas l'anglais et la majorité sont analphabètes.

Figure 18 : Photographie de l'affiche à destination des éleveurs sur la brucellose : la maladie et son mode de transmission (source personnelle).

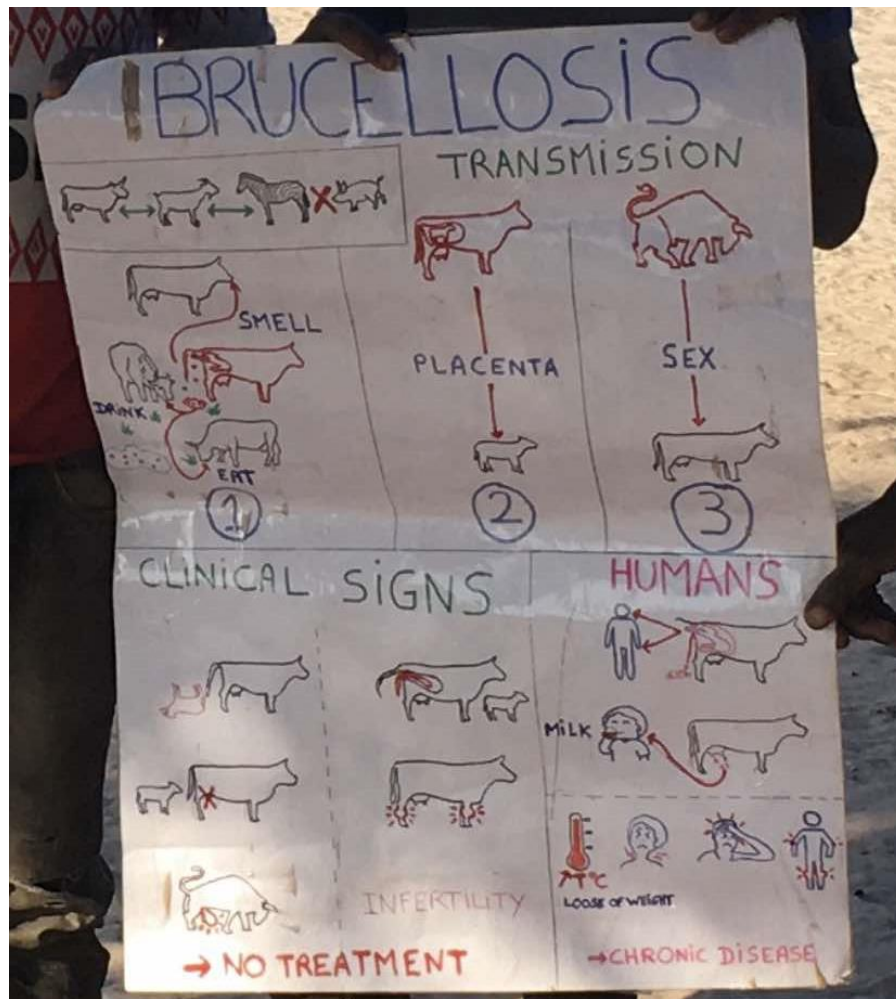
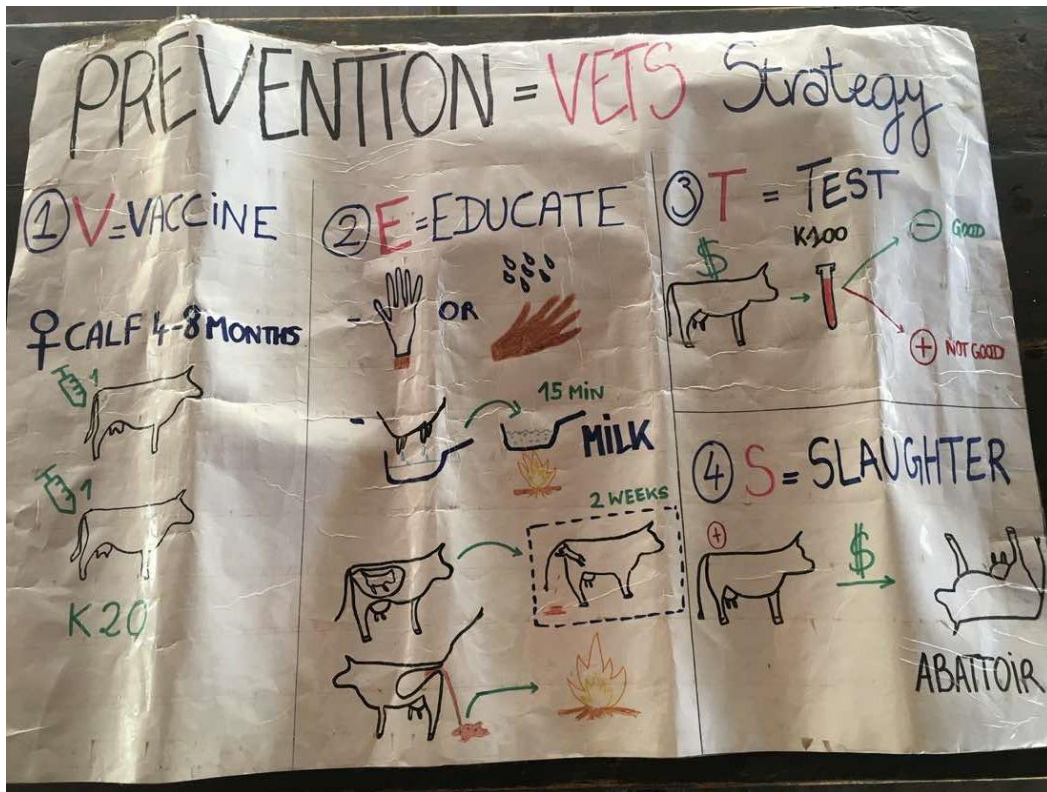


Figure 19 : Photographie de l'affiche à destination des éleveurs présentant la stratégie « VETS » contre la brucellose (source personnelle).



Puis, ces affiches ont été présentées une à une, dans chacun des villages pour l'ensemble de la population, en accord avec les chefs de village (statut comparable au statut de maire en France). Les 5 présentations se sont déroulées au sein des écoles des villages (Figure 20) ou encore au centre des villages (Figure 21). Les villages de Iyanda, NewNgoma, Kaminza, Basanga et Ntubya ont pu bénéficier de la présentation. Seule la présentation dans le village d'Ibula n'a pas pu être réalisée lors de mon passage, faute de temps disponible. Les résultats des tests de dépistage lors de l'étude ont été transmis aux éleveurs à cette occasion. En cas d'absence de l'un d'entre eux, l'employé en santé animale a transmis par la suite les résultats aux éleveurs absents.

Figure 20 : Photographie d'une présentation de la brucellose aux éleveurs dans l'école d'un village de la zone d'étude (village de lyanda, source personnelle).



Figure 21 : Photographies des présentations de la brucellose aux éleveurs au centre des villages, à gauche à Basanga, à droite à Ntubya (source personnelle).



Conclusion

L'étude de la brucellose conduite au cours de cette thèse a été réalisée avec l'association Melindika, au sein de la chefferie de Musungwa, dans le district d'Itezhi-Teizhi en Zambie. C'est une zone qui borde le parc Kafue connu pour sa densité d'animaux sauvages. L'objectif était d'évaluer la prévalence de la brucellose au sein de cette zone d'étude, dans des élevages bovins et de petits ruminants avec qui l'association collabore, dans le but de proposer des mesures de lutte contre la maladie. Les objectifs étaient donc économiques avec une volonté de diminuer le nombre important d'avortements chez les animaux mais également d'enjeu de santé publique puisque la brucellose est une zoonose majeure.

Cette étude a ainsi permis de mettre en évidence la forte présence de la brucellose au sein des élevages bovins de la zone avec 30,9 % (IC 95 % [27,3 ; 34,6]) d'individus séropositifs dans 73,9 % (IC 95 % [64,1 ; 83,4]) de troupeaux infectés. Une très faible séroprévalence a été observée dans les élevages de petits ruminants avec un seul troupeau infecté. Les méthodes de lutte ont été établies en fonction des contraintes du terrain afin d'essayer d'éradiquer la maladie au sein des élevages bovins et de limiter un maximum la transmission zoonotique.

Ainsi, une réévaluation de la prévalence de la maladie pourrait être intéressante à conduire, dans plusieurs années, et notamment après la réalisation de la vaccination. Cela permettrait d'évaluer l'efficacité du vaccin S19 avec le protocole de vaccination proposé. Cependant, dans cette étude, il faudrait prendre en compte les individus vaccinés à l'âge adulte car ils ne pourront plus être distingués des individus infectés. De plus, une étude en médecine humaine serait intéressante afin d'évaluer la transmission zoonotique de la maladie et ses conséquences sur la santé humaine. En effet, aucune donnée n'est disponible sur le nombre de cas de brucellose humaine dans la chefferie de Musungwa.

Par ailleurs, certains éleveurs possèdent des porcs domestiques. Une évaluation de la prévalence de la brucellose sur cette espèce pourrait également être intéressante à réaliser, afin de savoir si les porcs domestiques sont également infectés.

Une réévaluation à moyen terme de la connaissance des éleveurs et des comportements à risque pourrait également être intéressante à réaliser. En effet, un ou plusieurs questionnaires sur les pratiques des éleveurs pourraient être proposés, afin d'évaluer à la fois le risque de transmission des espèces domestiques (bovins, petits ruminants, porcs) mais également le risque de transmission zoonotique. Ainsi, on pourrait vérifier l'efficacité de la sensibilisation réalisée lors de l'étude auprès des éleveurs et proposer de nouveaux moyens de sensibilisation ou de lutte en fonction des résultats. Une ébauche de questionnaire à destination des éleveurs est disponible en Annexe 5.

Enfin, les élevages de la zone et en particulier les élevages bovins qui pâturent loin des habitations, sont en contact étroit avec la faune sauvage et notamment des bovidés tels que les antilopes, les gnous ou les buffles. Il serait donc intéressant de détecter si la brucellose est présente dans ces espèces sauvages et quelles sont les souches bactériennes présentes au sein de ces dernières. Cela permettrait de mesurer l'importance des échanges bactériens avec les espèces

domestiques et évaluer ainsi l'importance du maintien sur du moyen terme de la vaccination des ruminants domestiques.

Liste des références bibliographiques

- ABD EL-WAHAB, E.W., HEGAZY, Y.M., EL-TRAS, W.F., *et al.* (2019) A multifaceted risk model of brucellosis at the human–animal interface in Egypt. *Transboundary and Emerging Diseases* vol. 66, n° 6, p. 2383-2401. [<https://doi.org/10.1111/tbed.13295>]
- ADONE, R., FRANZIA, M., CIUCHINI, F. (2008) Brucella melitensis B115-based complement fixation test to detect antibodies induced by Brucella rough strains. *Journal of Applied Microbiology* vol. 105, n° 2, p. 567-574. [<https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2008.03787.x>]
- AKAKPO, A.J., BORNAREL, P. (1987) Epidémiologie des brucelloses animales en Afrique tropicale : enquêtes clinique, sérologique et bactériologique: -EN- -FR- -ES-. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE* vol. 6, n° 4, p. 981-1027. [<https://doi.org/10.20506/rst.6.4.313>]
- AKAKPO, A.J., TÊKO-AGBO, A., KONÉ, P. (2009) L'impact de la brucellose sur l'économie et la santé publique en Afrique. *Conf. OIE 2009*, 71-84.
- AL-SHAMAHY, H.A., WRIGHT, S.G. (1998) Enzyme-linked immunosorbent assay for brucella antigen detection in human sera. *Journal of Medical Microbiology* vol. 47, n° 2, p. 169-172. [<https://doi.org/10.1099/00222615-47-2-169>]
- ALVES, A.J.S., ROCHA, F., AMAKU, M., *et al.* (2015) Economic analysis of vaccination to control bovine brucellosis in the States of Sao Paulo and Mato Grosso, Brazil. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 118, n° 4, p. 351-358. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.12.010>]
- ANSES (2023) La brucellose, une maladie animale à surveiller. In *Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail*. [<https://www.anses.fr/fr/content/la-brucellose-une-maladie-animale-%C3%A0-surveiller>] (consulté le 20/08/2024).
- ARIMI, S.M., KOROTI, E., KANG'ETHE, E.K., *et al.* (2005) Risk of infection with Brucella abortus and Escherichia coli O157:H7 associated with marketing of unpasteurized milk in Kenya. *Acta Tropica* vol. 96, n° 1, p. 1-8. [<https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2005.05.012>]
- ASHFORD, D.A., DI PIETRA, J., LINGAPPA, J., *et al.* (2004) Adverse events in humans associated with accidental exposure to the livestock brucellosis vaccine RB51. *Vaccine* vol. 22, n° 25, p. 3435-3439. [<https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2004.02.041>]
- BANAI, M. (2002) Control of small ruminant brucellosis by use of Brucella melitensis Rev.1 vaccine: laboratory aspects and field observations. *Veterinary Microbiology, Brucellosis S.I.* vol. 90, n° 1, p. 497-519. [[https://doi.org/10.1016/S0378-1135\(02\)00231-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1135(02)00231-6)]
- BANG, B. (1897) The Etiology of Epizootic Abortion. *Journal of Comparative Pathology and Therapeutics* vol. 10, p. 125-IN2. [[https://doi.org/10.1016/S0368-1742\(97\)80014-8](https://doi.org/10.1016/S0368-1742(97)80014-8)]
- BEAUVAIS, W., MUSALLAM, I., GUITIAN, J. (2016) Vaccination control programs for multiple livestock host species: an age-stratified, seasonal transmission model for brucellosis control in endemic settings. *Parasites & Vectors* vol. 9, n° 1, p. 55. [<https://doi.org/10.1186/s13071-016-1327-6>]
- BENÍTEZ-SERRANO, J.C., PALOMARES-RESENDIZ, G., DÍAZ-APARICIO, E., *et al.* (2022) Survival of Brucella abortus RB51 and S19 Vaccine Strains in Fresh and Ripened Cheeses. *Foodborne Pathogens and Disease* vol. 19, n° 8, p. 535-542. [<https://doi.org/10.1089/fpd.2022.0001>]
- BLASCO, J.M., MORENO, E., MUÑOZ, P.M., *et al.* (2023) A review of three decades of use of the cattle brucellosis rough vaccine Brucella abortus RB51: myths and facts. *BMC Veterinary Research* vol. 19, p. 211. [<https://doi.org/10.1186/s12917-023-03773-3>]
- BOULLIER, S., COURCOUL, A., DURAND, B., *et al.* (2023) Avis de l'ANSES relatif aux modalités de surveillance et de lutte contre la brucellose des bouquetins dans les massifs du Bary et des Aravis et aux modalités de surveillance des cheptels de ruminants estivant dans le massif des Aravis. Saisine n° « 2022-SA-0220 ». Anses.
- BRUCE, D. (1889) Observations on Malta Fever. *British Medical Journal* vol. 1, n° 1481, p. 1101-1105.

- CHOTA, A.C., MAGWISHA, H.B., STELLA, B., *et al.* (2016) Prevalence of brucellosis in livestock and incidences in humans in east Africa. *African Crop Science Journal* vol. 24, n° 1, p. 45-52. [https://doi.org/10.4314/acsj.v24i1.5S]
- CORBEL, M.J., FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, WORLD HEALTH ORGANIZATION, *et al.* (2006) Brucellosis in humans and animals n° WHO/CDS/EPR/2006.7.
- COSSABOOM, C.M., KHAROD, G.A., SALZER, J.S., *et al.* (2018) Brucella abortus Vaccine Strain RB51 Infection and Exposures Associated with Raw Milk Consumption. *MMWR: Morbidity & Mortality Weekly Report* vol. 67, n° 9, p. 286. [https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6709a4]
- DE OLIVEIRA, M.M., PEREIRA, C.R., DE OLIVEIRA, I.R.C., *et al.* (2022) Efficacy of Brucella abortus S19 and RB51 vaccine strains: A systematic review and meta-analysis. *Transboundary and Emerging Diseases* vol. 69, n° 4, p. e32-e51. [https://doi.org/10.1111/tbed.14259]
- DORNELES, E.M., SRIRANGANATHAN, N., LAGE, A.P. (2015) Recent advances in Brucella abortus vaccines. *Veterinary Research* vol. 46, n° 1, p. 76. [https://doi.org/10.1186/s13567-015-0199-7]
- DOS SANTOS, L.S., SÁ, J.C., DOS SANTOS RIBEIRO, D.L., *et al.* (2017) Detection of Brucella sp. infection through serological, microbiological, and molecular methods applied to buffaloes in Maranhão State, Brazil. *Tropical Animal Health and Production* vol. 49, n° 4, p. 675-679. [https://doi.org/10.1007/s11250-017-1238-3]
- DUCROTOY, M., BERTU, W.J., MATOPE, G., *et al.* (2017) Brucellosis in Sub-Saharan Africa: current challenges for management, diagnosis and control. *Acta Tropica, The Fate of Neglected Zoonotic Diseases* vol. 165, p. 179-193. [https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2015.10.023]
- DUCROTOY, M.J., MUÑOZ, P.M., CONDE-ÁLVAREZ, R., *et al.* (2018) A systematic review of current immunological tests for the diagnosis of cattle brucellosis. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 151, p. 57-72. [https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.01.005]
- ERDENLIĞ GÜRBILEK, S., TEL, O.Y., KESKIN, O. (2017) Comparative evaluation of three serological tests for the detection of Brucella antibodies from infected cattle herds. *Journal of Applied Animal Research* vol. 45, n° 1, p. 557-559. [https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1222942]
- FOURNIER, V. (2014) Gestion d'un foyer de brucellose à Brucella melitensis dans un élevage bovin laitier de Haute-Savoie par les services vétérinaires. Thèse d'exercice vétérinaire. VetAgroSup.
- GIFEX (2022) Où se trouve la Zambie ? In Gifex. [https://gifex.com/fr/fichier/ou-se-trouve-la-zambie/] (consulté le 28/08/2024).
- GODFROID, J., NIELSEN, K., SAEGERMAN, C. (2010) Diagnosis of Brucellosis in Livestock and Wildlife. *Croatian Medical Journal* vol. 51, n° 4, p. 296-305. [https://doi.org/10.3325/cmj.2010.51.296]
- GODFROID, J., SCHOLZ, H.C., BARBIER, T., *et al.* (2011) Brucellosis at the animal/ecosystem/human interface at the beginning of the 21st century. *Preventive Veterinary Medicine, Special Issue: Animal Health in the 21st Century - A Global Challenge* vol. 102, n° 2, p. 118-131. [https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2011.04.007]
- GOOGLE MAPS (2024) Shandavu camp, Zambie. In Shandavu camp · M11, Zambie. [https://www.google.com/maps/place/Shandavu+camp/@-15.9346936,25.684814,8.25z/data=!4m6!3m5!1s0x19433fe526697ab1:0xe79c3b86d9360acb!8m2!3d-15.9078652!4d26.0238191!16s%2Fg%2F11h08rk648?hl=fr&entry=ttu&g_ep=EgoyMDI0MDkwOS4wIWKXMDSoASAFQAw%3D%3D] (consulté le 12/09/2024).
- HANIN, M. (2017) Avortements et brucellose chez les petits ruminants en Albanie : enquête sur les modalités de gestion et les conséquences financières. Thèse d'exercice vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.
- HARS, J., GARIN, B., RICHOMME, C., *et al.* (2013) De l'éradication à la réapparition des maladies infectieuses animales. Les dangers de la faune sauvage : contexte et outils de gestion. *Épidémiologie et santé animale* vol. 64, n° 57-69.

- HASHEMI TABAR, G. (2014) Preventive and Control Programme for Brucellosis in Human and Animals. *Journal of Zoonoses* vol. 1, p. 30.
- IDEXX (2024) Pourquoi Rose Bengale Ag: Brucella abortus (B. abortus). In *Idexx*. [<https://www.idexx.com/en/livestock/livestock-tests/ruminant-tests/pourquier-rose-bengale-ag/>] (consulté le 02/09/2024).
- INRS (2023) Brucellose. In *INRS, santé et sécurité au travail*. [https://www.inrs.fr/publications/bdd/eficatt/fiche.html?refINRS=EFICATT_Brucellose] (consulté le 20/08/2024).
- KAYNAK-ONURDAG, F., OKTEN, S., SEN, B. (2016) Screening Brucella spp. in bovine raw milk by real-time quantitative PCR and conventional methods in a pilot region of vaccination, Edirne, Turkey. *Journal of Dairy Science* vol. 99, n° 5, p. 3351-3357. [<https://doi.org/10.3168/jds.2015-10637>]
- KHURANA, S.K., SEHRAWAT, A., TIWARI, R., et al. (2021) Bovine brucellosis – a comprehensive review. *The Veterinary Quarterly* vol. 41, n° 1, p. 61-88. [<https://doi.org/10.1080/01652176.2020.1868616>]
- KOLO, F.B., ADESIYUN, A.A., FASINA, F.O., et al. (2019) Seroprevalence and characterization of Brucella species in cattle slaughtered at Gauteng abattoirs, South Africa. *Veterinary Medicine and Science* vol. 5, n° 4, p. 545-555. [<https://doi.org/10.1002/vms3.190>]
- LABSTER (2024) Les types de test ELISA. In *Labster theory pages*. [<https://theory.labster.com/fr/types-elisa/>] (consulté le 28/08/2024).
- LALSAMTHARA, J., GOGIA, N., GOSWAMI, T.K., et al. (2015) Brucella abortus rugueux intermédiaire S19Δ par mutant est compatible DIVA, sans danger pour les cobayes gestantes et confère une protection aux souris. *Vaccine* vol. 33, n° 22, p. 2577-2583. [<https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2015.04.004>]
- LAUDAT, P., AUDURIER, A., CHOUTET, P., et al. (1987) Sérologie de la brucellose : évaluation comparative des réactions d'agglutination, de fixation du complément, d'immuno-fluorescence indirecte et de la contre-immuno-électrophorèse. *Médecine et Maladies Infectieuses* vol. 17, n° 2, p. 58-61. [[https://doi.org/10.1016/S0399-077X\(87\)80150-6](https://doi.org/10.1016/S0399-077X(87)80150-6)]
- LOKAMAR, P.N., KUTWAH, M.A., MUNDE, E.O., et al. (2022) Prevalence of brucellosis in livestock keepers and domestic ruminants in Baringo County, Kenya. *PLOS Global Public Health* vol. 2, n° 8, p. e0000682. [<https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0000682>]
- MAILLES, A., GARIN-BASTUJI, B., LAVIGNE, J.P., et al. (2016) Human brucellosis in France in the 21st century: Results from national surveillance 2004–2013. *Médecine et Maladies Infectieuses* vol. 46, n° 8, p. 411-418. [<https://doi.org/10.1016/j.medmal.2016.08.007>]
- MAINAR-JAIME, R.C., MUÑOZ, P.M., DE MIGUEL, M.J., et al. (2005) Specificity dependence between serological tests for diagnosing bovine brucellosis in Brucella-free farms showing false positive serological reactions due to Yersinia enterocolitica O:9. *The Canadian Veterinary Journal* vol. 46, n° 10, p. 913-916.
- MCDERMOTT, J.J., ARIMI, S.M. (2002) Brucellosis in sub-Saharan Africa: epidemiology, control and impact. *Veterinary Microbiology, Brucellosis S.I.* vol. 90, n° 1, p. 111-134. [[https://doi.org/10.1016/S0378-1135\(02\)00249-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1135(02)00249-3)]
- MELINDIKA (2024) Melindika – Association de solidarité internationale. In *Melindika – Association de solidarité internationale*. [<https://www.melindika.org/>] (consulté le 28/08/2024).
- MFUNE, R.L., MUBANGA, M., SILWAMBA, I., et al. (2021) Seroprevalence of Bovine Brucellosis in Selected Districts of Zambia. *International Journal of Environmental Research and Public Health* vol. 18, n° 4, p. 1436. [<https://doi.org/10.3390/ijerph18041436>]
- MILHAUD, C.L. (1999) Zoonoses et maladies transmissibles communes à l'homme et aux animaux : point de vue vétérinaire. *Revue Française des Laboratoires* vol. 1999, n° 310, p. 77-94. [[https://doi.org/10.1016/S0338-9898\(99\)80379-5](https://doi.org/10.1016/S0338-9898(99)80379-5)]
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE (2021) Maladies animales : la brucellose. In *Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire*. [<https://agriculture.gouv.fr/maladies-animales-la-brucellose>] (consulté le 20/08/2024).
- MINISTÈRE DE L'EUROPE ET DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES (2024) Présentation de la Zambie. In *France Diplomatie - Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères*.

- [<https://www.diplomatie.gouv.fr/fr/dossiers-pays/zambie/presentation-de-la-zambie/>]
(consulté le 28/08/2024).
- MORENO, E. (2014) Retrospective and prospective perspectives on zoonotic brucellosis. *Frontiers in Microbiology* vol. 5, p. 213. [<https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00213>]
- MORIYÓN, I., GRILLÓ, M., MONREAL, D., *et al.* (2004) Rough vaccines in animal brucellosis: Structural and genetic basis and present status. *Veterinary Research* vol. 35, n° 1, p. 1-38. [<https://doi.org/10.1051/vetres:2003037>]
- NADA, G.K.E., ILHAM, L. (2022) Thème Épidémiologie de la brucellose humaine et animale dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj. Mémoire de sciences. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.
- NEPOMUCENO, E.G., BARBOSA, A.M., SILVA, M.X., *et al.* (2018) Individual-based modelling and control of bovine brucellosis. *Royal Society Open Science* vol. 5, n° 5, p. 180200. [<https://doi.org/10.1098/rsos.180200>]
- OSMAN, A.E.F., HASSAN, A.N., ALI, A.E., *et al.* (2015) Brucella melitensis Biovar 1 and Brucella abortus S19 Vaccine Strain Infections in Milkers Working at Cattle Farms in the Khartoum Area, Sudan. *PLOS ONE* vol. 10, n° 5, p. e0123374. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123374>]
- PACHECO, W.A., GENOVEZ, M.E., POZZI, C.R., *et al.* (2012) Excretion of Brucella abortus vaccine B19 strain during a reproductive cycle in dairy cows. *Brazilian Journal of Microbiology* vol. 43, n° 2, p. 594-601. [<https://doi.org/10.1590/S1517-83822012000200022>]
- PALMER, S.R., SOULSBY, Lord, SIMPSON, D.I.H. (1998) Zoonoses: Biology, Clinical Practice, and Public Health Control. New York, Oxford University Press. [<https://doi.org/10.1093/oso/9780192623805.001.0001>]
- PHILIPPON, A., RENOUY, G., PLOMMET, M., *et al.* (1971) Brucellose bovine expérimentale. Excrétion de brucella abortus "par le colostrum et le lait. *Annales de Recherches Vétérinaires* vol. 2, n° 1, p. 59-67.
- SCHELLING, E., DIGUIMBAYE, C., DAOUD, S., *et al.* (2003) Brucellosis and Q-fever seroprevalences of nomadic pastoralists and their livestock in Chad. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 61, n° 4, p. 279-293. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2003.08.004>]
- SINGH, B.B., KOSTOULAS, P., GILL, J.P.S., *et al.* (2018) Cost-benefit analysis of intervention policies for prevention and control of brucellosis in India. *PLOS Neglected Tropical Diseases* vol. 12, n° 5, p. e0006488. [<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006488>]
- STEINMANN, P., BONFOH, B., TRAORE, M., *et al.* (2006) Brucellosis seroprevalence and risk factors for seroconversion among febrile attendants of urban health care facilities in Mali. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales* vol. Vol.4, n° N03-4, p. 117-121.
- SURESH, K.P., PATIL, S.S., NAYAK, A., *et al.* (2022) Prevalence of brucellosis in livestock of African and Asian continents: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Veterinary Science* vol. 9. [<https://doi.org/10.3389/fvets.2022.923657>]
- TASEI, J.P., RANQUE, P., BALIQUE, H., *et al.* (1982) Human brucellosis in Mali. Results of a seroepidemiological study. *Acta tropica* vol. 39, n° 3, p. 253-264.
- TASIAME, W., EMIKPE, B.O., FOLITSE, R.D., *et al.* (2016) The prevalence of brucellosis in cattle and their handlers in north Tongu District of Volta Region, Ghana. *African Journal of Infectious Diseases* vol. 10, n° 2, p. 111-117. [<https://doi.org/10.21010/ajid.v10i2.6>]
- TIALLA, D., KONÉ, P., KADJA, M.C., *et al.* (2014) Prévalence de la brucellose bovine et comportements à risque associés à cette zoonose dans la zone périurbaine de Dakar au Sénégal. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* vol. 67, n° 2, p. 67-72. [<https://doi.org/10.19182/remvt.10186>]
- TOMA, B. (2004) Les zoonoses infectieuses, Mérial édition., Polycopié des Ecoles nationales vétérinaires.
- TRAORÉ, A., TAMBOURA, H.H., BAYALA, B., *et al.* (2004) Prévalence globale des pathologies majeures liées à la production laitière bovine en système d'élevage intra- urbain à Hamdallaye (Ouagadougou). *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment* vol. 8, n° 1, p. 3-8.
- VIVES-SOTO, M., PUERTA-GARCÍA, A., RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, E., *et al.* (2024) What risk do Brucella vaccines pose to humans? A systematic review of the scientific literature on

- occupational exposure. *PLOS Neglected Tropical Diseases* vol. 18, n° 1, p. e0011889. [https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0011889]
- WIKIPÉDIA (2024) Zambie. In *Wikipédia*. [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Zambie&oldid=218058537] (consulté le 28/08/2024).
- WISE, B., CRAIG, H.W. (1942) The Brucella Complement Fixation Reaction. *The Journal of Infectious Diseases* vol. 70, n° 2, p. 147-151.
- WORLD ATLAS (2023) Zambia Maps & Facts. In *WorldAtlas*. [https://www.worldatlas.com/maps/zambia] (consulté le 20/08/2024).
- WORLD MAP (2024) Zambia Map. In *World Map*. [https://www.worldmap1.com/Zambia-map.asp] (consulté le 28/08/2024).
- ZAMRI-SAAD, M., KAMARUDIN, M.I. (2016) Control of animal brucellosis: The Malaysian experience. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* vol. 9, n° 12, p. 1136-1140. [https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2016.11.007]
-

Annexe 1 : Tableau représentant le tirage au sort théorique des animaux dans une zone de pâturage : exemple du village Ntubya

Eleveurs	Nombre de bovins tirs au sort	Nombre de petits ruminants tirs au sort
A	0	0
B	0	0
C	1	0
D	1	0
E	2	2
F	4	3
G	5	2
H	9	3
I	3	1
J	2	0
K	2	0
L	2	1
M	0	1
N	0	0
O	0	0
P	4	0
Q	2	0
R	4	1
S	0	0
T	0	0
U	0	1
V	0	0
W	0	0
X	0	0
Y	6	0
Z	0	0
AA	0	2
AB	2	0
AC	1	0
AD	1	0
AE	2	0
AF	0	7
AG	0	1
AH	4	2
AI	0	0
AJ	3	1
AK	1	0
AL	1	0
AM	0	0
AN	1	0
AO	0	0
Prélèvements totaux tirés au sort	63	28

Annexe 2 : Extraits du tableau Excel des résultats du test de dépistage à l'EAT avec l'anamnèse de chaque animal (zone de Basanga et village de Iyanda)

Nom de l'éleveur	BATRA												
Nombre de vaches	40												
Nombre de petits ruminants													
Nombre avortement en 1 an	8												
Nom de la zone	Basanga												
Animaux	vache 1	Vache 2	Vache 3	Vache 4	Vache 5	Vache 6	Vache 7	Vache 8	Vache 9	Vache 10	Vache 11	Vache 12	Vache 13
sexe (femelle ou taureau)	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	taureau	f	f
Age	5	12	9	8	5	6	4	7	10	10	10	5	12
Vache a déjà vêlée ?	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Nombre de veaux déjà eu	2	6	4	3	1	1	1	2	4	4		1	5
Date du dernier vêlage		4 mois	2 mois	1 mois	1 mois	1 an	8 mois	1 an	?	1 an		2 mois	1 an
Avortement (TUSAWA) Oui/Non	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	NON		NON	NON
nombre d'avortement(s)	1								1				
date du dernier avortement	?								1 mois				
animal malade du prélèvement ?	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Identification : nom de l'animal	MASENGA	CASANE	KATUVALA	INONGUI	TAOUNI	NAKASAM	PALABAM	MANDONA	ERINA	BELINA	MAKOMBA	MONARUCHEN	DJERITA
résultat EAT	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+

Nom de l'éleveur	Joshua Moulawa		
Nombre de bovins	264		
Nombre de petits ruminants	100		
Nombre d'avortement sur 1 an	13 chèvres / 2 vaches		
Zone de pâturage	Iyanda		
Animaux	chèvre 14	chèvre 15	chèvre 16
Sexe	mâle	femelle	femelle
Age	3 ans	4 ans	inconnu
Animal adulte ?	OUI	OUI	OUI
Nombre de lactation		4 fois	0
Date de la dernière mise-bas		3 semaines : avortement	3 jours : avortement
Avortement ? OUI/NON		OUI	OUI
Nombre d'avortement		1	1
Date du dernier avortement		3 semaines	3 jours
animal est-il malade ?	NON	NON	NON
Identification	étiquette jaune	Brun foncé avec trous dans les 2 oreilles	noir et blanche
Résultats EAT	-	+	+
Prélèvement lait		OUI	OUI
Ecouvillon vaginale		OUI	NON

Annexe 3 : Photographie du protocole du test de dépistage à l'EAT et conservation des réactifs et des témoins du test.

EAT – Rose Bengal Test

A faire sur tous les sérums (500 bovins + 300 caprins)


Réactifs :

- *Antigène EAT ; lyoph' ctrl + ; lyoph' BRU NEG SR14 ; tubes d'eau conservés au frigo
- *Témoin Positif
 - = lyoph' Ctrl Pos Brucella Idexx à reconstituer avec 1mL d'eau.
 - Puis diluer dans 1.2 mL de sérum BRU NEG SR14.
 - Lors de la fabrication, il faut tester cette dilution en EAT et rajouter si besoin 0.3 mL de SR14 autant de fois que nécessaire pour obtenir un faible positif (2+).
 - Préparer des petits tubes (verts) d'environ 60µL (de quoi faire 2 tests avec 1 aliquots) puis stocker les aliquots au congélateur afin d'en sortir un à chaque manip
- *Témoin Négatif
 - = lyoph' BRU NEG SR14 à reconstituer avec 4mL d'eau (une partie sert à diluer le T+ et l'autre sert de T-).
 - Préparer des petits tubes (blanc) d'environ 60µL puis garder au congélateur afin d'en sortir un à chaque manip

Mode opératoire :

Sortir l'antigène et les échantillons (sérums, T+ et T-) 30min avant de commencer la manip

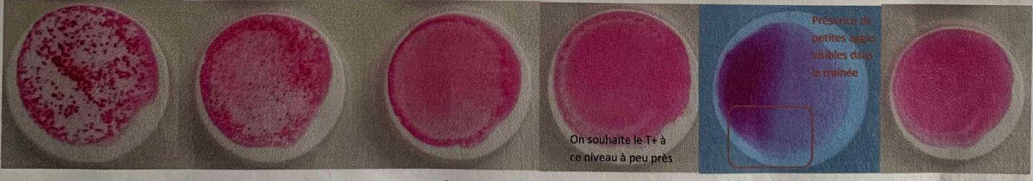
Placer côte-à-côte 25µL de sérum (max 18-24 sérums par plaque sinon la lecture sera trop longue) et 25µL d'Ag



Utiliser un cône par sérum mais garder le même cône pour déposer l'Ag partout

Mélanger les deux dépôts puis effectuer une rotation manuelle pendant 4min

Lire directement l'agglutination :



4+ 3+ 2+ 2+ faible 1+ 0

A la fin, mettre les sérums au congèl et l'Ag au frigo

Nota Bene :

- pour le LFIA, suivre la notice du kit : 10µL d'échantillon ; 4 gouttes de diluant ; attendre 20min ; lire
- le sang complet ne doit jamais être mis au frigo (le laisser à T°C ambiante).
- éviter un max de secouer le sang complet tant que le sérum n'est pas séparé
- le sérum peut être conservé max 48-72h au frigo (au-delà c'est congèl)
- le lait doit-être testé si possible à JO. Sinon, conserver au frigo 48h max (au-delà c'est congèl)
- les écouvillons sur animaux séro-pos sont à effectuer avec précaution puis conservés au congèl
- bien identifier les échantillons (si possible un « B » pour bovin et un « C » pour Caprin)

Annexe 4 : Présentation de la brucellose et de la stratégie « VETS » aux employés en santé animale de Melindika

BRUCELLOSIS DISEASE

1. WHAT IS IT ?

Brucellosis is disease due to a bacteria : Brucella. There are different species of Brucella which infected different animals. Brucella is a strong bacteria, resistant in environment and infected animals in immunity systems. This disease is probably introduced in Zambia after cattle importations from Europe in South Africa. But also from the migration of people with their animals from other countries close to Zambia.

2. WHICH ANIMALS ARE INFECTED ?

Cattles : Brucella abortus +++ and Brucella melitensis ++

Goats – Sheeps : Brucella melitensis +++ , Brucella abortus +

Pigs : Brucella suis +++

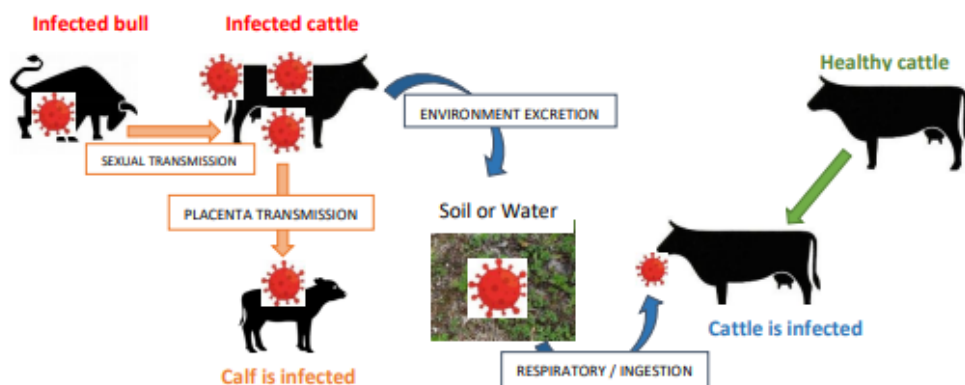
Wildlife : Zebra, Buffalo, Impala, Hippopotamus : Brucella abortus +++

3. TRANSMISSION : HOW ANIMALS ARE INFECTED ?

2 types of brucellosis transmission :

VERTICAL TRANSMISSION

HORIZONTAL TRANSMISSION



4. PATHOGENESIS OF THE BACTERIA :

a) Contamination and migration of the bacteria in the body

The animal ingests the bacteria by respiratory or alimentary tract. After, bacteria go to immunity system of animals and it is very resistant. In fact, the bacteria goes in different organs : lymph nodes, genital organs, udder, placenta, foetus (babies), testicle (mâle), legs (joints especially). We find the bacteria especially in immunity system and she goes in the cells (intracellular bacteria). The bacteria hade in the cells, that why it is very difficult to kill the bacteria. Antibiotics are not efficient because they can't go in the cells to kill the bacteria.

After that the animal is infected, the disease become a chronical disease. In fact, the bacteria doesn't kill the animal, she multiplies in the body, in immunitary system. And sometimes, she goes on a blood and mooves in genital organs and udder. After the migration, it is the excretion of the bacteria.

b) Excretion of the bacteria

In fact, the bacteria is excreted in **vagine and genital secretion** for the female, and in a **sperm and seminal liquid** for a male. So, the bacteria is excreted in environment after sex between animals and when the animals are in heats. We can find the bacteria in urins, contaminated by genital secretions.

Also, when female is pregnant, the bacteria can go to the placenta and amniotic liquid. The fœtus will be infected by the mother. At the end, when the female gives birth, there is **A LOT EXCRETION OF THE BACTERIA IN ENVIRONMENT**. The bacteria is on **vaginal secretion, placenta and milk in BIG QUANTITIES**.

The abortion due to Brucellosis it is a special mecanism. The dissemination of the bacteria in the placenta induces lesions. If this lesions are very important, the exchanges between the mother and the fœtus are stopped. The fœtus doesn't have food and oxygen by the mother and he died inside the mother. At the end, there is abortion to excrete the dead fœtus by the female.

So, after calving, the female produce **infected milk**. So the baby eats infected milk and become infected (if it was not the case during the pregnancy). We don't really know the time where the bacteria is excreted on milk, we just know that there is a lot of excretion during the weeks and months after calving. At the end, the excretion can be chronical so, sometimes there is no excretion and sometimes there is excretion on a milk, sperm and genital secretion.

That's why we took milk and vagine swaps also during the study, to know if seropositive animals on blood test have bacteria in a milk or in genital area.

→ **Time where bacteria resists in environment : 4 months in faeces, 2-3 months on dry or wet soil, 2 months in water, can be 8 months in a place where cattle aborted.**

→ **2 times when the bacteria is very very excreted :**

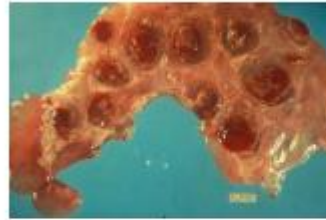
- **during the sex and heat times**
- **during and few weeks after the calving.**

5. CLINICAL SIGNS :

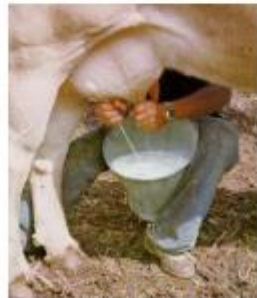
FIRST : ABORTION, especially but not necessary between 5 and 7 months of pregnancy



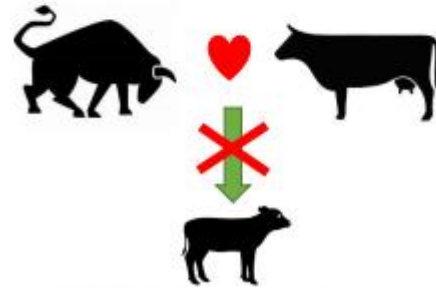
- stillborn or weak calves
- retained placentas



- Fever
- **Decrease milk production**



Sterility of animals : male and female



- Chronic Joint PAINS / Hygroma



Testicle inflammatories and infections



6. DIFFERENTIAL DIAGNOSIS

It exists other diseases or causes wich can induce abortion in cattles and small ruminants :

- BQ due to *Coxiella Burnetii*
- Not enough food
- Traumatic (fights)
- Toxic : toxic grass ingestion
- Parasite : Neospora, trichomonose,...
- Other infections : Salmonella, Campylobacter, Listeria, Mucous disease,...

So it IS NOT because there is ABORTION, that it is BRUCELLOSIS DISEASE.

7. ZONOSIS : HOW HUMANS ARE INFECTED ? WHAT IS THE EFFECTS ON HUMANS ?

a) During and after calving with cattle and calf excretions



b) With the milk when you take milk or you drink milk



c) HUMAN CLINICS SIGNS

- Fever : more than 38,0 °C



- Head pain - Join pains



- Decrease weight



→ **NO ABORTION** for women

→ Chronic disease : 1 day you are good and few days later we have fever, head pain, ... **The disease can stay all of the life for humans !**

→ Complications : heart and brain can be infected → Death <5% of cases

8. WHY IS IT IMPORTANT TO ELIMINATE AND PREVENT BRUCELLOSIS ?

- To STOP ABORTIONS
- To INCREASE MILK PRODUCTION
- To HAVE MORE STRONG CATTLES



→ FARMERS WILL ARE MORE PRODUCTIVE AND THEY WILL HAVE MORE MONEY

- Sell a good milk : Dairy project
- For HUMAN HEALTH



→ BETTER HEALTH FOR ALL OF THE COMMUNITIES

9. ELIMINATION AND PREVENTION

a) No Treatment

Bacteria resists against ANTIBIOTICS

b) Prevention

For Farmers and Vet assistants :

1. using GLOVES or WESH YOUR HANDS when you touch cattles, calfs, placentas, milk

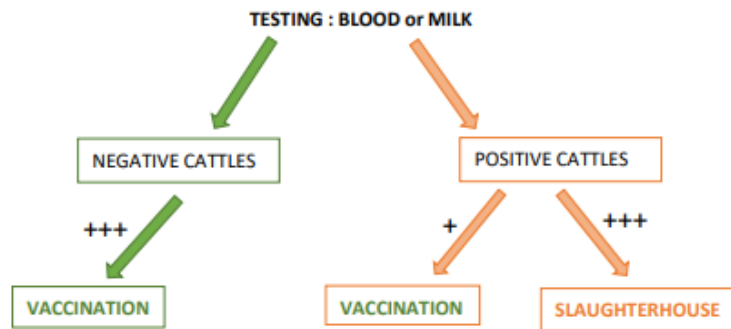


- 2. DESINFECTATION CROW FREQUENTLY
- 3. EAT MILK ONLY if IT IS BOILED



- 4. BAKED MEATS

c) Vaccination



It exist different vaccines against Brucellosis, especially 2 types of vaccine :

- Strain 19 vaccine
- Strain RB51 vaccine

This two vaccines are used in United States, South America and South Africa to try to eliminate brucellosis disease. It was efficient and it allowed to decrease the infection and the contamination.

In Zambia currently, only the RB51 vaccine is available. It is the most recent vaccine (1996 for RB51 against 1930 for S19). So the vaccine RB51 presents a lot advantages but also it has inconvenients.

RB51 VACCINE	
ADVANTAGES	INCONVENIENTS
VERY EFFICIENT	Life vaccine : can contaminated humans on the milk
1 shot for young cattle	Can induce abortion on pregnant animals if we use the full dose.
No detected on classic test : we can separate infected and vaccinated animals	

VACCINATION PROTOCOL : not sure

- YOUNG ANIMALS : 4-12 months for calfs
- ADULT ANIMALS : FULL DOSE for NON-PREGNANT ANIMALS – REDUCED DOSE for PREGNANT ANIMALS

CONCLUSION :

The Brucellosis disease is due to a very resistant bacteria. She is a chronic disease which stays in body of animals and she resists in environment. She is a zoonosis, so humans can have the Brucellosis. The big problem for animal is the abortions and for humans it is a chronic disease like covid-19.

The objective it is to reduce and eliminate the brucellosis. The solution can be the vaccination, because farmers can't kill their positive animals due to economic reasons. So that vaccination is efficient, we need to obtain a global immunity in the different areas. We need to vaccine all of cattles in all of the farms.

Annexe 5 : Ébauche d'un questionnaire à destination des éleveurs à moyen terme suite aux propositions de lutte contre la brucellose

Questionnaire à destination des éleveurs de la zone

1. Conduite d'élevage

- Est-ce que les animaux pâturent loin des habitations ? OUI/NON selon chaque espèce
- Est-ce que vous pensez qu'ils sont en contact avec de la faune sauvage ? OUI/NON selon chaque espèce
- Est-ce que vous réalisez la vaccination contre la brucellose ?
- Si oui, pour quelle espèce ?
- Si oui, quel est votre protocole ?
- Si non, pourquoi ? (prix, manque de connaissance, accessibilité du vaccin,...)
- Est-ce que vous avez déjà testé un animal pour la brucellose ?
- Si oui, avec quel test ?
- Si non, pourquoi ? (prix, manque de connaissance, accessibilité du test,...)
- Si oui, dans quelle circonstance ? (achat d'un animal, suite à un avortement,...)
- Dans quelles circonstances amenez-vous un animal à l'abattoir ?
- Exemple du dernier animal amené à l'abattoir

2. Conduite lors des mises-bas

- Est-ce que l'animal est isolé du reste du troupeau lors de la mise-bas ?
- Est-ce que l'animal est isolé du reste du troupeau les premiers jours suivants la mise-bas ?
- Si oui, pendant combien de jours ?
- Est-ce que le lieu de la mise-bas est nettoyé ?
- Si oui, comment ?
- Est-ce que les produits de vêlage sont nettoyés ?
- Si oui, comment ?

3. Conduite lors d'avortements

- Avez-vous eu des avortements durant les 12 derniers mois (1 an) ?
- Si oui, combien ?
- Que faites-vous des produits d'avortement ?
- Que faites-vous de l'animal qui a avorté durant les jours suivants ?
- Si vous faites une mesure particulière, pendant combien de temps la faite vous?
lutte

4. Conduite de traite

- Décrire en détail votre pratique de traite
- Est-ce que vous utilisiez des gants lors de la traite ?
- Est-ce que vous vous lavez les mains après la traite ?

5. Consommation des produits

- Quels produits consommez-vous issu de vos élevages ? lait, viande et de quelles espèces.
- Est-ce que vous consommez du lait frais directement après la traite ?
- Est-ce que vous faites bouillir le lait avant de le consommer ou de le vendre ?
- Est-ce que vous produisez du lait fermenté ?
- Si oui, comment ?
- Est-ce que vous produisez des fromages ?
- Si oui, comment ?

6. Connaissance sur la brucellose

- Selon-vous, qu'est-ce que c'est la brucellose ?
- Comment se transmet la maladie entre les animaux ?
- Comment se transmet la maladie à l'Homme ?
- Comment savoir si un animal est infecté ?

7. Opinion sur les moyens de lutte

- Sur les 4 piliers d'actions proposés, combien en réalisez-vous ? (Déduction suite aux précédentes questions) Vaccination / Prévention / Tester / Abattage
- Avez-vous ressenti une amélioration suite aux mesures mises en place ?
- Si oui, lesquelles ? diminution des avortements / augmentation de la production / augmentation de la taille du troupeau /
- Quelles sont vos souhaits par rapport à la lutte contre la brucellose ?

ÉVALUATION DE LA PRÉVALENCE DE LA BRUCELLOSE, DE SON IMPACT SUR LES ÉLEVAGES BOVINS ET DE PETITS RUMINANTS. PROPOSITION DE PISTES DE CONTRÔLE ET LUTTE AU SEIN DE LA CHEFFERIE DE MUSUNGWA, ITEZHI-TEIZHI DISTRICT, ZAMBIE

AUTEUR : Romain JAY

RÉSUMÉ :

La brucellose est une maladie enzootique sur le continent africain et notamment en Zambie où la dernière étude menée en 2021 a mis en évidence une séroprévalence chez les bovins de 7,53 % à l'échelle individuelle avec 21,14 % de troupeaux infectés (Mfune *et al.*, 2021).

L'étude de la brucellose conduite au cours de cette thèse a été réalisée avec l'association Melindika, au sein de la chefferie de Musungwa, dans le district d'Itezhi-Teizhi en Zambie. L'objectif était d'évaluer la prévalence de la brucellose au sein de cette zone, dans des élevages bovins et de petits ruminants, dans le but de proposer des mesures de lutte contre la maladie.

L'étude a été réalisée au sein de 80 élevages bovins et 51 élevages de petits ruminants, avec 818 animaux testés à l'aide du test à l'EAT. Ce test de dépistage a été gracieusement fourni par le LNR de l'ANSES. Les animaux testés étaient des animaux adultes, afin d'éviter la séronégativité des individus prépubères infectés. Les prélèvements ont été réalisés parmi les animaux des éleveurs volontaires. Enfin, des prélèvements de laits et des écouillons vaginaux ont été réalisés chez les animaux séropositifs afin d'identifier les espèces bactériennes par PCR et culture bactérienne.

Les résultats chez les bovins mettent en évidence des valeurs élevées avec une séroprévalence de la brucellose de 30,9 % (IC 95 % [27,3 ; 34,6] %) de bovins séropositifs dans 73,9 % (IC 95 % [64,1 ; 83,4] %) de troupeaux infectés. De plus, l'étude conduite sur les petits ruminants a permis de mettre en évidence l'absence de la maladie dans la grande majorité des élevages. En effet, 1 seul élevage a été détecté comme infecté. Enfin, l'espèce *Brucella abortus biovar 2* a été identifiée dans un prélèvement de lait de bovin et *Brucella melitensis* dans un prélèvement de lait de caprin.

La séroprévalence de la brucellose obtenue chez les bovins étant très élevée, des mesures de lutte ont été proposées. La stratégie « VETS » a été créée afin de réduire la présence de la brucellose dans la zone d'étude en tenant compte des contraintes locales. 4 piliers composent cette stratégie : la vaccination pour les jeunes bovins femelles de 4 à 8 mois ; l'éducation, avec la réalisation de campagnes de sensibilisation et de présentations des méthodes de lutte ; la réalisation de tests de dépistage de la brucellose ; et enfin, l'abattage d'un individu s'il est reconnu infecté.

MOTS CLÉS :

BRUCELLOSE, ZAMBIE, PRÉVALENCE, BOVINS, PETITS RUMINANTS, TEST, MÉTHODES DE LUTTE, ÉDUCATION, VACCINATION

JURY :

Président : Pr Yves MILLEMANN

Directrice de thèse : Pr émérite Barbara DUFOUR

Examinatrice : Dr Valentine GUÉTIN-POIRIER

Invitée : Dr Victoire DELESALLE

ASSESSMENT OF THE PREVALENCE OF BRUCELLOSIS, ITS IMPACT ON CATTLE AND SMALL RUMINANT FARMS. PROPOSAL OF CONTROL AND PREVENTION MEASURES WITHIN THE MUSUNGWA CHIEFDOM, ITEZHI-TEZHI DISTRICT, ZAMBIA

AUTHOR: Romain JAY

SUMMARY:

Brucellosis is an enzootic disease on the African continent, particularly in Zambia, where the latest study conducted in 2021 revealed an individual prevalence of 7.53% in cattle, with 21.14% of herds infected (Mfune et al., 2021).

The study on brucellosis conducted during this thesis was carried out in collaboration with the Melindika Association in the Musungwa chiefdom of Itezhi-Teizhi District, Zambia. The objective was to assess the prevalence of brucellosis in this area within cattle and small ruminant farms, with the aim of proposing control measures against the disease.

The study was conducted in 80 cattle farms and 51 small ruminant farms, testing 818 animals using the EAT test, provided free of charge by the LNR of ANSES. The tested animals were adults to avoid seronegativity in prepubescent infected individuals. Samples were taken from animals belonging to volunteer farmers. Additionally, milk samples and vaginal swabs were taken from seropositive animals to identify bacterial species through PCR and bacterial culture.

The results in cattle showed high values, with a brucellosis prevalence of 30.9% (95% CI [27.3; 34.6] %) of seropositive cattle in 73.9% (95% CI [64.1; 83.4] %) of infected farms. Furthermore, the study on small ruminants revealed the absence of the disease in the vast majority of farms, with only one farm affected in a village. Finally, the species *Brucella abortus* biovar 2 was identified in a bovine milk sample, and *Brucella melitensis* was found in a caprine milk sample.

Given the very high prevalence of brucellosis in cattle, control measures were proposed. The “VETS” strategy was developed to reduce the presence of brucellosis in the study area, taking local constraints into account. This strategy comprises four points: vaccination for young female cattle aged 4 to 8 months. Education through awareness campaigns and presentations of control methods. Conducting brucellosis screening tests. And finally, slaughter for infected animals.

KEYWORDS:

BRUCELLOSIS, ZAMBIA, PREVALENCE, CATTLE, SMALL RUMINANTS, TEST, CONTROL METHODS, EDUCATION, VACCINATION

JURY:

Chairperson: Pr Yves MILLEMANN

Thesis Director: éméritus Pr Barbara DUFOUR

Reviewer: Dr Valentine GUÉTIN-POIRIER

Guest: Dr Victoire DELESALLE