



## Séroprévalence et impact économique de la fièvre aphteuse dans les élevages bovins laitiers des régions septentrionales du Cameroun

A. SASSA MEBANGA<sup>1\*</sup>, H. TASSOUABE BAÏKAME<sup>1</sup>, MOHAMADOU MOUSSA<sup>1</sup>,  
ETCHIKÉ AGNEM<sup>3</sup> C et D. NDJONKA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ecole des Sciences et de Médecine Vétérinaire - Université de Ngaoundéré B.P. 268 Ngaoundéré, Cameroun.

<sup>2</sup>Faculté des Sciences – Université de Ngaoundéré, Cameroun.

<sup>3</sup>Institut des Sciences Halieutiques de Yabassi - Université de Douala, Cameroun.

\*Auteur correspondant ; E-mail : [mebengasaaristide@gmail.com](mailto:mebengasaaristide@gmail.com)

Received: 04-04-2022

Accepted: 05-08-2022

Published: 31-08-2022

### RESUME

La fièvre aphteuse (FA) est une maladie virale transfrontalière hautement contagieuse qui affecte les mammifères artiodactyles. Il s'agit d'une infection virale qui, du fait de ses répercussions potentiellement catastrophiques, fait aujourd'hui encore partie des épizooties ayant les conséquences économiques les plus graves pour les animaux de rente utilisés dans l'agriculture. La FA exige des mesures drastiques de restriction du commerce d'animaux et de produits animaux, qui entraînent des pertes économiques considérables. Cette étude qui s'est déroulée durant la période allant de mars à septembre 2021 dans les régions septentrionales (Adamaoua, Nord et Extrême-Nord) du Cameroun, visait à déterminer la séroprévalence et l'impact économique de la FA dans les élevages bovins laitiers. Un total de 503 échantillons de sérum ont été prélevés chez les bovins qui présentaient souvent des symptômes graves et testés par la technique Enzyme linked immunosorbant assay (ELISA), pour détecter la présence d'anticorps induits par des protéines non structurales du virus de la FA. Trois cent soixante-quinze (375) prélèvements se sont révélés positifs au test ELISA soit une séroprévalence globale de 74,55%. Les échantillons testés positifs ont été soumis aux tests de sérotypage ELISA-compétition pour les sérotypes O, A et ont montré que ces sérotypes ont circulé dans les régions septentrionales du Cameroun, avec des séroprévalences respectives de 92,33% et de 75,66%. La séroprévalence rapportée au niveau individuel était élevée dans le département du Mayo-Louti soit 80,76%. Les facteurs de risque tels que le système d'élevage et l'âge des animaux ont influencé significativement ( $p < 0,05$ ) la séroprévalence de la FA. Les pertes économiques directes associées à la maladie ont été estimées à 1 166 532,175 ± 498 363,264 FCFA. Le coût du traitement dans les fermes laitières se chiffrait à 164 100 ± 184 368,126 FCFA, celles dues aux mortalités à 720 000 ± 178 419,318 FCFA et celles dues à la baisse de la production laitière à 457 432,175 ± 296 801,878 FCFA. L'étude démontre que la FA est très répandue au sein des élevages bovins laitiers des régions septentrionales du Cameroun. Il est donc impératif pour l'Etat d'une part, de mettre en place une stratégie de prévention et de contrôle qui englobe tous les pays voisins (limitrophes) et qui prend en compte les réalités du terrain que sont la transhumance, le nomadisme et l'importation d'animaux vivants, d'autre part, d'appliquer rigoureusement le programme national de lutte contre la FA. Cela permettra d'assurer la subsistance des populations locales et d'accéder au commerce international.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés:** Fièvre aphteuse, séroprévalence, impact économique, élevage bovin laitier, régions septentrionales.

## Seroprevalence and economic impact of foot-and-mouth disease in dairy cattle farms in the northern regions of Cameroon

### ABSTRACT

Foot-and-Mouth Disease (FMD) is a highly contagious transboundary viral that affects artiodactyls mammals. Its economic impact is considerable due to its high morbidity and its restriction of international trade. This study held from March to September 2021 in the Adamawa, North and Far Nord regions of Cameroon, aimed to determine the seroprevalence and economic impact of the FMD in dairy cattle farms. A total of 503 serum samples were collected from cattle and tested by the ELISA technique, to detect the presence of antibodies induced by non-structural proteins of the FMD virus. Three hundred and seventy-five (375) samples have been positive to the ELISA test, either an overall seroprevalence of 74.55%. The samples tested positive were subjected to ELISA-competition serotyping tests for serotypes O and A. The results show that these serotypes circulated in the northern regions of Cameroon, with respective seroprevalences of 92.33% and 75.66%. The seroprevalence reported at the individual level was high in the department of Mayo-Louti, either an overall of 80.76 % ([70-92 %]; IC à 95 %). Risk factors such as the breeding system and the age of the animals significantly ( $p < 0.05$ ) influenced the seroprevalence of FMD. The direct economic losses associated with the disease were estimated on average at  $1166532.175 \pm 498363.264$  FCFA. Treatment costs on dairy farms averaged  $164100 \pm 184368.126$  FCFA. Losses due to mortalities were estimated on average at  $720000 \pm 178419.318$  FCFA. Dairy production losses were the highest ( $10354579.4$  liters of milk) and average  $457432.175 \pm 296801.878$  FCFA. This study demonstrates that FMD is widespread in dairy cattle farms in the northern regions of Cameroon. It is therefore imperative for the State, on the hand, to put in place a prevention and control strategy that encompasses all the neighboring countries (bordering) and that takes into account the realities on the ground of transhumance, nomadism and the import of live animals, on the other hand, to rigorously apply the national program to fight against FMD. This will ensure the subsistence of local populations and access to international trade.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Foot-and-Mouth Disease, seroprevalence, economic impact, dairy cattle breeding, northern regions.

### INTRODUCTION

Dans les régions septentrionales (Adamaoua, Nord et Extrême-Nord) du Cameroun, les systèmes d'élevage des bovins sont essentiellement extensifs (traditionnels) avec l'exploitation des races locales à faible potentiel génétique laitier qui n'arrive pas à couvrir les besoins de la population. Depuis quelques années, on assiste à l'émergence d'un système d'élevage semi-intensif des races étrangères et des races améliorées (par l'insémination artificielle) dans les zones périurbaines et rurales.

L'élevage repose sur la mobilité saisonnière des troupeaux et des hommes. Les mouvements d'animaux se font entre le Tchad, le Nord du Cameroun, la République centrafricaine (RCA), le Nigeria et le Soudan. Frontaliers du Cameroun, ces pays sont respectivement exportateurs et importateurs du gros bétail : le Cameroun constitue l'espace de

transit informel des flux commerciaux entre ces pays.

Ce flux commercial dans les marchés à bétail et lors d'échanges d'animaux a facilité la dissémination de certaines maladies dites transfrontalières telles que la FA qui constitue un frein important pour le développement des productions animales.

La FA est une maladie virale, hautement contagieuse, due à un virus appartenant au genre Aphthovirus et de la famille des Picornaviridés. Elle touche tous les animaux à sabots fendus qu'ils soient domestiques ou sauvages. De par sa grande contagiosité, la FA revêt un caractère transfrontalier et entraîne des pertes économiques considérables notamment des pertes dues à la mortalité des jeunes animaux, à la baisse ou à une réduction importante de la production de lait ou de viande dans les élevages infectés et des performances du commerce de bétail et de ses produits (Miguel et al., 2013), à l'arrêt de la culture

attelée. Elle induit systématiquement l'interdiction du commerce d'animaux et de leurs produits avec la région ou le pays qui en est victime. Elle est la première maladie pour laquelle l'Organisation Mondiale de la Santé Animale (OIE) a établi une liste officielle des pays et zones reconnus indemnes avec ou sans vaccination. Elle est endémique au Cameroun mais n'est pas une zoonose. L'introduction de la maladie dans un troupeau se fait par de nouveaux animaux transportant le virus (dans la salive, le lait, la semence, etc.), l'utilisation d'enclos, de bâtiments ou de véhicules contaminés pour héberger et transporter des animaux sensibles, la présence de matériels contaminés tels que foin, aliments, eau, lait ou produits biologiques, de port de vêtements ou de chaussures contaminées ou l'utilisation d'équipements contaminés, la distribution à des animaux sensibles de viande, de produits d'origine animale, d'aliments crus ou mal cuits, contaminés par le virus, la dissémination virale par des aérosols transportés par l'air à partir d'une exploitation contaminée. Son diagnostic est basé d'une part sur l'observation d'un ou des principaux signes cliniques et des lésions, et d'autre part sur les résultats des tests de laboratoire (ELISA et PCR). La prévention de la maladie passe par la biosécurité, l'abattage sanitaire et la vaccination.

Il existe ainsi 07 sérotypes (O, A, C, SAT1, SAT2, SAT3 et Asia1) immunologiquement distincts qui circulent dans le monde dont 04 (O, A, SAT1, SAT2) ont été identifiés au Cameroun par le Laboratoire National Vétérinaire (LANAVET) de Garoua (Kuate, 2016). Du fait de la multitude de sérotypes, le vaccin utilisé doit être spécifique à la souche virale circulant afin de mieux protéger les animaux exposés. Il n'existe aucun traitement spécifique contre la FA, mais on peut aider à la guérison des plaies en appliquant des antiseptiques locaux et en administrant des antibiotiques de couverture pour empêcher les infections secondaires. L'apparition d'un foyer de fièvre aphteuse oblige à prendre des mesures de lutte dont le coût est fort élevé.

Au Cameroun où la maladie est endémique, très peu de cas de FA sont

rapportés en raison soit du système d'élevage qui est de type extensif, soit par le manque de sensibilisation des populations locales, soit par le manque de moyens et de volonté des acteurs et aucune étude n'a été menée à ce jour sur l'impact économique de la FA. L'objectif de l'étude était d'actualiser les données épidémiologiques en déterminant la séroprévalence, les facteurs de risque qui peuvent influencer l'état d'endémicité et l'impact économique direct de la FA dans les élevages bovins laitiers des régions septentrionales du Cameroun afin d'éviter les pratiques à risque, d'envisager une stratégie appropriée de contrôle et de réduire les pertes économiques engendrées par la maladie.

## MATERIEL ET METHODES

### Période et zone d'étude

L'étude s'est déroulée durant la période allant du 1<sup>er</sup> mars au 30 septembre 2021 dans les régions septentrionales (Adamaoua, Nord et Extrême-Nord) du Cameroun (Figure 1).

### Caractéristiques de la zone d'étude

La région de l'Adamaoua est située au centre-nord du Cameroun. Elle est limitrophe de la RCA et du Nigéria, et couvre une superficie de 63701 km<sup>2</sup> avec une population de 1080500 habitants soit une densité de 17 habitants par km<sup>2</sup>. Elle se situe entre le 6<sup>ème</sup> et le 8<sup>ème</sup> degré de latitude Nord, le 11<sup>ème</sup> et le 15<sup>ème</sup> degré de longitude Est. Le climat est de type tropical soudanien compris entre 22°C et 25°C, et caractérisé par deux saisons : la période sèche va de novembre à avril puis vient la saison humide. Les précipitations moyennes annuelles sont de 900 mm à 1500 mm et diminuent davantage au nord. La végétation prédominante est la savane arbustive. On rencontre également de nombreuses forêts le long des vallées humides. Le sol est ferrallitique et volcanique. Les principales activités économiques sont l'agriculture, l'élevage, la pêche et l'apiculture.

La région du Nord est située dans le nord du Cameroun. Elle s'étend entre le 8<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> degré de latitude Nord et entre le 12<sup>ème</sup> et le 16<sup>ème</sup> degré de longitude Est. Elle couvre une

superficie de 65576 km<sup>2</sup> et abrite plus de 1 227 000 habitants. Le climat est de type soudanien caractérisé par 06 mois de pluies et 06 mois de sécheresse, avec une température moyenne de 35°C. La végétation est constituée d'une savane sèche herbeuse, d'une savane arbustive et arborée, d'une savane boisée, de galeries forestières et d'une végétation montagnarde. Les principales activités économiques sont l'agriculture, l'élevage et la pêche.

La région de l'Extrême-Nord est située dans le nord du Cameroun et est frontalière du Tchad et du Nigéria. Elle couvre une superficie de 34246 km<sup>2</sup> et abrite environ plus de 3 400 000 habitants. Le climat est de type soudano-sahélien à dominance sèche, avec une saison sèche de 7 à 8 mois et une saison de pluies de 6 mois. Les précipitations moyennes sont de 800 mm d'eau par an. La température moyenne annuelle varie de 27°C à 29°C avec des extrêmes de 40°C. La végétation est de type savane arborée ou arbustive avec un couvert herbacé dominant et quelques galeries forestières le long des cours d'eau. Les principales activités économiques sont l'agriculture, l'élevage, la pêche et le tourisme.

### **Choix de la zone d'étude**

Le choix de cette zone se justifie par le fait qu'elle constitue non seulement des bassins de production des ruminants, de production laitière, mais aussi des zones d'échanges commerciaux fréquents entre les pays voisins comme le Tchad, la RCA et le Nigéria (Ziébé, 2014).

### **Matériel animal**

Au cours de cette étude, 100 élevages bovins laitiers extensifs et semi-intensifs ont été enquêtés dans 10 départements des régions septentrionales du Cameroun. Les élevages laitiers échantillonnés étaient ceux choisis par les services vétérinaires territorialement compétents en raison de l'accès facile aux parcs, la sécurité et une bonne connaissance de la maladie par les éleveurs et vendeurs, disposés à répondre à nos préoccupations. Les races d'animaux rencontrées dans le système

extensif sont les zébus Akou, Bokolo, Goudali, Mbororo, et dans le système semi-intensif sont les Holstein, Montbeliarde et Simmental (Tableau 1). L'unité primaire était le troupeau dans le cadre de l'enquête épidémiologique et l'unité secondaire, l'animal. La répartition des élevages et les prélèvements effectués sont présentés dans le Tableau 2.

### **Collecte des données**

Les informations collectées après une enquête prospective étaient relatives à la typologie de l'élevage, l'espèce, la race, l'âge, le mode d'élevage et les pertes financières directes. Les éleveurs et les bergers des zones enquêtées savent bien reconnaître la FA, même s'ils ont tendance à sous-estimer la maladie. En compagnie des vétérinaires, ils nous montraient dans les troupeaux, les animaux suspects en fonction des signes cliniques caractéristiques (vésicules rompues, plaies dans la bouche, la langue, les tétines, la bande coronaire et l'espace inter digité, la boiterie, l'hyper salivation, les sécrétions provenant des naseaux et de la bouche) de la maladie. Après contention des animaux, des prélèvements sanguins ont été effectués par ponction au niveau de la veine jugulaire à l'aide d'une aiguille montée à un tube sec et stérile (type vacutainer) sous vide de 10 ml. Chaque prélèvement a été identifié à l'aide d'un numéro, étiqueté puis placé dans une caisse isotherme munie d'Ice Packs. Le sang récolté dans des tubes secs a été mis au repos pendant 12 heures afin d'obtenir le sérum. Les sérums obtenus ont été répartis dans des tubes Eppendorf® étiquetés puis acheminés au Laboratoire National Vétérinaire (LANAVET) de Garoua dans une glacière puis conservés à une température de -

### **Analyses de laboratoire**

Tous les sérums collectés ont été soumis au test ELISA indirect qualitatif et de type bloquant, pour la détection des anticorps dirigés contre les protéines non structurales du virus de la FA, indépendamment du sérotype responsable de l'infection ou du statut vaccinal de l'animal. Les tests ont été effectués à l'aide

des Kits ID Vet (ID Screen® NSP-FMDNSPC-10P) selon les protocoles fournis par les fabricants. Les échantillons testés positifs ont été soumis au test ELISA-compétition, pour la détection des anticorps dirigés contre les sérotypes O et A du virus de la FA. Les Kits PRIOCHECK® FMDV Type O (Pronics Lelystad B.V. The Netherlands F190401L-0180102L) et ID Vet (ID Sreen® FMD Type A Compétition 10P) ont été utilisés selon les protocoles fournis par les fabricants.

### Estimation des pertes économiques

Au plan financier pour l'éleveur, il y a une perte de revenus due à la dépréciation de la valeur marchande (pouvant atteindre 50%) des animaux et de leurs produits, la perte des veaux et l'affaiblissement des animaux de trait. Pour la communauté villageoise, l'on a enregistré une baisse de fréquentation des marchés à bétail, les troupeaux atteints n'étaient pas acceptés aux points d'eau ou aux pâturages. Il est donc difficile d'estimer les pertes, surtout indirectes en raison de la complexité des systèmes de production (Domenech, 2011). Dans la présente étude, seules les pertes financières visibles qui sont celles relatives aux mortalités, aux réductions de la production

laitière et aux coûts du traitement ont été estimées.

### Analyse statistique

Les données obtenues et les résultats des analyses de laboratoire ont été saisis dans le logiciel Excel®2016. Le logiciel Sphinx Plus<sup>2</sup> (version5.0) a été utilisé pour la réalisation des tableaux et graphiques. L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS® (version 16.0). Le test de khi-carré d'indépendance au seuil de significativité fixé à  $p < 0,05$  ou le test exact de Fisher lorsque les effectifs attendus de la table de contingence sont inférieurs à 5, ont permis de tester l'association entre la séropositivité et les différentes variables, aussi pour comparer les pertes totales par système d'élevage. Les variables ayant une plus-value inférieure à 0.05 ont été considérées comme étant significatives. Les variables statistiquement liées à la présence de la maladie nous ont amenées à estimer des Odds ratio (OR) par une régression logistique simple et des IC correspondants à 95%. L'analyse des variances (Anova) à un facteur a été effectuée pour comparer les pertes économiques totales et le test de Student pour comparer les groupes par paires et pour les comparaisons multiples.

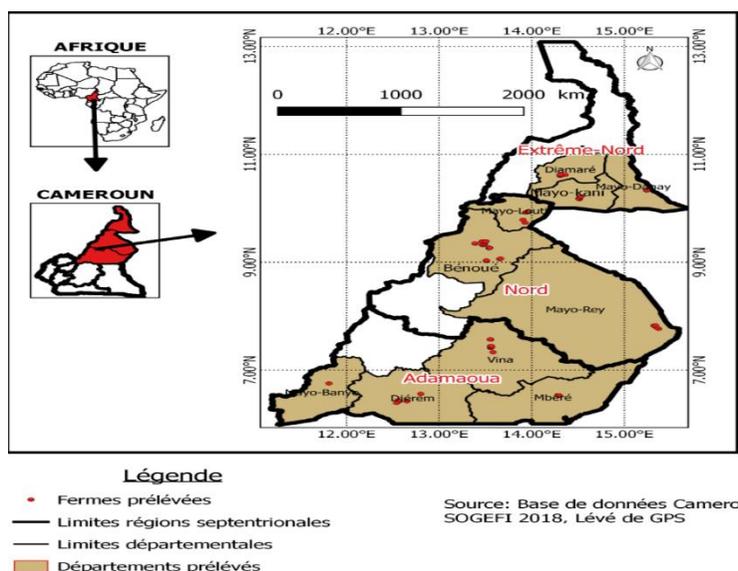


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.

**Tableau 1** : Répartition des races d'animaux prélevés au cours de l'étude.

Races	Nombre d'animaux
Akou	72
Bokolo	53
Goudali	152
Mbororo	202
Holstein	5
Montbeliarde	16
Simmental	3
<b>Total</b>	<b>503</b>

**Tableau 2** : Répartition des élevages bovins laitiers par région et nombre de prélèvements effectués au cours de l'étude.

Région	Département	Elevages	Prélèvements	Total
AD	Vina	11	57	176
	Mbééré	9	45	
	Mayo-Banyo	7	35	
	Djerem	8	39	
	Benoué	12	60	
NO	Mayo-Louti	10	52	157
	Mayo-Ray	9	45	
EN	Diamaré	13	65	170
	Mayo-Kani	11	55	
	Mayo-Danay	10	52	
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>503</b>	<b>503</b>



**Figure 2** : Contention d'un bovin (A) et prélèvements effectués (B).

## RESULTATS

### **Séroprévalence globale de la FA dans les élevages bovins laitiers des régions septentrionales du Cameroun**

Un troupeau a été considéré positif s'il renfermait en son sein au moins un sujet testé positif. Sur les 10 troupeaux testés, tous ont présenté au moins un animal positif, soit une prévalence de 100% à l'échelle du troupeau. Sur les 503 sérums d'animaux suspects soumis au test sérologique ELISA indirect, 375 se sont révélés positifs, soit une séroprévalence globale de 74,55%. Les résultats sont présentés dans le Tableau 3.

L'analyse de ce tableau montre que la séroprévalence moyenne de la FA dans les élevages bovins laitiers des régions septentrionales du Cameroun varie de 69,31% à 77,64%. La séroprévalence est plus élevée dans la région de l'Extrême-Nord (77,76%) par rapport aux régions du Nord (77,10%) et de l'Adamaoua (68,92%). Les plus fortes séroprévalences ont été observées dans les départements du Mayo-Louti (80,76%) et du Mayo-Danay (80%).

### **Séroprévalence de la FA dans les élevages bovins laitiers en fonction de la race**

Les résultats sérologiques des 503 sérums analysés par le test ELISA en fonction de la race sont présentés dans le Tableau 4.

L'analyse de ce tableau montre que la séroprévalence de la FA est significativement ( $p < 0,05$ ) plus élevée chez les races exotiques et améliorées (Akou) par rapport aux races locales. Les facteurs intrinsèques tels que le sexe n'ont pas eu d'influence sur la séroprévalence.

### **Séroprévalence de la FA dans les élevages bovins laitiers en fonction de l'âge des animaux**

Les animaux ont été classés par tranche d'âge et les résultats des analyses sérologiques. L'analyse du tableau montre que la séroprévalence était plus élevée (76,84%) chez les jeunes de la tranche d'âge de ]0 - 4] ans par rapport à celle de ]5 - 9] qui était de 71,80% et celle de ]10 - 20] qui était de 73,33%. Mais de

manière générale, aucune différence significative ( $p > 0,05$ ) n'a été notée entre les tranches d'âge.

### **Séroprévalence de la FA dans les élevages bovins laitiers en fonction du système d'élevage**

Les élevages bovins laitiers ont été classés selon le système d'élevage pratiqué et les résultats des analyses sérologiques sont présentés dans le Tableau 6. L'analyse de ce tableau montre que les bovins laitiers élevés dans le système extensif ont une séroprévalence significativement ( $p < 0,05$ ) plus élevée (86,95%) par rapport à ceux élevés dans le système semi-intensif (73,30%). Les animaux élevés en système extensif ont donc un risque plus élevé d'être atteint par la FA que ceux élevés en système semi-intensif.

### **Séroprévalence des sérotypes O et A du virus de la FA dans les élevages bovins laitiers des régions septentrionales du Cameroun**

Les résultats des analyses virologiques ont confirmé la présence des sérotypes O et A du virus de la FA tel que le montre le Tableau 7. Il ressort de l'analyse de ce tableau que le test ELISA compétition a révélé la présence du sérotype O à 100% dans la région du Nord, suivie de la région de l'Adamaoua (97%) et celle de l'Extrême-Nord (80%). Quant au sérotype A, il est présent dans la région de l'Adamaoua (80%), dans celle du Nord (77%) et dans l'Extrême-Nord (70%). De manière générale, on note une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les sérotypes O et A de la FA dans ces régions.

### **Facteurs de risque de la diffusion de la FA** *Identification des zones à risque*

Le risque d'introduction de la FA au Cameroun repose sur des zones à risque "élevé" ou "très élevé" qui sont associées à l'importation illégale d'animaux infectés en provenance des pays voisins tels que le Nigéria, le Tchad, la RCA, le Soudan qui sont enzootiques. Les marchés à bétail et les zones de transhumance sont les zones à forte

concentration d'animaux en raison de nombreux points d'eau, des zones de pâturage, etc. Elles se répartissent à l'intérieur des départements de chaque région.

#### **Mouvements des animaux et marchés à bétail**

Les mouvements perpétuels et incontrôlés des animaux (transhumance, commerce, nomadisme) constituent la cause essentielle de la diffusion des foyers de FA. A cela, s'ajoutent l'inefficacité des postes frontaliers de surveillance, l'absence de quarantaine des animaux, l'importation et l'exportation d'animaux vivants (sur pied) par les pays voisins et la notion de "maladie mineure" partagée par les éleveurs, la porosité des frontières, l'insécurité, la cohabitation avec la faune sauvage, la faible collaboration entre les pays de la sous-région d'Afrique centrale, etc. Ces mouvements d'animaux sont accompagnés des déplacements de personnes (propriétaires bouviers, marchands de bétail, négociants). Ils ont aussi lieu lors d'événements sociaux tels que les mariages, les funérailles, les baptêmes, etc. L'ensemble de ces zones forme un vaste territoire d'enzootie de la FA, maintenue principalement par la densité d'animaux sensibles, les mouvements d'animaux, les mouvements des personnes et secondairement par les produits animaux.

#### **Impact économique de la FA**

L'évaluation quantitative de l'impact économique direct de la FA au cours de l'étude ne tenait compte que des pertes qui revêtaient une importance cruciale pour les systèmes d'élevage étudiés et qui étaient relativement faciles à quantifier. Les impacts directs visibles de la FA ont été convertis en pertes financières.

Les effets indirects de la FA (impact sur le commerce international, coûts de la vaccination, effets à long terme sur la structure des troupeaux, perte de puissance de traction, réduction de la production agricole, effet négatif sur la sécurité alimentaire et la nutrition de la famille, non utilisation du bétail pour la dot, etc.) n'ont pas été pris en compte au cours de l'étude en raison de la complexité des systèmes de production qui sont difficiles à évaluer.

#### **Pertes financières globales dues à la FA dans les élevages bovins laitiers des régions septentrionales du Cameroun**

La connaissance des pertes et les évaluations de coûts / bénéfices des programmes de contrôle sont cruciales pour la prévention et le contrôle de la maladie. Outre, les pertes, surtout indirectes, il y a généralement un impact direct en raison des pertes de production liées à la maladie et au coût des programmes de contrôle ainsi que la perte suscitée par le non accès aux marchés d'exportation. Le Tableau 8 présente les différentes pertes financières visibles dues à la FA. L'analyse de ce tableau montre un montant total des pertes financières estimé à 1 341 532,100 FCFA dans les régions septentrionales du Cameroun. Les pertes financières laitières sont significativement ( $p < 0,05$ ) plus élevées) dans la région de l'Extrême-Nord (625 044,117 FCFA par rapport à celles de l'Adamaoua (401 813,500 FCFA) et du Nord (336 395 FCFA). De même, les pertes financières dues à la mortalité et au traitement des animaux sont respectivement et significativement ( $p < 0,05$ ) plus élevées dans la région de l'Adamaoua (970 000 FCFA et 341 000 FCFA) par rapport à celles des autres régions. Néanmoins, les pertes financières dues au traitement des animaux sont les plus faibles (164 100 FCFA) de toutes ces pertes.

#### **Pertes financières en fonction des systèmes d'élevages**

Les pertes financières visibles dues à la FA en fonction des systèmes d'élevage sont présentées dans le Tableau 9. L'analyse de ce tableau montre que les pertes financières visibles dues à la FA sont significativement ( $p < 0,05$ ) plus élevées dans les élevages semi-intensifs (1 376 426 FCFA) par rapport aux élevages extensifs (988 716,600 FCFA). De plus, des variations dans les diverses pertes sont observées au niveau de chaque système d'élevage.

#### **Pertes financières dues à la FA en fonction des départements**

Les pertes financières visibles dues à la FA ont été évaluées dans les 100 élevages bovins laitiers des 03 régions septentrionales

du Cameroun. Les résultats sont présentés dans le Tableau 10. Il ressort de l'analyse de ce tableau que les pertes financières totales étaient élevées dans les départements du Djerem et du Diamaré avec des moyennes respectives de 1 690 393,700 FCFA et de 1 460 211,500 FCFA. Les pertes financières laitières étaient plus élevées dans le département du Diamaré avec

une moyenne de 761 365,300 FCFA. Les pertes dues au traitement étaient plus élevées dans le département du Mayo-Banyo avec une moyenne de 370 000 FCFA. La comparaison des moyennes des pertes financières totales par département a permis de noter une différence fortement significative ( $p < 0.05$ ) entre les pertes financières dues à la maladie.

**Tableau 3 :** Séroprévalence de la FA dans les élevages bovins laitiers des régions septentrionales du Cameroun.

Région	Départements	Sérums testés	Sérums S+	Séroprévalence %	IC à 95 %	Khi-carré	P-value
Adamaoua	Vina	57	43	75,43	67-89	4,058	0,255
	Mayo-Banyo	35	26	74,28	59-90		
	Djerem	39	24	61,53	46-78		
	Mbéré	45	29	64,44	50-79		
Nord	Bénoué	60	45	75	64-	0,607	0,738
	Mayo-Louti	52	42	80,76	86		
	Mayo-Rey	45	34	75,55	70-92		
Extrême-Nord	Mayo-Kani	55	42	76,36	65-89	0,150	0,928
	Diamaré	65	50	76,92	88		
	Mayo-Danay	50	40	80	66-87		
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>503</b>	<b>375</b>	<b>74,55</b>	<b>68-81</b>		

IC= Intervalle de Confiance

**Tableau 4 :** Séroprévalence de la FA dans les élevages bovins laitiers des régions septentrionales du Cameroun en fonction de la race.

Race	Animaux	Sérums positifs	Prévalence %	IC à 95 %	Khi-carré	P-value
Akou	72	72	100	62-83	9,454	0,150
Bokolo	53	41	77,35	66-89		
Goudali	152	104	68,42	60-75		
Holstein	5	5	100	100-100		
Mbororo	202	160	79,20	74-85		
Montbeliarde	16	13	81,25	60-103		
Simmental	3	3	100	100-100		
<b>Total</b>	<b>503</b>	<b>398</b>	<b>79,12</b>			

**Tableau 5:** Séroprévalence de la FA dans les élevages bovins laitiers par classe d'âge des animaux.

Âge	Nombre	Prévalence %	IC à 95 %	Khi-carré	P-value
]0-4]	299	76,84	72-82	1,573	0,456
]5-9]	188	71,8	65-78		
]10-20]	16	73,33	48-99		
<b>Total</b>	<b>503</b>				

**Tableau 6 :** Séroprévalence de la FA dans les élevages bovins laitiers en fonction du système d'élevage.

Type d'élevage	Sérums testés	Sérums positifs	Séroprévalence %
Extensif	46	40	86,95
Semi-intensif	457	335	73,30
<b>Total</b>	<b>503</b>	<b>375</b>	

**Tableau 7:** Séroprévalence des sérotypes O et A du virus de la FA dans les élevages bovins laitiers des régions septentrionales du Cameroun.

Région	Nombre testé	Sérotype O %	Sérotype A %	IC à 95 %	P-value
Adamaoua	122	97	80	90-103 (65-95)	0,008*
Nord	121	100	77	100-100 (61-93)	
Extrême-Nord	132	80	70	65-95 (53-87)	
<b>Total</b>	<b>375</b>	<b>92,33</b>	<b>75,66</b>	<b>85-99 (59-91)</b>	

IC = Intervalle de Confiance \* = P < 0,05

**Tableau 8 :** Répartition des pertes financières globales dues à la FA dans les élevages bovins laitiers des régions septentrionales du Cameroun.

Région	Élevages	Lait (FCFA)	Mortalité (FCFA)	Traitement (FCFA)	Pertes totales (FCFA)	Taux de mortalité (%)	P-value
Adamaoua	35	401 813,5 ± 52 336,4	970 000 ± 505 267,2	341 000 ± 15 381,4	1 712 813,5 ± 503 723,6	2,2± 1,1	<b>0,043</b>
Nord	31	336 395 ± 22 984,7	596 451,6 ± 61 683,4	54 838,7 ± 23 259,2	987 685,3 ± 70 069,5		
Extrême-Nord	34	625 044,1 ± 55 472,2	575 294,1 ± 62 912,4	81 617,6 ± 28 066,5	1 281 955,8 ± 88 213,5		
<b>Pertes financières totales</b>	<b>100</b>	<b>457 432,1</b> <b>± 296 801,8</b>	<b>720 000</b> <b>± 178 419,3</b>	<b>164 100</b> <b>± 18 436,8</b>	<b>1 341532,1</b> <b>± 180926,7</b>		

**Tableau 9:** Répartition des pertes financières dues à la FA dans les élevages bovins laitiers en fonction des systèmes d'élevage.

Catégorie	Système d'élevage	Région	N élevages	Moy ± Écart-type
Pertes financières lait	Semi-intensif	Adamaoua	33	414 499,1 ± 54 727
		Nord	29	329 941,2 ± 24 008,2
		Extrême-Nord	29	606 137,9 ± 61 813,6
	<b>Total</b>		<b>91</b>	<b>448 623,8 ± 31 057,5</b>
	Extensif	Adamaoua	2	192 500 ± 43750
		Nord	2	429 975 ± 47775
Extrême-Nord		5	734 700 ± 118216,4	
<b>Total</b>		<b>9</b>	<b>546 494,4 ± 101 569,6</b>	
Pertes financières mortalités	Semi-intensif	Adamaoua	33	1 028 787,8 ± 534602,9
		Nord	29	605 862 ± 64640,9
		Extrême-Nord	29	595 862 ± 69690,5
	<b>Total</b>		<b>91</b>	<b>756 043,9 ± 195490,9</b>
	Extensif	Adamaoua	2	00 ± 00
		Nord	2	460 000 ± 230000
Extrême-Nord		5	456 000 ± 143826,2	
<b>Total</b>		<b>9</b>	<b>355 555,5 ± 108309,1</b>	
Pertes financières traitement	Semi-intensif	Adamaoua	33	338 030,3 ± 16173,9
		Nord	29	58 620,6 ± 24732,4
		Extrême-Nord	29	95 689,6 ± 32254,8
	<b>Total</b>		<b>91</b>	<b>171 758,2 ± 19358</b>
	Extensif	Adamaoua	2	390 000 ± 10000
		Nord	2	00 ± 00
Extrême-Nord		5	00 ± 00	
<b>Total</b>		<b>9</b>	<b>86 666,6 ± 57348,8</b>	
Pertes financières Totales	Semi-intensif	Adamaoua	33	1 781 317,3 ± 532 322
		Nord	29	994 423,9 ± 74 271,7
		Extrême-Nord	29	1 297 689,6 ± 98 475,1
	<b>Total</b>		<b>91</b>	<b>1376426± 198 101,6</b>
	Extensif	Adamaoua	2	582 500 ± 33 750
		Nord	2	889 975 ± 182 225
Extrême-Nord		5	1 190 700 ± 200 986,9	
<b>Total</b>		<b>9</b>	<b>988 716,6 ± 140 935,1</b>	

**Tableau 10** : Répartition des pertes financières dues à la FA dans les élevages bovins laitiers en fonction des départements.

Départements	Elevages	Pertes lait (FCFA)	Pertes mortalité (FCFA)	Pertes traitement (FCFA)	Pertes totales (FCFA)
Vina	11	297 383,8 ± 95 727,6	1840909 ± 1617473	295 909 ± 44837,1	2434202 <sup>a</sup> ± 1 617 736,8
Mbéré	9	391 766,6 ± 45 063,1	388 888,8 ± 138888,8	351 666,6 ± 13693	1 132 322,2 <sup>b</sup> ± 136 954,4
Mayo-Banyo	7	352 600 ± 83 631,2	628 571,4 ± 187355,3	370 000 ± 16183,4	1 351 171,4 <sup>b</sup> ± 221 183,5
Djerem	8	599 768,7 ± 155 852,4	725 000 ± 92098,5	365 625 ± 5 625	1 690 393,7 <sup>c</sup> ± 132 817,0
Bénoué	12	347 575 ± 42 237,3	750 000 ± 130558,2	22 500 ± 22 500	1 120 075 <sup>b</sup> ± 141 314,6
Mayo-Louti	10	357 945 ± 29 229,2	506 000 ± 82572,5	66 500 ± 45460,9	930 445 <sup>a</sup> ± 92 254,1
Mayo-Rey	9	297 543,8 ± 47 024,2	492 222,2 ± 54308,2	85 000 ± 56297,8	874 766,1 <sup>a</sup> ± 105818
Diamaré	13	761 365,3 ± 105 191,1	581 538,4 ± 107332,7	117 307,6 ± 51199,1	1 460 211,5 <sup>b</sup> ± 100 779,5
Mayo-Kani	11	453 022,7 ± 67 470,5	545 454,5 ± 105626,8	77 272,73 ± 51945,6	1 075 750 <sup>b</sup> ± 172 549,9
Mayo-Danay	10	637 050 ± 85 448,6	600 000 ± 124721,9	40 000 ± 40 000	1 277 050 <sup>b</sup> ± 182 283,1
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>457 432,1</b> <b>± 296 801,8</b>	<b>720 000</b> <b>± 178 419,3</b>	<b>164 100</b> <b>± 18 436,8</b>	<b>1 341 532,1</b> <b>± 180 926,7</b>

## DISCUSSION

L'étude a été menée pour déterminer la séroprévalence de la FA dans les élevages bovins laitiers et à évaluer son impact économique dans trois régions du Cameroun (Adamaoua, Nord et Extrême-Nord). Au total, 503 sérums de bovins ont été collectés et analysés au Laboratoire National Vétérinaire (LANAVET) de Garoua au Cameroun. Trois

cent soixante-quinze (375) animaux étaient porteurs d'anticorps dirigés contre le virus de la FA, soit une séroprévalence globale de 74,55%. Ce résultat est supérieur à celui obtenu lors la même étude par Mebanga et Beloko (2020) au marché à bétail de Garoua-Boulai au Cameroun (9,44%) et inférieur aux résultats obtenus par Modjo (2015) dans la région du Nord-Cameroun (82,13%) et Amba (2016)

dans l'Adamaoua au Cameroun (87,50%). Par ailleurs, ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Ludi et al. (2014) à l'Extrême-Nord du Cameroun (75%). Ce résultat indique que la maladie a été davantage signalée dans les régions où la densité du cheptel bovin est élevée. Les mouvements incontrôlés d'animaux dans ces zones peuvent être la cause principale de la propagation rapide de la FA. Ce résultat confirme le caractère endémique de cette affection tel qu'énoncé par Bronsvoort et al. (2004). Une endémicité qui pourrait se justifier également par l'extrême contagiosité de la FA (Toma et al., 2018), la pratique courante du pâturage et de l'abreuvement collectifs dans les zones d'étude, l'absence de prophylaxie médicale et sanitaire (non vaccination des animaux), la porosité des frontières (libre circulation des animaux). La durée du portage asymptomatique est aussi l'un des facteurs déterminant la persistance du virus, la multitude antigénique et l'absence d'une immunité croisée entre les sérotypes.

L'âge des bovins a eu une influence sur la séroprévalence de la FA. En effet, les jeunes animaux étaient significativement ( $p < 0,05$ ) plus atteints que les adultes. Ce résultat concorde avec celui de Miguel et al. (2013) sur la transmission de la FA bovine en Afrique. Ceci peut s'expliquer par le fait que les jeunes sont plus sensibles à la maladie et la mortalité est plus élevée par rapport aux adultes. Les zébus adultes, du fait de la pression des sélections ancestrales, ne peuvent montrer que des manifestations sous-cliniques ou douces (UA-BIRA, 2014).

Il n'y a pas eu de différence significative ( $p > 0,05$ ) entre le sexe des animaux.

La morbidité chez les races locales était insignifiante (une vache dans tout le troupeau) par rapport à celle observée chez les races exotiques (100%). Ces mêmes constats ont été faits par Sulayerman et al. (2018) en Ethiopie. Selon Holveck (2002), les races améliorées sont atteintes plus sévèrement que les races locales. Cela pourrait être attribuée à la variation génétique entre les races d'animaux

(Sahle et al., 2007 ; Wubshet et al., 2019 ; OIE, 2021).

Le taux de mortalité de 2,2% obtenu dans l'étude confirme la connaissance commune selon laquelle la FA se caractérise par une faible mortalité chez les animaux adultes (OIE, 2018). Le système d'élevage a eu une influence sur la séroprévalence de la FA. Les bovins élevés dans le système extensif avaient une séroprévalence significativement ( $p < 0,05$ ) plus élevée (86,95%) par rapport à ceux élevés dans le système intensif (73,30%). Cette observation est semblable à celles faites par Ishola et al. (2011) au Nigéria et Kuate (2016) au Cameroun. Dans le système d'élevage extensif ou le nomadisme, les animaux sont amenés à parcourir de grandes distances à la recherche d'eau et des pâturages, ce qui sans doute entraîne de nombreux contacts avec d'autres troupeaux, et même avec la faune sauvage (Kuate, 2016).

Dans le système d'élevage semi-intensif, la contagion des animaux est assurée par un Les sérotypes O et A du virus de la FA ont été mis en évidence dans cette étude. Ceci est contraire aux 4 sérotypes (O, A, SAT1, SAT2) trouvé par le LANAVET (2016) lors de l'épidémie de la FA à Ngoundéré au Cameroun. Cela est également contraire aux 5 sérotypes (O, A, SAT1, SAT2, SAT3) signalés en circulation dans la région de l'Extrême-Nord du Cameroun (Ludi et al., 2014). Le sérotype O du virus de la FA mis en évidence dans 92,33% des échantillons positifs, traduit une circulation à grande échelle de ce sérotype dans les élevages bovins laitiers des régions septentrionales du Cameroun. La présence du sérotype O dans les populations d'animaux infectés serait due à son caractère cosmopolite. Le sérotype A a été également détecté. Par conséquent, les résultats sérologiques ainsi que la distribution géographique de la FA confirment le caractère enzootique de la maladie dans l'ensemble de la zone d'étude. La présence de ces sérotypes pourrait être due à la libre circulation transfrontalière des animaux à la recherche des pâturages et des points d'eau, au commerce (illégal) de bétail entre le Cameroun et les pays voisins tels que le Tchad,

la République centrafricaine, le Nigéria et la Soudan. En effet, ces sérotypes circulants (O et A) ont été identifiés et n'ont pas encore été éradiqués dans ces pays voisins (Couacy-Hymann et al., 2006 ; Habiela et al., 2016 ; Bertram et al., 2018 ; Kouato et al., 2018). De plus, lorsqu'aucune mesure de lutte n'est appliquée, les maladies hautement contagieuses comme la FA ont tendance à se propager avec des cycles épizootiques réguliers liés à l'augmentation de la population sensible au fil du temps (Thrusfield et Christley, 2018).

La région de l'Extrême-Nord a enregistré la séroprévalence la plus élevée (77,64%). Ceci s'explique par le fait qu'en plus d'avoir des pistes de transhumance du bétail et du transit incontrôlé vers les pays voisins ou vice-versa, elle possède la majorité des points de séjours temporaires du bétail en transit (Ziébé, 2014). De plus, cette région constitue un carrefour des voies de transhumance et d'acheminement du bétail pour le commerce international entre le Tchad, le Nigéria, le Niger et le Cameroun (Ludi et al., 2014). Le département du Mayo-Louti a totalisé la séroprévalence la plus élevée (80,76%). Ceci s'explique par le fait qu'il reçoit pendant les périodes de transhumance du bétail venant du Nigéria à la recherche des zones de pâture (Ziébé, 2014). Les animaux se déplacent en masse dans ces localités et constituent des réservoirs du virus de la FA car la maladie est endémique au Nigéria (Couacy-Hymann et al., 2006).

Les pertes économiques les plus importantes dues aux foyers de FA concernaient la baisse de la production laitière. Elles étaient en moyenne de 448 623,819 FCFA dans le système semi-intensif et de 546 494,444 FCFA dans le système extensif. Les pertes les plus importantes au niveau des animaux étaient donc dues aux pertes de lait car même après la guérison clinique des vaches, le rendement laitier connaît une baisse allant jusqu'à 30% deux mois après l'infection (Ferrari, 2013). Les pertes liées à la mortalité et celles liées aux coûts du traitement étaient relativement faibles. Bien que la FA ne soit pas une maladie mortelle, son impact économique

est réel et non négligeable (Bachir et al., 2018).

## Conclusion

Au terme de cette étude qui avait pour but de déterminer la séroprévalence, les facteurs de risque de transmission de la FA qui expliquent son endémicité et son impact économique considérable dans les régions de l'Adamaoua, du Nord et de l'Extrême-Nord du Cameroun, il en ressort que la FA est considérée comme une maladie animale moins prioritaire au Cameroun, parce qu'elle est moins fatale chez les animaux domestiques de race locale qui sont rustiques. Les pertes dues à cette maladie chez les animaux étaient considérées moins graves, et par conséquent, toute l'attention était accordée à la lutte contre d'autres épizooties plus graves telles que la peste bovine et la trypanosomiase. L'impact économique de la FA est réel et non négligeable, bien qu'elle ne soit pas une maladie mortelle. Les principaux facteurs de risque de propagation de la maladie étaient : le non-respect de bonnes pratiques d'élevage (biosécurité), la transhumance des ruminants domestiques (à la recherche des pâturages et des points d'eau), les marchés à bétail, les zones de pâture et les points d'eau, la porosité des frontières, l'insécurité, les importations / exportations des animaux sur pied, la faible collaboration entre les pays voisins. Il serait judicieux de procéder à des prélèvements dans les lieux d'infection primaire pour déterminer dans une phase précoce les souches qui y circulent et mettre en place un système de surveillance pour suivre l'évolution de la maladie et fournir des données destinées aux analyses de risque visant à protéger la santé animale ou la santé publique.

## CONFLITS D'INTERETS

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts.

## CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Tous les auteurs ont contribué à la prise en charge des matériels et supports didactiques, techniques et à la rédaction du manuscrit. Tous

les auteurs ont lu et approuvé la version finale du manuscrit.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'ensemble des autorités vétérinaires impliquées dans cette étude. Les auteurs manifestent également leur gratitude à l'égard des éleveurs, des paysans et des techniciens d'élevages dont la collaboration a été indispensable pour la réussite d'une telle étude. Enfin, les auteurs remercient particulièrement les responsables du LANAVET pour leur contribution à la réalisation des analyses de laboratoire et leur accompagnement.

## REFERENCES

- Amba A. 2016. Effets de l'interaction bovins vaccinés – bovins non vaccinés lors de la Vaccination contre la fièvre aphteuse. Thèse Méd. Vét. ESMV, Université de Ngaoundéré – Cameroun, 110p.
- Bachir S, Kouato, Kris De Clercq, Abatih E. 2018. Review of epidemiological risk models for foot-and-mouth disease: Implications for prevention strategies with a focus on Africa. *PLoS ONE*, **13**(2): 208-296. DOI: <https://doi.org/journal.pone.0208296>
- Bertram MR, Delgado, Steven J. 2018. Effects of vaccination on cattle subclinically infected with foot-and-mouth Disease virus in Cameroon. *Preventive Veterinary Medicine* **155**: 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.04.003>.
- Bronsvort BM, Paeida S, Handel I. 2004. Molecular epidemiology of foot-and-mouth disease virus in the Adamawa province of Cameroon. *J. Clin. Microbiol.* **42**(5): 186-2196. DOI: <https://doi.org/10.1128/JCM.42.5.2186-2196.2004>.
- Couacy-Hymann E, Aplogan G, Sangaré O. 2006. Etude rétrospective de la fièvre aphteuse en Afrique de l'Ouest de 1970 à 2003. *Rev. Sci. Tech. Off Int. Epizoot.* **25**(3) : 1013-1024.
- Domenech I. 2011. Mise en œuvre d'une stratégie mondiale pour le contrôle de la fièvre Aphteuse. In : 79<sup>ème</sup> session générale de l'Assemblée mondiale de l'Organisation Mondiale de la Santé animale, paris, 22-27 mai 2011, 11.
- Ferrari. 2013. Foot-and-mouth disease and its effects on milk yield an economic Analysis on livestock in Pakistan. *Transbound. Emerg. Dis.*, **60**(1): 100-107. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.12072>.
- Habiela M, Alamin MA, Raoul A. 2016. Sero-epidemiology of foot-and-mouth disease in Darfur area, Western Sudan. *Report and Opinion*, **8**(12). DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs.320984/v1>
- Holveck T. 2002. La fièvre aphteuse. PhD Thesis. Université Henri Pointcaré-Nancy 1, 2002, 58, 115p.
- Ishola O, Wungala YS, Olugasa BO, Ekong PS. 2011. Serological survey of foot-and-mouth disease in cattle in Jos south local government area of Plateau state. *Jour. Vet. Sci.*, **8**: 16-21.
- Kouato B, Souley, Elliot FM, Thys E. 2018. Outbreak investigations and molecular characterization of foot- and-mouth disease virus circulating in South-West Niger. *Transboundary and Emerging Disease*, **65**(1): 146-157. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.12642>.
- Kuate W. 2016. Prévalence et facteurs de risque signalés par les éleveurs de la fièvre Aphteuse chez les bovins dans les départements de la Vina, du Diamaré et du Logone et Chari au Cameroun. Thèse Méd. Vét. ESMV, Université de Ngaoundéré – Cameroun, 156p.
- Ludi, Ama, Zaheer A, Pomeroy LW. 2016. Serotype diversity of foot-and-mouth disease virus in livestock without History of vaccination in the Far North region of Cameroon. *Transboundary and Emerging Disease*, **63**(1): 27-38. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.12227>.
- Mebanga SA, Beloko S. 2020. Prévalence et facteurs de risque de la fièvre aphteuse

- dans le Marché à bétail de Garoua-Boulai et dans la zone de transhumance du Lom et Djerem à l'Est du Cameroun. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **14**(8): 2799-2806. DOI: <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i8.12>.
- Miguel EV, Grosbois A, Carou T. 2013. Contacts and foot-and-mouth disease transmission from wild to Domestic bovines in Africa. *Ecosphere*, **4**(1): 51-59 DOI: <https://doi.org/10.1890/ES.12-00239-1>.
- Modjo. 2015. Prévalence et facteurs de risque de la fièvre aphteuse dans la région du Nord-Cameroun. Thèse Méd. Vét., Université des Montagnes, Baganté-Cameroun, 84p.
- OIE. 2018. *Manuel des Tests de Diagnostic et des Vaccins pour les Animaux Terrestres* (vol. 1-3, 8è éd'n). Office International des Epizooties : Paris-France ; 856 p.
- OIE. 2021. Foot-and-mouth disease, In: *Manual of diagnostic tests and vaccines for Terrestrial animals (mammals, birds and bees)* (29è Edn, vol. I α II). Office International des Epizooties: Paris-France; 700 p.
- Sahle, Rahana M, Dwarka, Estelle H. 2007. Comparison of SAT1 foot-and-mouth disease virus isolates obtained from East Africa between 1971 and 2000 with viruses from the rest of sub-Saharan Africa. *Archives of Virology*, **152**(4): 797-804. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00705-006-0893-x>.
- Sulayerman M, Foufa D, Bedasso M. 2018. Isolation, molecular characterization and Ethiopia. *BMC Veterinary Research*, **14**(1): 110. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1429-9>.
- Thrusfield M, Christley R. 2018. Veterinary epidemiology II. *Economic and Veterinary Epidemiology Library*, **96**. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118280249.ch25>.
- Toma B, Dufour R, Rivière J. 2018. La fièvre aphteuse. Polycopié des unités de maladies contagieuses des Ecoles vétérinaires françaises. Merial (Lyon), 110p.
- UA-BIRA. 2014. Méthodes et Procédures Standard (MPS) pour le contrôle de la fièvre Aphteuse dans la Grande Corne de l'Afrique. *UA-BIRA*, Naïrobi, 38p.
- Wubshet AK, Junfei D, Qian L, Zhang J. 2019. Review on outbreak dynamics, the endemic serotypes and Diversified topotypic profiles of foot-and-mouth disease virus isolates in Ethiopia from 2008 to 2018. *Viruses*, **11**(11): 1076. DOI: <https://doi.org/10.3390/v11111076>.