

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire



Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences vétérinaires

Mémoire de Master

Pour l'obtention du diplôme de Master

THEME

Evolution de la fièvre aphteuse dans le temps et l'espace

Présenté par :

Mr. Boussaha Mokhles

Soutenu publiquement, le 25 juin 2023. Devant le jury :

Mr. KHELEF

Professeur (ENSV)

Président

Mme. MIMOUNE

MCA (ENSV)

Examinatrice

Mme. BAAZIZI

MCA (ENSV)

Promotrice

Déclaration sur l'honneur

Je soussigné Mr Boussaha Mokhles, déclare être pleinement conscient que le plagiat de documents ou d'une partie de document publiés sous toute forme de support, y compris l'internet constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée, En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Signature :

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Boussaha'. The signature is stylized with a large 'B' and a long horizontal stroke at the bottom.

Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu, Dieu le Miséricordieux qui m'a accordé l'achèvement de ce travail.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de cette thèse et qui m'ont apporté leur soutien et leur encouragement tout au long de ce parcours.

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma gratitude envers mon directeur de thèse, Dr BAAZIZI, pour sa guidance précieuse, son expertise et ses conseils avisés. Sa disponibilité et son engagement ont été d'une importance capitale dans l'accomplissement de ce travail de recherche.

Mes vifs remerciements vont également aux membres de jury, Pr KHELEF, Dr MIMOUNE pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail en acceptant de l'examiner et de l'enrichir par leurs propositions.

Je n'oublie pas de mentionner ma famille et mes amis qui ont été d'un soutien indéfectible tout au long de ce parcours. Leur amour, leurs encouragements et leurs encouragements ont été une source d'inspiration et de motivation constants.

Dédicaces

C'est avec profonde gratitude et sincères mots, que je dédie ce modeste travail de fin d'étude à mes chers parents, qui ont sacrifié leur vie pour me voir réussir la mienne et qui m'ont éclairé le chemin par leurs conseils judicieux. J'espère qu'un jour je pourrai leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi, qu'Allah leur prête bonheur et longue vie.

Je le dédie également à ma soeur et à mes chers frères.

À mes amis, surtout à l'équipe : Aymen molissa , Bouarfa sahbii, Rafik sausage , zahir tate , oualid RH , amar doublehead , Houdaifa chelaha , bilal bradj ,Raouf Haryouch , Badrou Richti , Rafik Lbeji ,Khaled chikh, Hamidi kaaba wahda , gholem nes jijel, Abdelghani lmkestem ,

Et spécialement pour celle sans qui je ne serais pas ici, surtout grâce à ses compétences phénoménales dans "word ", celle qui adore les gâteaux au chocolat mais étonnamment n'aime pas le chocolat, l'unique et l'incomparable Roumy.

Liste des figures

Figure 1: Répartition mondiale des sérotypes du virus de la fièvre aphteuse.....	3
Figure 2 : Foyers de fièvre aphteuse détectés en Algérie et en Tunisie depuis le 01/01/2022 ..	5
Figure 3 : Foyer de fièvre aphteuse déclaré le 10/01/2019 au Maroc	6
Figure 4 : Répartition des pools 3 à 6 des virus de la fièvre aphteuse.....	6
Figure 5 : Circulation du virus de fièvre aphteuse O/EA-3 en Afrique entre 1986 et 2019	7
Figure 6 : Étapes de l'Approche progressive de la lutte contre la fièvre aphteuse	11
Figure 7: La propagation de la fièvre aphteuse dans le monde.	19
Figure 8: Distribution des génotypes du virus de la fièvre aphteuse en Afrique.	20
Figure 9: Carte du statut des membres de l'OMSA vis-à-vis de la FA	20
Figure 10: distribution des génotypes du virus de la fièvre aphteuse en Asie.	22
Figure 11: Carte de statut des membres de l'OMSA vis-à-vis la FA	22

Sommaire

Résumé	
Introduction.....	1
I. PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	
1. Situation actuelle de la fièvre aphteuse en Afrique et au Maghreb :	1
A. Répartition géographique de la maladie dans la région :	3
B. Statistiques et données épidémiologiques récentes :	4
C. Facteurs de risque spécifiques à l'Afrique et au Maghreb :	6
2. Vaccins utilisés contre la fièvre aphteuse :	8
A. Présentation des principaux vaccins disponibles :	8
3. Stratégies de lutte contre la fièvre aphteuse :	9
A. A l'échelle internationale :	9
B. A l'échelle régional :	11
4. Facteurs contribuant à la persistance de la maladie :	13
5. Conclusion :	14
II. Partie expérimentale	166
1. Introduction.....	17
2. La situation épidémiologique de la maladie en Afrique.....	19
3. La situation épidémiologique de la maladie en Asie	21
4. Situation dans le reste du monde	23
III. Références bibliographique	

Résumé

Dans cette thèse, nous parlerons de l'épidémiologie de la fièvre aphteuse, de sa répartition dans notre pays, des types de vaccins actuellement utilisés, des efforts déployés par les autorités pour éradiquer la maladie et des raisons pour lesquelles elle persiste malgré ces efforts .Et dans la partie expérimentale, nous parlerons de la distribution moléculaire de la fièvre aphteuse et de la situation actuelle dans le monde.

Mots clés : fièvre aphteuse, aphtovirus, sérotype, vésicule

Abstract

In this thesis, we will discuss the epidemiology of foot-and-mouth disease, its distribution in our country, the types of vaccines currently used, the efforts made by authorities to eradicate the disease, and the reasons why it persists despite these efforts. In the experimental section, we will talk about the molecular distribution of foot-and-mouth disease and the current situation worldwide.

Key words: foot and mouth disease, aphtovirus, serotype, vesicle

ملخص

في هذه الأطروحة، سنناقش مباحث علم الوبائيات لمرض الحمى القلاعية، توزيعه في بلدنا، أنواع اللقاحات المستخدمة حاليًا، والجهود التي تبذلها السلطات للقضاء على المرض، والأسباب التي تجعله مستمرًا على الرغم من هذه الجهود. في الجزء التجريبي، سنتحدث عن التوزيع الجزيئي لمرض الحمى القلاعية والوضع الحالي في جميع أنحاء العالم.
الكلمات الرئيسية: الحمى القلاعية ; فيروس الحمى ; نوع سلالي ; حويصلة

Introduction :

La fièvre aphteuse (FA) est une maladie virale très contagieuse qui préoccupe depuis longtemps les autorités sanitaires de nombreux pays d'Afrique. Elle affecte principalement les ruminants et les porcs, se caractérisant par l'apparition d'éruptions vésiculeuses sur les muqueuses et la peau. Cette maladie représente une menace sérieuse, entraînant d'importantes pertes économiques pour les pays qui dépendent de l'élevage comme source de revenus.

Le contrôle de la fièvre aphteuse implique la mise en œuvre de mécanismes et de méthodes efficaces visant à réduire progressivement l'apparition, la propagation et la circulation virale de la maladie, jusqu'à son élimination complète. Étant donné la transmission transfrontalière de la fièvre aphteuse par divers mécanismes et facteurs de dissémination, ainsi que son impact économique considérable sur les pays développés et en développement, et son inclusion dans la liste A des maladies à déclaration obligatoire de l'OMSA, il est impératif que les pays prennent des mesures prophylactiques basées sur des approches sanitaires et médicales. Ces mesures conjointes peuvent conduire au contrôle de la fièvre aphteuse, qui est mis en œuvre à quatre niveaux distincts.

I. PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Situation actuelle de la fièvre aphteuse en Afrique et au Maghreb :

A. Répartition géographique de la maladie dans la région :

La fièvre aphteuse présente une large répartition dans le monde, avec une distribution variable dans l'espace et dans le temps. En ce qui concerne l'Afrique et le Maghreb, on observe la présence de cinq des sept sérotypes de la fièvre aphteuse, à savoir les sérotypes O, A, SAT 1, SAT 2 et SAT 3.

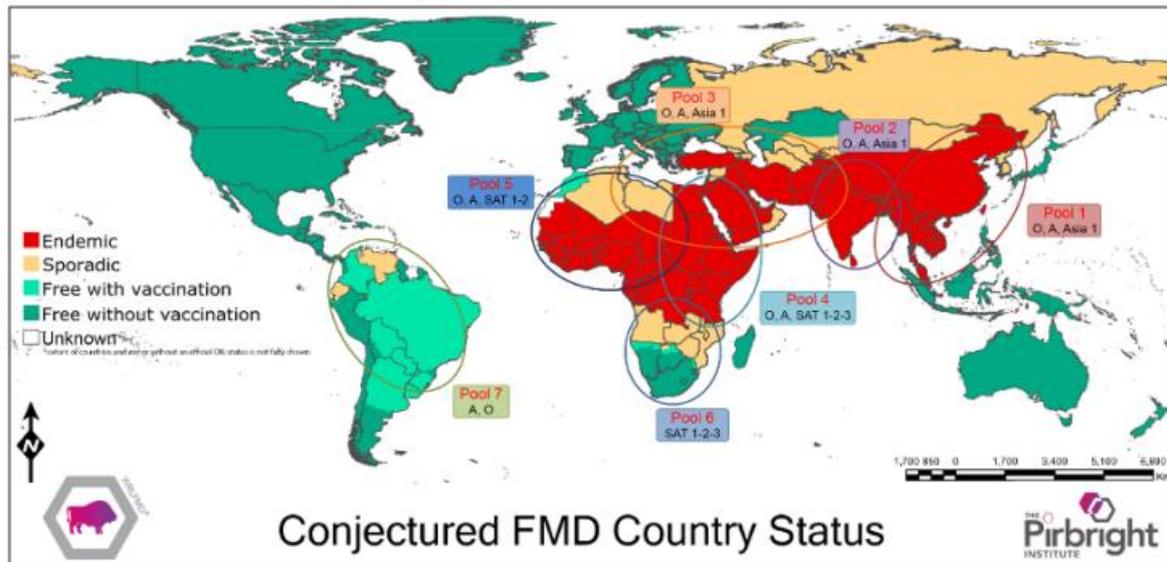


Figure 1: Répartition mondiale des sérotypes du virus de la fièvre aphteuse. (WRL-FMD 2016)

Ces sérotypes sont enzootiques dans la plupart des pays d'Afrique, ce qui signifie qu'ils sont présents de manière endémique. Le sérotype O est le plus répandu dans le monde et présente une distribution étendue en Afrique, en Asie et en Amérique du Sud.

Il existe des souches spécifiques, telles que la souche PanAsia, qui s'est propagée dans différentes régions d'Asie, d'Europe et d'Afrique du Sud. Le sérotype O comprend également des lignées spécifiques, comme Ind-2001d, qui ont récemment provoqué des foyers au Moyen-Orient et en Afrique du Nord. (Holveck, 2002).

Le sérotype A est également largement répandu en Afrique, en Asie et en Amérique du Sud. Il a été signalé en Grèce à deux reprises, en 1984 et en 2000, et des disséminations périodiques ont été observées dans le Moyen-Orient et dans certaines anciennes républiques soviétiques. Quant aux sérotypes SAT (SAT 1, SAT 2 et SAT 3), ils sont principalement limités à l'Afrique

subsaharienne. Cependant, des foyers dus aux virus SAT1 ont été enregistrés en Grèce en 1962, et des foyers dus au sérotype SAT2 ont été signalés au Moyen-Orient, en Égypte et en Libye. Il convient de noter que bien que la fièvre aphteuse puisse apparaître sporadiquement dans des zones généralement indemnes, elle reste enzootique dans de nombreux pays d'Afrique, du Moyen-Orient et dans certaines régions d'Asie. (Arada Izzedine ABDEL-AZIZ - 2018)

B. Statistiques et données épidémiologiques récentes :

Le 28/04/2022, l'Algérie a notifié à l'OMSA la présence de trois foyers de fièvre aphteuse dans le nord-est du pays. Le premier foyer a été détecté le 28/03/2022 dans un élevage de bovins où certains animaux ont montré des signes cliniques de la maladie. Il a été confirmé positif au sérotype O de la fièvre aphteuse par RT-PCR le 29/03/2022. Le deuxième foyer a été détecté le 29/03/2022 à 50 km du premier et confirmé par sérologie. Le troisième foyer a été détecté le 17/04/2022 dans une exploitation distante de 200 km et confirmé par RT-PCR. Bien que des ovins et des caprins soient également présents sur les exploitations, seuls les bovins ont présenté des signes cliniques et ont été testés. La caractérisation phylogénétique des souches responsables n'est pas encore disponible. La dernière apparition de la fièvre aphteuse en Algérie remonte au 20/06/2019, où plus de 300 foyers du sérotype O avaient été recensés. À cette époque, l'Algérie n'avait pas le statut officiellement indemne de la maladie.

En Tunisie, six foyers de sérotype O ont été détectés à partir du 04/01/2022, trois mois avant l'apparition des foyers en Algérie. La maladie était absente du territoire tunisien depuis mars 2019. Les analyses phylogénétiques des souches tunisiennes ont montré des similarités avec des souches nigérianes identifiées en 2021 et avec la souche O/EA-3 qui avait circulé au Maghreb en 2018-2019, suggérant une nouvelle introduction de la fièvre aphteuse en provenance d'Afrique subsaharienne. (Plateforme ESA, 2023)

En Libye, onze foyers de fièvre aphteuse du sérotype A ont été détectés entre février et novembre 2020 chez des ovins et des caprins, et trois foyers du sérotype O ont été détectés en juin 2021 chez des bovins. Les analyses phylogénétiques réalisées sur les virus détectés en Afrique entre 1986 et 2019 ont révélé de multiples introductions de souches O/EA-3 en Afrique subsaharienne, ainsi qu'au Maghreb en 2018-2019, ce qui peut être lié à une connectivité croissante entre les pays du nord et du sud du Sahara. La construction d'une nouvelle route

transsaharienne reliant Lagos au Nigeria à Alger en Algérie, avec des connexions vers Tunis en Tunisie, est en cours d'achèvement, ce qui pourrait faciliter la propagation de la maladie.



Figure 2 : Foyers de fièvre aphteuse détectés en Algérie et en Tunisie depuis le 01/01/2022 (Plateforme ESA)

Selon l'Office national de sécurité sanitaire des produits alimentaires du Maroc (Onssa), le service vétérinaire provincial de Fquih Ben Saleh a pris des mesures de lutte conformément à la réglementation en vigueur afin de prévenir la propagation de la maladie dans l'exploitation infectée. Ces mesures comprennent l'abattage et la destruction de tous les bovins et ovins de l'exploitation, le nettoyage et la désinfection de l'exploitation, le respect des mesures de biosécurité et la vaccination de tous les bovins autour du foyer, sans préciser les sérotypes visés. De plus, des lieux de rassemblement des bovins et des ovins dans le périmètre de l'exploitation concernée ont été temporairement fermés. Une enquête épidémiologique des exploitations de la zone touchée a été lancée, et la surveillance sanitaire des exploitations au niveau national a été renforcée, selon les informations fournies par l'Onssa. (Plateforme ESA)



Figure 3 : Foyer de fièvre aphteuse déclaré le 10/01/2019 au Maroc
Source : Plateforme ESA

Parmi les pays qui ont signalé un nombre élevé de cas de fièvre aphteuse ces dernières années, on peut citer le Bénin, le Burkina Faso, l'Éthiopie, la Tanzanie et la Zambie. Ces pays ont été confrontés à des foyers récurrents de la maladie, principalement dans les régions où l'élevage est une activité importante.

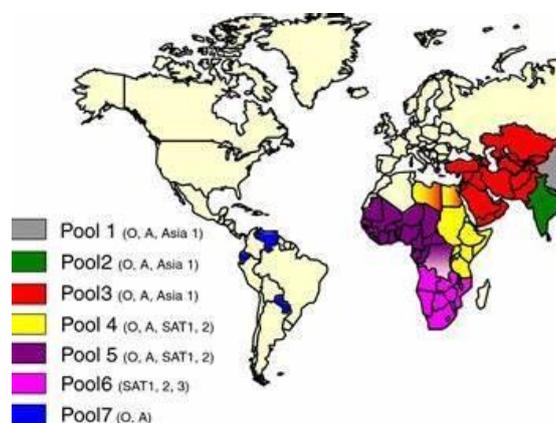


Figure 4 : Répartition des pools 3 à 6 des virus de la fièvre aphteuse. (OMSA)

C. Facteurs de risque spécifiques à l'Afrique et au Maghreb :

L'animal domestique est le principal vecteur de diffusion de la fièvre aphteuse, que ce soit par des animaux infectés cliniquement ou subcliniquement, en raison des déplacements du bétail tels que la transhumance, le nomadisme et le commerce de bétail. Ce phénomène a été observé dans plusieurs pays d'Afrique, où la perméabilité des frontières favorise la propagation de la maladie d'un pays à l'autre. Dans certains pays, la majorité des cas de suspicion de fièvre

aphteuse surviennent à la suite de mouvements clandestins du bétail domestique près des frontières avec des pays voisins tels que le Soudan, le Cameroun et la République centrafricaine. La propagation de la maladie à l'intérieur du pays est largement assurée par les animaux lors de la transhumance. De plus, les retards dans la déclaration des cas de suspicion, qui sont fréquents, ainsi que l'ignorance des éleveurs concernant les mesures de lutte contre la maladie, sont quelques-uns des facteurs qui amplifient la diffusion de la maladie sur de longues distances.

Une étude réalisée en Afrique de l'Ouest et du Centre par Di Nardo et al. En 2015 a révélé des résultats sérologiques chez les buffles, montrant une séroprévalence de 56,6% pour le virus de la fièvre aphteuse. De plus, la caractérisation des sérotypes du virus a révélé la présence d'anticorps dirigés contre les six sérotypes testés (O, A, C, SAT1, SAT2, SAT3), avec une prévalence élevée des types O et SAT3 en Afrique centrale. Ces résultats suggèrent que le virus de la fièvre aphteuse circule chez les ruminants sauvages, en particulier les buffles, dans les régions de l'Afrique de l'Ouest et de l'Afrique centrale, et que plusieurs sérotypes du virus pourraient être impliqués. Les différences dans les sérotypes et les risques de propagation entre la faune et le bétail reflètent probablement les variations géographiques régionales, les schémas historiques de circulation et les différents systèmes commerciaux et d'élevage. (Fanos Tadesse Woldemariyam-2023)

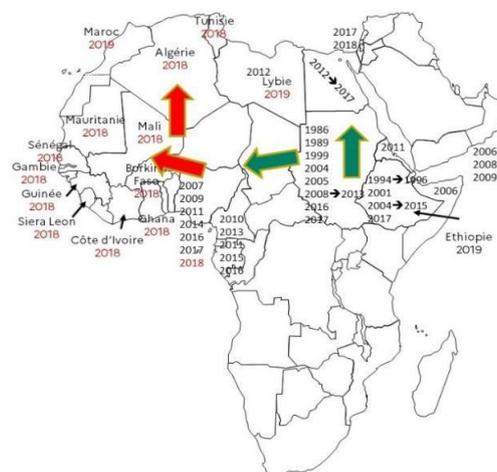


Figure 5 : Circulation du virus de fièvre aphteuse O/EA-3 en Afrique entre 1986 et 2019 (Plateforme ESA)

2. Vaccins utilisés contre la fièvre aphteuse :

A. Présentation des principaux vaccins disponibles :

La vaccination est considérée comme l'un des principaux moyens éprouvés pour gérer efficacement ou éliminer la fièvre aphteuse, à condition qu'elle soit correctement administrée et que la qualité et la composition du vaccin soient satisfaisants. Pour cette maladie, il existe des vaccins commercialisés, souvent trivalents, qui utilisent des virus inactivés. Ces vaccins sont actifs contre les souches O, A et SAT 2 du virus de la fièvre aphteuse.

Selon le type d'adjuvant utilisé, les vaccins peuvent être formulés sous forme aqueuse ou sous forme huileuse. Les vaccins aqueux sont préparés en les adsorbant sur de l'hydroxyde d'aluminium et en les adjuvant avec de la saponine. Ils sont couramment utilisés chez les bovins, les ovins, les caprins et les buffles, mais ils ne sont pas efficaces chez les porcs. Par contre, les vaccins à base d'huile sont utilisés chez toutes les espèces animales concernées. (Holveck 2002 ; Souley Kouato 2017)

La vaccination constitue donc une mesure importante pour contrôler la fièvre aphteuse, en réduisant l'incidence de la maladie chez les animaux et en limitant la propagation du virus. Il est crucial de respecter les protocoles de vaccination recommandés.

Efficacité des vaccins :

Le programme de vaccination recommandé comprend une primovaccination en deux doses pour assurer une protection de 6 mois, avec la première dose administrée à partir de l'âge de 4 mois. Chez les jeunes animaux, un premier rappel est recommandé 4 à 5 mois après la primovaccination. L'immunité humorale, qui est la réponse immunitaire basée sur les anticorps, devient détectable environ une semaine après la vaccination, atteint son niveau maximal après 3 à 4 semaines et peut durer entre 2 et 3 ans. Cependant, en général, l'immunité humorale devient très faible au bout d'un an. Par conséquent, des rappels annuels sont recommandés pour maintenir une protection adéquate contre la fièvre aphteuse. (Arada Izzedine Abdel Aziz 2020). Il est essentiel que les souches vaccinales utilisées dans le vaccin soient similaires sur le plan antigénique à celles impliquées dans les foyers de la maladie. Le vaccin doit contenir tous les sérotypes en circulation sur le terrain et induire une immunité protectrice contre chaque composant du vaccin. Dans une zone où la maladie est endémique, l'efficacité de la vaccination peut varier en fonction de facteurs tels que la durée de l'immunité naturelle et vaccinale (généralement 6 mois) ainsi que le taux de réintroduction de la maladie. L'objectif principal de

la vaccination contre la fièvre aphteuse dans une zone endémique est de réduire l'incidence globale de la maladie. La vaccination doit être mise en œuvre dans le cadre d'un programme de contrôle comprenant d'autres mesures zoosanitaires. (Ringa et Bauch 2014)

3. Stratégies de lutte contre la fièvre aphteuse :

A. A l'échelle internationale:

La stratégie mondiale de lutte contre la fièvre aphteuse est une approche globale visant à prévenir, contrôler et éliminer la maladie. Elle vise à réduire l'impact de la fièvre aphteuse sur la santé animale, le bien-être des animaux et le commerce international. La stratégie comprend plusieurs composantes clés, notamment la surveillance et la détection précoce des foyers, la vaccination des animaux, la mise en place de mesures de biosécurité rigoureuses, le contrôle des mouvements d'animaux, la réponse rapide aux épidémies et la sensibilisation du public. La coopération internationale est également essentielle pour assurer un contrôle efficace de la maladie, grâce à la collaboration entre les pays, le partage d'informations et de ressources, et la conformité aux normes internationales. La mise en œuvre de cette stratégie varie selon le contexte régional et national, en fonction des souches de virus présentes et des ressources disponibles. Un suivi et une adaptation continus sont nécessaires pour maintenir les progrès réalisés dans le contrôle et l'éradication de la maladie.

La mise en œuvre de la stratégie de lutte contre la fièvre aphteuse varie selon les pays et dépend de la situation épidémiologique de la maladie :

- Dans les pays où la maladie se manifeste de manière occasionnelle, les foyers sont généralement combattus par le biais d'une campagne de vaccination d'urgence, de mesures zoosanitaires rigoureuses et de l'abattage des troupeaux infectés.
- Dans les pays où la maladie est endémique, la vaccination est généralement ciblée sur les animaux de valeur tels que les vaches laitières et les buffles.

Dans certains cas, une vaccination en anneau peut être pratiquée lorsqu'un foyer de maladie est identifié. En complément de la vaccination, l'abattage sanitaire des animaux d'élevage sensibles peut également être utilisé.

Des mesures de contrôle et de surveillance strictes sont mises en place pour les importations et les déplacements transfrontaliers d'animaux afin de renforcer la protection des pays et des zones indemnes de fièvre aphteuse.

Des recommandations spécifiques pour le contrôle de la fièvre aphteuse dans le cadre des échanges commerciaux internationaux sont également incluses dans le Code terrestre de l'Organisation mondiale de la santé animale. Il est primordial que les éleveurs et les producteurs respectent des pratiques de biosécurité efficaces afin de prévenir l'introduction et la propagation du virus.

Les mesures recommandées au niveau des exploitations pour prévenir la fièvre aphteuse :

- Contrôle des interactions entre les personnes et les animaux d'élevage, ainsi que des matériels utilisés.
- Contrôle strict de l'introduction de nouveaux animaux dans les élevages existants.
- Respect des règles d'hygiène applicables aux enclos, aux bâtiments, aux véhicules et aux équipements.
- Surveillance régulière et signalement des cas de maladie.
- Utilisation de méthodes appropriées pour éliminer le fumier et les carcasses de manière sûre et efficace.

Les éléments de la riposte identifiés dans les plans d'urgence sanitaire en cas de foyers de fièvre aphteuse :

- Abattage de tous les animaux infectés, guéris et sensibles à la fièvre aphteuse, dans des conditions appropriées.
- Élimination correcte des animaux morts et de tous les produits d'origine animale. Surveillance et traçabilité des animaux d'élevage potentiellement infectés ou exposés.
- Mise en place de mesures strictes de quarantaine et de contrôle des déplacements des animaux d'élevage, des équipements et des véhicules.
- Désinfection rigoureuse des bâtiments et de tout le matériel contaminé, y compris les instruments, les véhicules, les vêtements, etc.

Le recours à la vaccination dans la lutte contre la fièvre aphteuse :

Selon la situation virale, les stratégies de vaccination peuvent adopter une approche de couverture vaccinale massive ou cibler des sous-populations animales ou des zones spécifiques afin de limiter l'impact de la maladie. Les programmes de vaccination destinés à une population cible doivent respecter plusieurs critères essentiels, notamment :

- Atteindre une couverture vaccinale d'au moins 80 % de la population visée.
- Réaliser les campagnes de vaccination de manière complète et dans les délais les plus courts possibles.

- Planifier la vaccination de manière à tenir compte de l'interférence de l'immunité maternelle.
- Administrer les vaccins selon les doses et les voies d'administration recommandées.

Les vaccins doivent également être conformes aux normes de puissance et de sécurité sanitaire de l'OMSA, et les souches présentes dans le vaccin doivent être antigéniquement similaires aux souches en circulation sur le terrain. Il est fortement recommandé d'utiliser des vaccins à virus inactivé qui ne peuvent pas se reproduire une fois administrés aux animaux vaccinés. En revanche, l'utilisation de vaccins à virus vivants est déconseillée en raison du risque de réversion vers la virulence.

La vaccination reste l'un des éléments essentiels d'une stratégie efficace de lutte contre la fièvre aphteuse. La décision de recourir à la vaccination revient à chaque État. (OMSA , 2021)



Figure 6 : Étapes de l'Approche progressive de la lutte contre la fièvre aphteuse (OMSA)

B. A l'échelle régional:

Stratégie de prévention médicale:

- Mise en place d'une stratégie de prévention médicale comprenant des campagnes annuelles de vaccination gratuite pour les éleveurs.

- En Tunisie et en Libye, des vaccinations contre les maladies bovines et les petits ruminants ont été effectuées.
- En Algérie, la vaccination des bovins a été réalisée.
- Au Maroc, les bovins ont été vaccinés jusqu'en 2006, puis la vaccination a été interrompue.
- En Mauritanie, il n'y a pas de programme de prophylaxie en place.
- Différentes approches de prévention ont été adoptées, notamment le choix de différentes valences vaccinales et des espèces vaccinées.
- Au Maroc, la vaccination contre le sérotype O sur les bovins a été arrêtée.
- En Algérie, les sérotypes O et A ont été ciblés pour la vaccination des bovins.
- En Tunisie, les sérotypes O, A et SAT2 ont été visés pour les bovins, ainsi que les sérotypes O, SAT2 et OV/CP pour les ovins et caprins.
- En Libye, les sérotypes O, A, SAT2 et C ont été ciblés pour la vaccination des bovins. (BADACHE Abderrahmane – 2017)

Stratégie de Surveillance épidémiologique:

- Une prospection régulière et continue est effectuée dans les élevages pour la recherche clinique des maladies transfrontalières, y compris la Fièvre aphteuse.
- Le contrôle des mouvements d'animaux est renforcé.
- Des enquêtes par sondage sérologique sont menées chez les bovins, les petits ruminants et d'autres espèces.
- Les mouvements d'animaux de l'extrême Sud vers le Nord du pays sont interdits grâce à un système de zonage.
- Un système de contrôle de la circulation des animaux et de certification est mis en place à l'intérieur de la zone Sud (Bouguedour, 2009).

De plus, 13 projets et initiatives bénéfiques pour le Maghreb ont été signés, dont 6 projets de la FAO entre 1996 et 2010, visant à développer l'élevage, à améliorer et renforcer les programmes de contrôle des maladies hautement pathogènes comme la fièvre aphteuse (Bouguedour, 2009).

Enfin, une demande d'évaluation du programme vétérinaire de surveillance par l'OMSA a été validée lors de la session normale de février 2012 (OMSA, 2012).

4. Facteurs contribuant à la persistance de la maladie :

La fièvre aphteuse continue de persister en Afrique et au Maghreb, malgré les efforts déployés pour combattre cette maladie, la persistance de la fièvre aphteuse dans ces régions est influencée par divers facteurs qui nécessitent une attention particulière pour élaborer des stratégies de lutte efficaces, parmi ces facteurs :

- **Présence de réservoirs naturels** : La fièvre aphteuse peut persister en raison de la présence de réservoirs naturels de la maladie, tels que la faune sauvage. Ces animaux peuvent être infectés par le virus de la fièvre aphteuse sans présenter de signes cliniques apparents, ce qui rend la détection et le contrôle de la maladie plus difficiles. En tant que porteurs asymptomatiques, ils peuvent propager le virus à d'autres animaux domestiques sensibles, augmentant ainsi le risque de transmission de la maladie dans les populations d'élevage. La présence de réservoirs naturels rend donc la lutte contre la fièvre aphteuse plus complexe, nécessitant des mesures de surveillance étendues et des stratégies de prévention spécifiques pour limiter la propagation de la maladie. (Jori Massanas, 2018)
- **Mobilité des animaux** : Les mouvements transfrontaliers d'animaux, qu'ils soient légaux ou illégaux, jouent un rôle majeur dans la propagation de la fièvre aphteuse. Les échanges commerciaux internationaux de bétail et de produits animaux facilitent la transmission du virus, introduisant ainsi la maladie dans de nouvelles régions et exposant les animaux sains à un risque d'infection. De plus, les migrations saisonnières du bétail peuvent contribuer à la dissémination de la maladie lorsque des animaux infectés sont déplacés vers de nouveaux pâturages, ces mouvements transfrontaliers d'animaux rendent la lutte contre la fièvre aphteuse complexe, nécessitant une surveillance étroite, des mesures de prévention renforcées et une coopération internationale pour limiter la propagation de la maladie. (Mebanga, 2020)
- **Faibles capacités de surveillance** : La surveillance de la fièvre aphteuse peut être limitée dans certaines régions en raison de ressources et d'infrastructures insuffisantes. Cela peut entraîner des retards dans la détection des foyers de la maladie, favorisant ainsi sa propagation. Les ressources limitées rendent difficile la réalisation de tests de dépistage réguliers et la collecte d'échantillons pour les analyses. (Couacy-Hymann, 2006)
- **Pratiques d'élevage traditionnelles** : Dans certaines régions d'Afrique et du Maghreb, les pratiques d'élevage traditionnelles favorisent la transmission de la fièvre aphteuse.

Les animaux sont souvent élevés en troupeaux importants, ce qui facilite la propagation de la maladie en cas d'infection. La proximité étroite entre les animaux dans ces troupeaux favorise la transmission du virus par contact direct. De plus, les échanges fréquents d'animaux entre les éleveurs, lors de rassemblements ou d'événements liés à l'élevage, peuvent introduire des animaux infectés dans de nouvelles populations, contribuant ainsi à la propagation de la maladie. Ces pratiques d'élevage traditionnelles peuvent donc représenter un défi dans la lutte contre la fièvre aphteuse, nécessitant une sensibilisation et des mesures de prévention adaptées pour limiter la transmission de la maladie. (Yahya, M., Z. Hailemariam, 2013).

- **Manque de sensibilisation et de formation** : Un manque de sensibilisation et de formation sur la fièvre aphteuse peut entraver les mesures de prévention et de contrôle de la maladie. Les éleveurs peuvent ne pas être conscients des risques associés à la maladie et des bonnes pratiques de biosécurité à mettre en place. (Bouziri, Abdeldjalal, 2021)
- **Contraintes socio-économiques** : Les contraintes socio-économiques, telles que la pauvreté et l'accès limité aux services vétérinaires, peuvent également contribuer à la persistance de la fièvre aphteuse. Les éleveurs peuvent avoir des difficultés à mettre en place des mesures de contrôle en raison de contraintes financières ou de l'absence de soutien gouvernemental adéquat. (Vindrinet, Robert, 2001)

5. Conclusion :

En conclusion, cette étude met en lumière les dynamiques complexes de la fièvre aphteuse en Afrique et au Maghreb, soulignant la nature multifactorielle de cette maladie infectieuse. À travers une analyse approfondie de son évolution, de l'efficacité des vaccins utilisés et des raisons de sa persistance malgré les stratégies mondiales de lutte, plusieurs conclusions importantes émergent.

Tout d'abord, il est clair que la fièvre aphteuse reste un défi majeur pour la région. Les facteurs socio-économiques et environnementaux, tels que la densité de population, les mouvements de bétail, et les conditions sanitaires précaires, contribuent à la propagation continue de la maladie. De plus, les variations génétiques du virus et la possibilité de résistance aux vaccins rendent la situation encore plus complexe.

Ensuite, bien que les vaccins contre la fièvre aphteuse aient démontré leur efficacité, leur utilisation doit être optimisée. Des efforts supplémentaires sont nécessaires pour améliorer

l'accessibilité, la couverture vaccinale et la qualité des vaccins administrés. La recherche continue sur de nouveaux vaccins plus performants et adaptés aux souches virales prédominantes dans la région est également essentielle.

De plus, il est crucial de renforcer les stratégies de lutte contre la fièvre aphteuse à l'échelle régionale et internationale. Une coordination accrue entre les pays de la région, en termes de surveillance épidémiologique, de partage d'informations et de bonnes pratiques, est nécessaire pour prévenir la propagation transfrontalière de la maladie. De plus, la collaboration avec les organismes internationaux et les partenaires de développement permettra d'accéder à des ressources et à un soutien technique supplémentaire.

Enfin, il convient de souligner l'importance de la recherche continue sur la fièvre aphteuse en Afrique et au Maghreb. La compréhension approfondie de l'épidémiologie de la maladie, des facteurs de risque locaux et des stratégies de contrôle est essentielle pour adapter les interventions et les politiques aux spécificités de la région. Les études sur l'impact socio-économique de la fièvre aphteuse et l'évaluation de l'efficacité des mesures de lutte contribueront également à guider les décisions politiques et à mobiliser des ressources adéquates.

En somme, la fièvre aphteuse reste un défi majeur en Afrique et au Maghreb, mais une approche globale et coordonnée peut contribuer à son contrôle efficace. En améliorant la prévention, le suivi et les stratégies de vaccination, tout en renforçant la coopération régionale et internationale, nous pouvons espérer réduire l'impact de cette maladie sur la santé animale, la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance des populations.

II. Partie expérimentale

L'objectif de l'étude de la distribution moléculaire de la fièvre aphteuse dans le monde est de comprendre comment le virus se propage et évolue géographiquement. En examinant les séquences génétiques du virus dans différentes régions du monde, on peut déterminer les souches virales présentes, identifier les voies de transmission et évaluer l'efficacité des mesures de contrôle. Cela permet de mieux comprendre l'épidémiologie de la maladie et d'orienter les stratégies de prévention et de lutte contre la fièvre aphteuse à l'échelle mondiale.

1. Introduction

Alors que la fièvre aphteuse est considérée comme maîtrisée dans de nombreux pays à revenu élevé et intermédiaire (territoires reconnus par l'Organisation mondiale de la santé animale comme étant exempts de la maladie, avec ou sans vaccination), elle continue néanmoins d'affecter environ 77 % du bétail dans le monde, notamment en Afrique tropicale et en Asie où elle est endémique (OMSA, 2022). Dans certains de ces pays, des flambées de fièvre aphteuse se produisent fréquemment malgré la mise en place de stratégies de prévention et de contrôle, telles que l'abattage, la vaccination préventive ou d'urgence, les restrictions de mouvement, la biosécurité renforcée, la surveillance accrue et les programmes de sensibilisation et d'éducation communautaires (Blacksell et al. 2019 ; Maree et al. 2014). Ces stratégies sont mises en œuvre de manière variable d'un pays à l'autre en raison des différences de priorités en matière de santé animale, de ressources budgétaires et logistiques variables, ce qui entraîne des résultats partiels ou nuls. De multiples facteurs épidémiologiques convergent pour faciliter la transmission du virus de la fièvre aphteuse, mettant en évidence la complexité sous-jacente aux mécanismes d'introduction, de propagation et de persistance du virus dans les zones endémiques (OMSA, 2018 ; Santos et al. 2017 ; Squarzoni-Diaw et al. 2021). Une meilleure compréhension des principaux facteurs liés à l'endémicité virale serait essentielle pour soutenir les programmes de contrôle et de prévention de la fièvre aphteuse, en identifiant notamment les zones prioritaires pour allouer les ressources de manière ciblée et en favorisant la conception de politiques alternatives solides pour combattre efficacement la maladie et atténuer son impact.

Il peut être difficile d'obtenir des données permettant d'avoir une image épidémiologique précise du virus de la fièvre aphteuse dans les zones endémiques. Cependant, l'étude des registres d'épidémies, une source de données courante et accessible pour les maladies infectieuses, peut contribuer à répondre aux questions sur les mécanismes et les voies de persistance du FA dans certaines zones. Les pays conservent souvent des registres d'épidémies de FA car la détection et la réponse aux épidémies font partie des responsabilités clés des

services vétérinaires des organismes gouvernementaux, en particulier lorsque la maladie revêt une importance économique majeure ou qu'elle est ciblée pour être contrôlée et éradiquée. La FA est répertoriée parmi les 85 maladies de l'OMSA (Organisation mondiale de la santé animale), et des données officielles sur les épidémies sont compilées et accessibles au public grâce à la base de données OMSA (Organisation mondiale de la santé animale, 2022c). Ce catalogue de données est constitué des rapports établis par les services vétérinaires locaux du monde entier. Ainsi, les données sur les épidémies jouent un rôle essentiel dans l'élaboration de stratégies fondées sur des preuves pour gérer la circulation du FA, telles que le "Progressive Control Pathway for Foot and Mouth Disease" (PCP-FMD) (FAO et al. 2018), une approche échelonnée de contrôle de la FA dirigée par la FAO et ayant une portée mondiale. Les données sur les épidémies à grande échelle sont cruciales pour comprendre la situation épidémiologique, développer des interventions et évaluer les progrès des approches de gestion du FA.

L'analyse des données sur les épidémies à l'aide d'outils spatiaux et spatio-temporels permet d'explorer les modèles et les facteurs de risque de la fièvre aphteuse, ainsi que d'identifier les foyers de la maladie. Ces analyses sont une ressource importante pour la prise de décisions basée sur les données par les services vétérinaires locaux dans les zones endémiques. Cependant, il existe de nombreux outils utilisés pour tester différentes hypothèses spatio-temporelles et atteindre divers objectifs, ce qui peut entraîner des résultats qui ne peuvent pas être directement comparés sans une compréhension contextuelle et une connaissance suffisante des outils analytiques utilisés (Carpenter, 2001 ; Kanankege et al. 2020). Par exemple, de nombreuses études examinent le rôle des caractéristiques démographiques, environnementales, socio-économiques, paysagères et autres caractéristiques locales dans l'influence des variations spatiales et temporelles de la circulation, de l'identification ou de la déclaration de la maladie. Il est important de noter que les paramètres des modèles sont souvent influencés par la trajectoire postulée de la maladie qui relie les facteurs épidémiologiques aux épidémies (Kraemer et al. 2019). C'est cet aspect qui permet de contextualiser la dynamique de la maladie dans un lieu spécifique. Par conséquent, la littérature actuelle sur ces outils dans les zones endémiques fournit des informations spécifiques au contexte, d'où la nécessité d'examiner ces travaux afin de comprendre l'utilité globale de ces outils dans le contrôle de la fièvre aphteuse dans de telles zones.

WOAH Members' official FMD status map

Last update May 2023

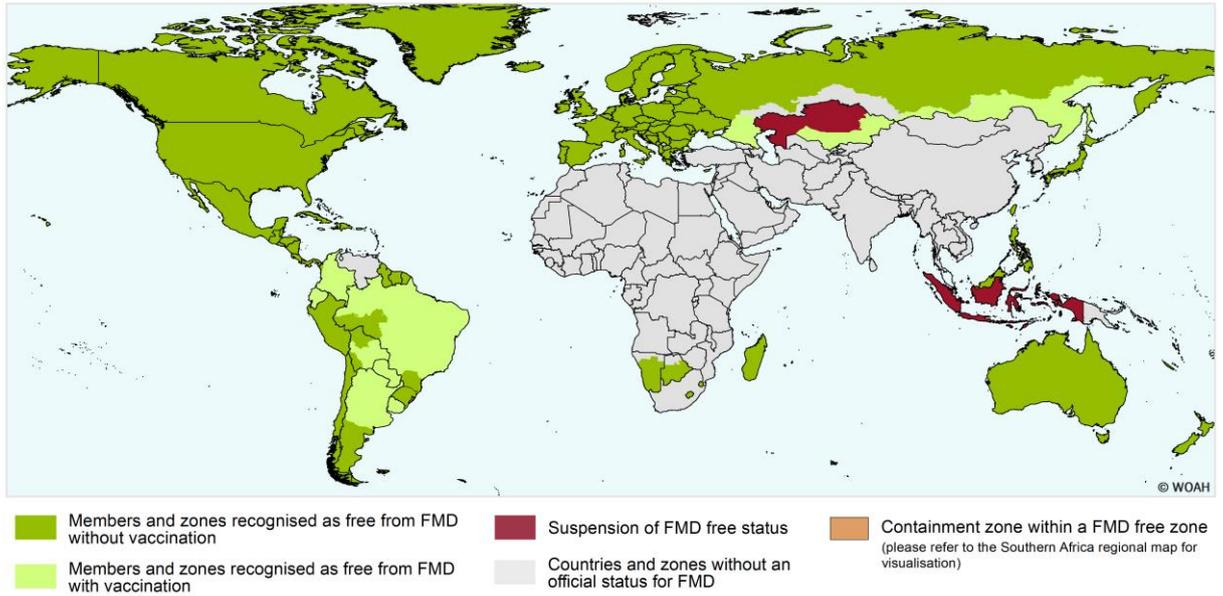


Figure 7: La propagation de la fièvre aphteuse dans le monde. (OMSA, 2023)

2. La situation épidémiologique de la maladie en Afrique

Région	Distribution Moléculaire
Afrique	<p>Trois topotypes pour le sérotype C, six pour le sérotype O, deux pour le sérotype A, et neuf, quatorze et cinq topotypes respectivement pour les sérotypes SAT1, SAT2 et SAT3 ont été identifiés en Afrique. Trois groupes de virus de la fièvre aphteuse ont été identifiés en Afrique : le Groupe (4) pour l'Afrique de l'Est, le Groupe (5) pour l'Afrique de l'Ouest, le Groupe (6) pour l'Afrique australe et le Groupe (7) pour l'Afrique australe avec les sérotypes SAT1, SAT2 et SAT3 (Byomi, A., & Zidan, S, 2023)</p> <p>Trois foyers de fièvre aphteuse de sérotype O ont été détectés en Algérie depuis le 28/03/2022. Cet épisode survient trois mois après la détection de six foyers en Tunisie, dont l'origine est probablement l'Afrique subsaharienne (OMSA 2023)</p>

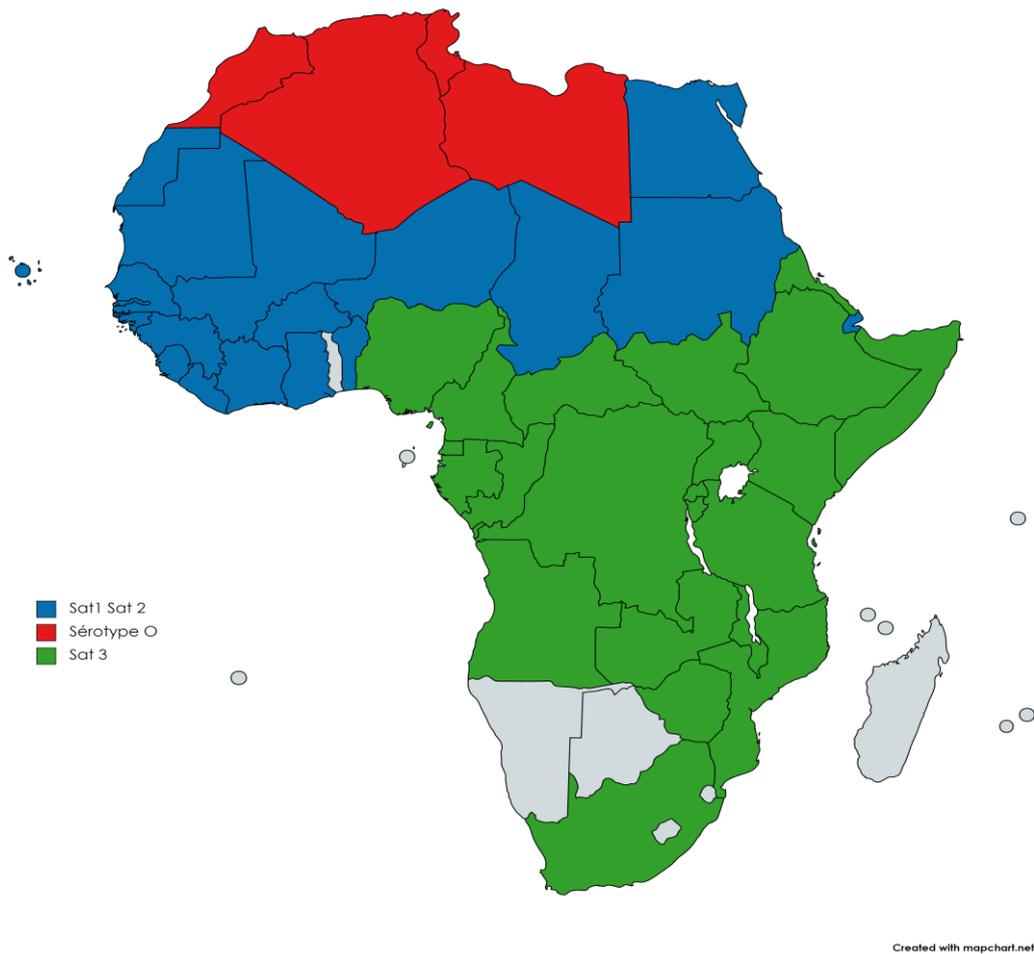


Figure 8: Distribution des géotypes du virus de la fièvre aphteuse en Afrique. (Woldemariyam, 2023 Byomi, A., & Zidan, S. 2023)

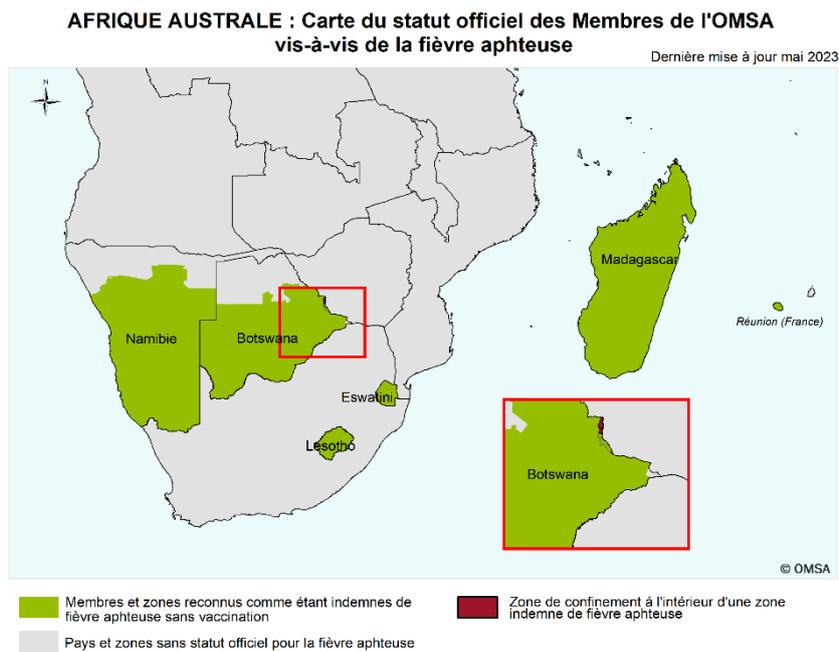


Figure 9: Carte du statut des membres de l'OMSA vis-à-vis de la FA (OMSA, 2023)

3. La situation épidémiologique de la maladie en Asie

Région	Distribution Moléculaire
Asie	<p>Le sérotype O est présent dans de nombreuses régions en Asie (Zhu et al. 2019). En Inde, le sérotype O du FA dominait le scénario des épidémies, représentant environ 92% de toutes les épidémies (Subramaniam et al. 2022). Il est également le plus répandu au Bangladesh, et le plus grand nombre d'épidémies s'est produit avec ce sérotype (Hossen et al. 2020).</p> <p>Les lignées O/SEA/Mya-98, O/Middle East-South Asia (MESA)/PanAsia, O/Cathay et O/ME-SA/Ind-2001 circulent aussi mais ces dernières années, les topotypes Cathay, ME-SA et SEA ont émergé comme les principaux types circulants. Le topotype Cathay présente une évolution plus rapide que les topotypes ME-SA et SEA. À partir de 2011, la diversité génétique du topotype Cathay a considérablement augmenté, tandis que les topotypes ME-SA et SEA ont connu des réductions significatives de leur diversité génétique. Cette tendance suggère que les infections causées par le topotype Cathay sont devenues une épidémie plus sévère ces dernières années.</p> <p>Le 9 mars 2023, la Turquie a signalé le premier cas de fièvre aphteuse de sérotype SAT-2 (Commission européenne ADIS, 2023).</p>

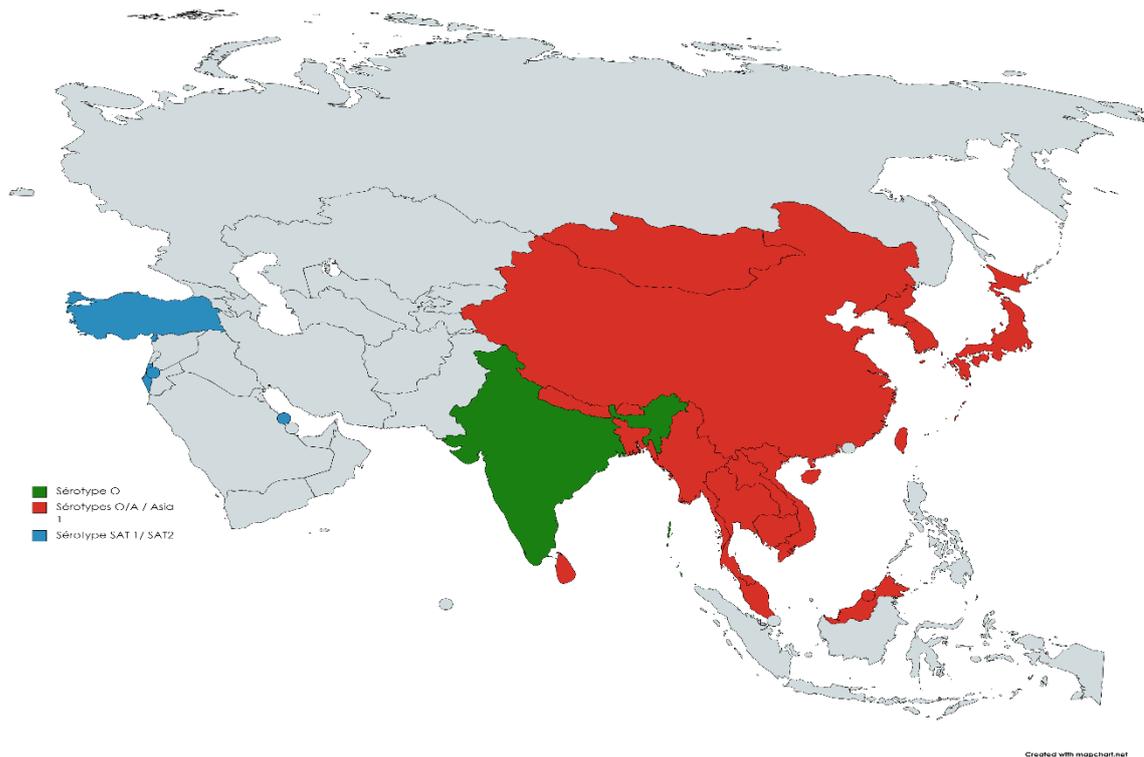


Figure 10: distribution des génotypes du virus de la fièvre aphteuse en Asie. (Yuanyuan Zhu, 2023. Syed M. Jamal, 2018)

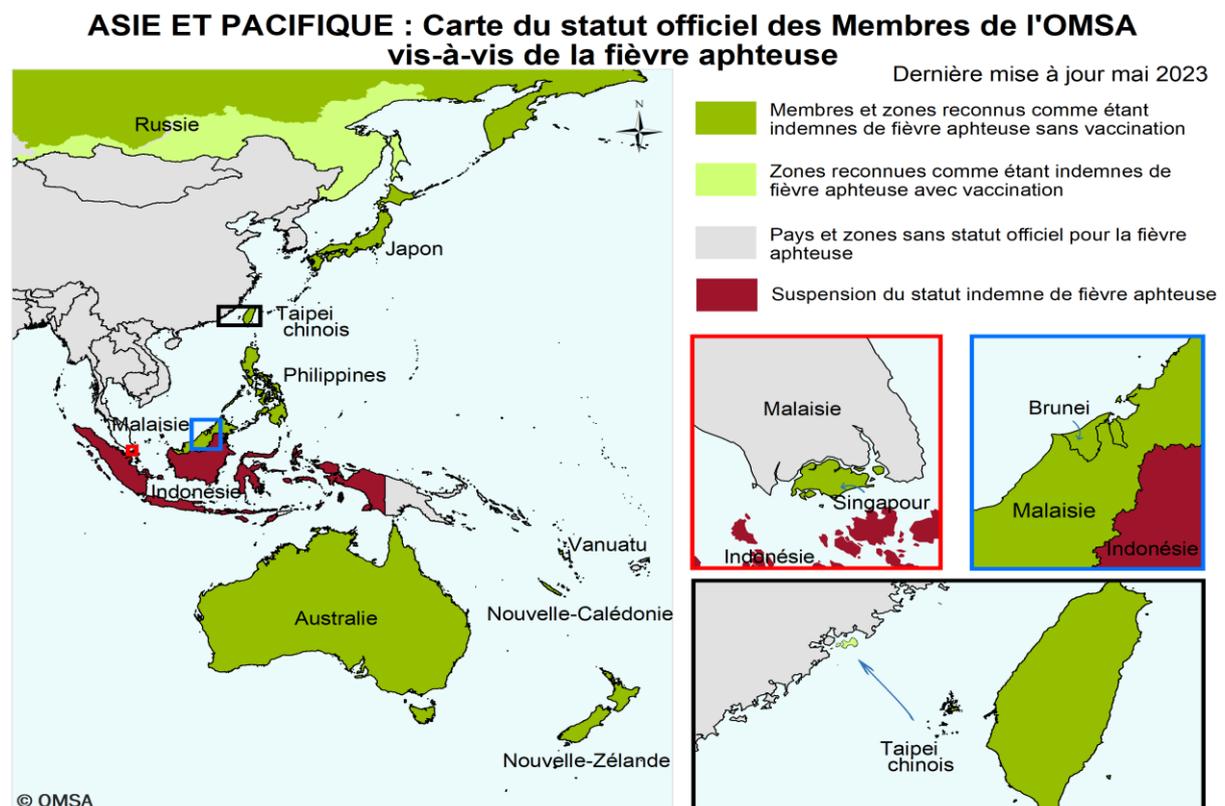


Figure 11: Carte de statut des membres de l'OMSA vis-à-vis la FA (OMSA, 2023)

4. Situation dans le reste du monde

L'Australie, la Nouvelle-Zélande, l'Indonésie, l'Amérique centrale, l'Amérique du Nord et l'Europe occidentale ne sont actuellement pas touchées par la fièvre aphteuse. Cependant, des cas isolés peuvent survenir occasionnellement dans des zones qui sont généralement exemptes de la maladie.

La plupart des pays d'Amérique du Sud ont mis en place des mesures de zonage et sont considérés comme exempts de fièvre aphteuse, qu'ils aient ou non recours à la vaccination. La maladie reste uniquement dans Venezuela, des représentants des secteurs public et privé du Brésil, du Paraguay, du Venezuela et de la Colombie, ainsi que des institutions internationales, ont participé à une réunion de la Commission régionale de suivi du Plan national d'éradication de la fièvre aphteuse au Venezuela. Cette réunion, organisée par le PANAFTOSA, avait pour objectif d'approuver le plan de travail à mettre en œuvre dans ce pays d'Amérique du Sud. Il s'agit de la dernière étape du processus visant à rendre l'ensemble de la région des Amériques exempte de cette maladie. (PAHO 2023)

III. Références bibliographique :

Animal Disease Information System (ADIS), European Commission 2023

Aziz, Abdel, and Arada Izzedine. "Epidémiologie moléculaire de la fièvre aphteuse en Afrique Subsaharienne : cas du Tchad." PhD diss. Paris, Institut agronomique, vétérinaire et forestier de France, 2018.

Badache, Abderrahmane, and Abdelmalek Benmakhlouf. "Contribution à l'étude de la fièvre aphteuse en Algérie 2014." PhD diss. Université Frères Mentouri-Constantine 1, 2017.

BOUGUEDOUR. R, 2009. Réseau Euro-Méditerranéen De Lutte Contre La Fievre Aphteuse Vision du Maghreb. 38th General Session of the Eu FMD – 28-30 April 2009. FAO, Rome diapos 5P.

Bouziri, Abdeldjalal, Ali Sebai, Ahmed Kebir, Maamar Khames, Taha Moussadak Hamdi, and Djamel Khelef. "ARTICLE RÉTRACTÉ-Fièvre aphteuse chez les bovins et les petits ruminants en Algérie. Enquête séroépidémiologique dans la région de l'ouest." *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* 74, no. 4 (2021) : 225-230.

Blacksell, S. D., Siengsan-Lamont, J., Kamolsiripichaiorn, S., Gleeson, L. J., & Windsor, P. A. (2019). A history of FMD research and control programmes in Southeast Asia: Lessons from the past informing the future. *Epidemiology and Infection*, 147, e171.

Carpenter, T. E. (2001). Methods to investigate spatial and temporal clustering in veterinary epidemiology. *Preventive Veterinary Medicine*, 48(4), 303–320.

Couacy-Hymann, E., G. L. Aplogan, O. Sangaré, Z. Compaoré, J. Karimu, K. A. Awoueme, A. Seini, V. Martin, and JF2006 Valarcher. "Étude rétrospective de la fièvre aphteuse en Afrique de l'Ouest de 1970 à 2003." *Rev. Sci. tech. Off. Int. Epiz* 25, no. 3 (2006): 1013-1024.

Holveck, Thierry. "La fièvre aphteuse." PhD diss. Thèse de Doctorat. Université Henri Pointcare Nancy 1. Faculté de Pharmacie. p115, 2002.

Hossen, M. L., Ahmed, S., Khan, M. F. R., Nazmul Hussain Nazir, K. H. M., Saha, S., Islam, M. A., et al. (2020). the emergence of foot-and-mouth disease virus serotype O PanAsia-02 sub-lineage of Middle East-south Asian topotype in Bangladesh. *J. Adv. Vet. Anim. Res.* 7, 360–366

Dos Santos, D. V., Silva, G. S. E., Weber, E. J., Hasenack, H., Groff, F. H. S., Todeschini, B., Borba, M. R., Medeiros, A. A. R., Leotti, V. B., Canal, C. W., Corbellini, L. G., Dos Santos, D. V., Sousa e Silva, G., Todeschini, B., Borba, M. R., Corbellini, L. G., Weber, E. J., Hasenack, H., Groff, F. H. S., . . . Corbellini, L. G. (2017). Identification the risk of foot and mouth disease areas using a multi-criteria analysis approach. *PLoS One*, 12(5), e0178464.

FAO, OIE, GF-TADs, & EU-FMD. (2018). the progressive control pathway for foot andmouth disease control (PCP-FMD).

Jamal, S. M., & Belsham, G. J. (2018). Molecular epidemiology, evolution and phylogeny of foot-and-mouth disease virus. *Infection, Genetics and Evolution*, 59, 84-98.

Jori Massanas, Ferran. "Faune sauvage et risques sanitaires en milieu tropical." PhD diss., Université de Montpellier, 2018.

Kouato, B. Souley, E. Thys, V. Renault, E. Abatih, H. Marichatou, S. Issa, et C. Saegerman. 2018. « Spatio-Temporal Patterns of Foot-and-Mouth Disease Transmission in Cattle between 2007 and 2015 and Quantitative Assessment of the Economic Impact of

Kanankege, K. S. T., Alvarez, J., Zhang, L., & Perez, A. M. (2020). An Introductory framework for choosing spatiotemporal analytical tools in population-level eco epidemiological research. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 1–16.

Kraemer, M. U. G., Reiner, R. C., & Bhatt, S. (2019). Causal inference in spatial mapping. *Trends in Parasitology*, 35(10), 743–746
the Disease in Niger ». *Transboundary and Emerging Diseases* 65 (4): 1049-66

Organisation panaméricaine de la santé PAHO 2023

Maree, F. F., Kasanga, C. J., Scott, K. A., Opperman, P. A., Chitray, M., Sangula, A. K., Sallu, R., Sinkala, Y., Wambura, P. N., King, D. P., Paton,

D., & Rweyemamu, M. (2014). Challenges and prospects for the control of foot-and-mouth disease: An African perspective. *Veterinary Medicine: Research and Reports*, 5, 119–138.

OMSA. (2018). Manual 1 risk analysis for foot and mouth disease. Perez, A. M., Thurmond, M. C., & Carpenter, T. E. (2006). Spatial distribution of foot-and-mouth disease in Pakistan estimated using imperfect data. *Preventive Veterinary Medicine*, 76(3/4), 280–289

Li F, Li Y, Ma J, Wu R, Zou X, Liu Y, Zhao Q and Zhu Y (2023) Molecular evolution, diversity, and adaptation of foot-and-mouth disease virus serotype O in Asia

Mebanga, A. Sassa, L. Salman Beloko, and Abdoulmoumini Mamoudou. "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." *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 14, no. 8 (2020): 2799-2806.

Plateforme ESA. (n.d.). La fièvre aphteuse. Retrieved March 26, 2023, from <https://www.plateforme-esa.fr/en/node/1219>

Plateforme ESA. (n.d.). Foot-and-Mouth Disease (FMD). Retrieved March 26, 2023, from <https://www.plateforme-esa.fr/en/node/434>

Ringa, N., et C. T. Bauch. 2014. « Dynamics and control of foot-and-mouth disease in endemic countries: A pair approximation model ». *Journal of theoretical biology* 357: 150–159.

Squarzoni-Diaw, C., Arsevska, E., Kalthoum, S., Hammami, P., Cherni, J., Daoudi, A., Karim Laoufi, M., Lezaar, Y., Rachid, K., Seck, I., Ould Elmamy, B., Yahya, B., Dufour, B., Hendrikx, P., Cardinale, E., Muñoz, F., Lancelot, R., & Coste, C. (2021). Using a participatory qualitative risk assessment to estimate the risk of introduction and spread of transboundary animal diseases in scarce-data environments: Spatial Qualitative Risk Analysis applied to foot-and-mouth disease in Tunisia 2014-2019. *Transboundary and Emerging Diseases*, 68(4), 1966–1978.

Subramaniam, S., Mohapatra, J. K., Sahoo, N. R., Sahoo, A. P., Dahiya, S. S., Rout, M., et al. (2022). Foot-and-mouth disease status in India during the second decade of the twenty-first century (2011-2020). *Vet. Res. Commun.* 46, 1011–1022.

Vindrinet, Robert, and Bernard Faye. "Modèles et économie de la santé : l'exemple de la Fièvre Aphteuse." *Bulletin de l'Académie vétérinaire de France* 154, no. 3 (2001): 305-315.

World Organization for Animal Health [OMSA]. Fièvre aphteuse. Available at:

<https://www.woah.org/fr/maladie/fievre-aphteuse/#:~:text=abattage%20dans%20des%20conditions%20d%C3%A9centes,%C3%A9levage%20potentiellement%20infect%C3%A9s%20ou%20expos%C3%A9s> .

World Organization for Animal Health [OMSA]. Fièvre aphteuse <https://rr-africa.woah.org/fr/projets/gf-tads-afrique/fievre-aphteuse/>

World Organization for Animal Health [OMSA] (au 10/01/2019), site internet du World Reference Laboratory for Foot-and-Mouth Disease (WRLFMD)

(<http://www.wrlfmd.org/north-africa/morocco>), média au 10/01/2019

(<http://www.mapexpress.ma/actualite/societe-et-regions/fievre-aphteuse-exploitation-fquih-ben-salah-mesures-lutte-ete-prises-eviter-risque-propagation-onssa/>)

World Organization for Animal Health. (2022). Official disease status

World Organization for Animal Health. (2022). World animal health information system (WAHIS-OIE).

Woldemariyam, F.T.; Kariuki, C.K.; Kamau, J.; De Vleeschauwer, A.; De Clercq, K.; Lefebvre, D.J.; Paeshuyse, J. Epidemiological Dynamics of Foot-and-Mouth Disease in the Horn of Africa: The Role of Virus Diversity and Animal Movement. *Viruses* 2023, 15, 969.

Woldemariyam, Fanos Tadesse, Christopher Kinyanjui Kariuki, Joseph Kamau, Annebel De Vleeschauwer, Kris De Clercq, David J. Lefebvre, and Jan Paeshuyse. "Epidemiological Dynamics of Foot-and-Mouth Disease in the Horn of Africa: The Role of Virus Diversity and Animal Movement." *Viruses* 15, no. 4 (2023): 969.

Yahya, M., Z. Hailemariam, L. B. Amare, and T. Rufael. "Seroprevalence of foot and mouth disease in traditionally managed cattle in East and West Hararghe zones, Ethiopia= Séroprévalence de la fièvre aphteuse dans les élevages traditionnels des zones Est et Ouest du Hararghe, Ethiopie= Seroprevalencia de la fiebre aftosa en ganado bajo manejo tradicional en las zonas este y oeste de Hararghe, Etiópia." *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* 66, no. 1 (2013).

Zhu, Z., Yang, F., Cao, W., Liu, H., Zhang, K., Tian, H., et al. (2019). The pseudoknot region of the 5' untranslated region is a determinant of viral tropism and virulence of foot-and-mouth disease virus. *J. Virol.* 93:e02039-18