

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Abd El Hamid Ibn Badis - Mostaganem**



**Faculté des Sciences de la nature et de la vie**  
**Département d'Agronomie**  
**Laboratoire de physiologie animale appliquée**

**Mémoire de fin d'études**  
**En vue de l'obtention du diplôme de**  
**Master En Agronomie**  
**Spécialité : Génétique et Reproduction animale.**

**THEME :**

**Impact de la fièvre aphteuse ovine sur la fertilité**  
**(Constats et perspectives)**

**Présenté par : OUALI Fatima**

**Devant le jury**

**Président : Mr. HALBOUCHE MILOUD. Professeur**

**Examinatrice : Mme FASSIH AICHA. Maître assistante**

**Encadreur : Mr KEBIR AHMED Médecin vétérinaire spécialiste et Docteur Es sciences**

**Thème réalisée au niveau du laboratoire vétérinaire régional de Mostaganem**  
**Année Universitaire : 2018- 2019**

# REMERCIEMENTS

Je souhaite avant tout remercier, monsieur Kébir Ahmed, le directeur de mémoire pour le temps qu'il a consacré à m'apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de ce master .Son exigence m'a grandement stimulé.

L'enseignement de qualité dispensé par le Master « Génétique reproduction animales » a également su nourrir mes réflexions et a représenté une profonde satisfaction intellectuelle, merci donc aux enseignants.

Un grand merci également à mes confrères et consœurs pour avoir eu la patience de répondre à toutes mes questions et de m'avoir donné l'occasion de réaliser mon travail sur terrain.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les amis et collègues qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche.

## Dédicace

Je dédie ce mémoire :

A une dame, qui n'a jamais tari de sollicitude, d'attention et d'affection. Elle est mon modèle, ma compagne de route, ma confidente, je tiens d'elle un patrimoine génétique riche de courage, d'abnégation et d'altruisme, il s'agit de ma mère de qui je tiens cette ténacité d'étudier quel que soit mon âge.

A mes amours, Amine et Meriem, mes enfants.

A mes confrères et consœurs qui ne cessent de consacrer leur énergie et leur dévouement pour aboutir à la création d'un Ordre Vétérinaire Algérien, indépendant et multisectoriel.

## Sommaire

|  |     |
|--|-----|
| Dédicace.....                            | I   |
| Remerciements .....                      | II  |
| Listes des figures et des tableaux ..... | III |
| Liste des abréviations.....              | VI  |
| Résumé en français .....                 | V   |

### **Partie I : Etude Bibliographique**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>I.INTRODUCTION .....</b>                          | <b>2</b>  |
| <b>II.LA FIEVRE APHTEUSE CHEZ LES RUMINANTS.....</b> | <b>5</b>  |
| <b>II.1.Historique .....</b>                         | <b>5</b>  |
| II.2.Définition.....                                 | 7         |
| II.3. Synonymie.....                                 | 7         |
| II.4.Répartition géographique.....                   | 8         |
| II.5.Importance .....                                | 11        |
| II.5.1 Importance réglementaire.....                 | 11        |
| II.5.2.Impact Economique .....                       | 12        |
| II.5.3.Impact sanitaire .....                        | 13        |
| <b>II.6.PATHOGENIE.....</b>                          | <b>14</b> |
| II.6.1.Pouvoir pathogène du virus .....              | 15        |
| II.6.2.Pouvoir pathogène naturel.....                | 16        |
| II.6.3.Pouvoir antigène et immunogène.....           | 16        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>II.7.SOURCES DE CONTAMINATION ET SOURCE DE TRANSMISSION .....</b>       | <b>17</b> |
| II.7.1. Source de contamination .....                                      | 17        |
| II.7.1.Source de transmission .....  | 19        |
| <br>   |           |
| <b>II.8.DIAGNOSTIC.....</b>  | <b>21</b> |
| II.8.1. Diagnostic épidémioclinique .....                                  | 21        |
| II.8.2.Diagnostic anatomopathologique .....                                | 21        |
| II.8.3. Diagnostic différentiel.....                                       | 21        |
| II.8.4.Diagnostic de laboratoire.....                                      | 22        |
| II.8.4.1.Prélèvement.....  | 23        |
| II.8.4.2. Transport des prélèvements .....                                 | 23        |
| II.8.4.3.Mesures de sécurité.....  | 23        |
| II.8.4.4. Identification du virus .....                                    | 23        |
| II.8.4.5. Diagnostic sérologique .....                                     | 25        |
| <br>   |           |
| <b>II.9. PROPHYLAXIE .....</b>   | <b>25</b> |
| II.9.1.Prophylaxie sanitaire.....  | 26        |
| II.9.2. Prophylaxie médicale .....   | 26        |
| <br>   |           |
| <b>III.INFECTIOLOGIE DE LA FIEVRE APHTEUSE SUR LA FERTILITE OVINE...30</b> |           |
| III.1.Description du virus .....   | 30        |
| III.2.Caractéristique du virus.....  | 31        |
| III.3.Etapes de l'infection.....   | 35        |
| III.3.1. Porte d'entrée du virus .....                                     | 35        |
| III.3.2.Voie de pénétration et de dissémination.....                       | 35        |

|   |               |
|---|---------------|
| III.3.3.. Phase de localisation.....  | 36            |
| III.3.4. Voies d'excrétion.....   | 37            |
| III.4. Mécanisme de l'avortement .....  | 37            |
| a- Définition de l'avortement.....  | 37            |
| b- Physiopathologie.....  | 38            |
| <b>IV. SYMPTOMES ET LESIONS.....</b>  | <b>39</b>     |
| <br><b>Partie II : Etude Expérimentale</b>  |               |
| <b>I . METHODOLOGIE ADOPTEE.....</b>  | <b>42</b>     |
| <b>II.MATERIELS ET METHODES .....</b>   | <b>44</b>     |
| II.1. Matériel, réactifs.....   | 44            |
| II.2.Méthodes.....  | 45            |
| II.2.1.Matières analysées, lieux de prélèvements et préparation échantillons.....     | 45            |
| II.2.2.Recherche sérologique.....   | 46            |
| II.3 .Analyse de laboratoire.....   | 46            |
| II.3.1.Recherche sérologique.....   | 46            |
| II.3.1.2.Etapes de la technique Elisa.....  | 46            |
| II.3.1.2.Validation des tests.....  | 47            |
| <br><b>III.RESULTATS ET DISCUSSION .....</b>  | <br><b>49</b> |
| III.1.Evolution de la Fièvre aphteuse dans les wilayas e Tiaret et de Tissemsilt..... | 49            |
| III.2. Résultat d'enquête et de prospection .....                                     | 52            |
| III.3.Résultat d'analyse sérologique laboratoire.....                                 | 55            |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>VI. DISCUSSION.....</b>                          | <b>65</b> |
| IV.1.Discussion sur l'évolution du cheptel .....    | 65        |
| IV.2.Discussion sur les analyses sérologiques ..... | 66        |
| <b>CONCLUSION .....</b>                             | <b>65</b> |
| <b>RECOMMANDATIONS.....</b>                         | <b>66</b> |
| <b>ANNEXE.....</b>                                  | <b>69</b> |
| <b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>                           |           |

## LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

### TABLEAUX

|   |    |
|---|----|
| <b>Tableau 1 :</b> Effectif ovin dans les wilayas de Tiaret et de Tissemsilt.....                         | 50 |
| <b>Tableau 2 :</b> Situation sanitaire de la fièvre aphteuse dans la wilaya de Tiaret Tissemsilt.....     | 50 |
| <b>Tableau 3 :</b> Morbidité et mortalités des ovins en 2019.....   | 51 |
| <b>Tableau 4 :</b> Résultat du diagnostic sérologique Elisa NSP, sérotype O et sérotype A A L'annexe..... | 69 |

### FIGURES :

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure 1 :</b> Evolution théorique du processus aphteux.....   | 15 |
| <b>Figure 2 :</b> Génome et structure du virus .....  | 33 |
| <b>Figure 3 :</b> Morbidité et mortalité des ovins en 2019.....   | 51 |
| <b>Figure 4 :</b> Taux de positivité des prélèvements effectués par les inspections vétérinaires des wilayas..... | 51 |
| <b>Figure 5 :</b> Taux d'infection de la fièvre aphteuse ovine (2019) .....                                       | 63 |

## PHOTOGRAPHIES

|  |    |
|--|----|
| <b>Photo 1</b> : Carte : la situation mondiale de la fièvre aphteuse .....   | 09 |
| <b>Photo 2</b> : Présence ou absence de la maladie au niveau mondial.....    | 09 |
| <b>Photo 3</b> : Carte de foyers de FA en Algérie .....                      | 10 |
| <b>Photo 4</b> : Mortalités néonatales des agneaux.....                      | 54 |
| <b>Photo 5</b> : Enveloppes et avorton ovin.....                             | 54 |
| <b>Photo6</b> : Présence d'aphtes buccaux.....                               | 54 |
| <b>Photo7</b> : Présence de lésion podale.....                               | 54 |
| <b>Photo 08</b> : lecture des résultats sur la plaque de microtitration..... | 57 |
| <b>Photo 09</b> : Kit ID screenID vet.....                                   | 57 |

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

**ELISA** : Enzyme Linked Immun Sorbant Assay

**PCR** : Polymérase Chain Réaction

**FAO** : Organisation Internationale pour l'Alimentation

**OIE** : Organization International des Epizooties

**EuFmd** : European Commission for the Control of Foot and Mouth Disease

**NSP** : Protéines Non Structurales

**DSA** : Direction des Services Agricoles

**MADRP** : Ministère de L'Agriculture et du Développement Rural et de la Pêche

**UI** : Unité Internationale.

**DO** : Densité Optique.

## **Résumé :**

Nuisant aux secteurs des élevages en Algérie, particulièrement les bovins depuis 2014 et devant sa résurgence en 2018 touchant pour la première fois le cheptel ovin, la fièvre aphteuse, maladie à déclaration obligatoire est une infection virale très contagieuse, et un danger sanitaire de première catégorie. Elle est, à cause de son extrême contagiosité et son fort taux de morbidité soumise à un plan d'intervention d'urgence.

Elle constitue un fléau économique redoutable car elle entraîne des pertes en production dues à des graves séquelles sur l'animal le rendant une non valeur économique et aussi des contraintes de reproduction, influant sur le taux de production en terme de fécondité, de croissance, de lactation et d'efficacité alimentaire .

Bien que la mortalité engendrée chez les bovins soit relativement faible, cela n'a pas été le cas chez les ovins, frappés pour la première fois par cette épizootie en Algérie durant la fin de l'année 2018 et en début de l'année 2019 .En raison des fortes mortalités néonatales ainsi que les avortements constatés pendant la maladie nous avons jugé intéressant d'étudier l'impact de ce virus sur la fertilité des ovins.

Revue de la littérature portant sur la fièvre aphteuse (mode de contamination, épidémiologie, physiopathologie, sémiologie, vaccination...), ce mémoire aborde, l'épizootie des wilayas de Tiaret et de Tissemsilt , où la densité des animaux est très élevée (deux millions et demi de têtes ovines environ) et dans lesquelles la maladie s'est propagée rapidement .

S'appuyant sur les données fournies par les inspections vétérinaires des directions des services agricoles et en réalisant des investigations sur terrain au niveau d'exploitations situées dans la région, nous avons mis en évidence l'impact du virus de la fièvre aphteuse sur les brebis en gestation, en corroborant les séries d'avortements, les complications génitales chez les brebis avortées ou agnelées, les non délivrances, les métrites, ainsi que les mortalités néo natales (des jeunes agneaux succombant en contractant la maladie par le lait), avec des analyses sérologiques qui ont montré une forte prévalence de la fièvre aphteuse .

**Mots clés :** la fièvre aphteuse, Aftovirus , artiodactyle, épizootie, vésicules ,pathogénie, avortement.

## Summary:

Harmful to livestock sectors in Algeria, particularly cattle since 2014 and, before its resurgence in 2018 for the first time the sheep flock, foot-and-mouth disease, a compulsory notifiable disease is a highly contagious viral infection, and a first-class health hazard .Because this disease is of its extreme contagiousness and its high morbidity rate, subject to an emergency response plan.

The disease constitutes a formidable economic scourge because it a sequel into losses in production due to serious with on the animal rendering at the end a non-economic value constraints of reproduction, influencing the rate of production in term of fertility, growth, lactation and food efficiency.

Although the mortality generated in cattle is relatively low, this was not the case in sheep witch were were hit for the first time by this epizootic in Algeria during the end of 2018 and at the beginning of 2019. Due to the high neonatal mortality as well as the abortions observed during the disease, we considered that it will be interesting to study the impact of this virus on the fertility of sheep. The literature concerning the mode of contamination, epidemiology, physiopathology, semiology, and vaccination of FM was reviewed. This dissertation of epizootic of the wilayas of Tiaret and Tissemsilt where the density of animals is very high which counted about two millions and a half of sheeps and through witch approaches the disease spread rapidly. Based on the data provided by the veterinary inspections of the agricultural services directorates and by carrying out on-farm field investigations in the region, we have highlighted the impact of the foot-and-mouth disease virus on pregnant ewe and also, corroborating the series of the abortions, genital complications in aborted or lambed ewes, non-deliveries, metritis , and neonatal mortalities ,including young lambo contracting the disease during the suckling of ewe's milk auditing to this serological tests which showed a high prevalence of foot-and-mouth disease.

## Key words :

foot-and-mouth disease, Aphtovirus, artiodactyl, epizootic, vesicles, pathogenesis, abortion.

# INTRODUCTION

### **I.INTRODUCTION :**

La fièvre aphteuse est une infection virale aiguë très contagieuse des artiodactyles (animaux à onglons fendus) domestiques et sauvages, facilement transmise par contact direct et indirect, de même que par aérosol. La maladie est caractérisée par la formation de vésicules (ampoules remplies de liquide) et des aphtes de la bouche et des narines, des trayons, ainsi que de la peau située entre les onglons et au-dessus d'eux.

Lors de la résurgence de la maladie de la fièvre aphteuse en 2018 et qui a décimé un nombre important de cheptel ovin, il nous a semblé intéressant d'étudier cette maladie apparue en 2014 en 2017 puis en 2018 et qui semble ne pas être suffisamment maîtrisée.

Cette maladie a beaucoup nui au développement des secteurs de l'élevage en Algérie avec des effets négatifs sur le développement en affectant le capital animal lui-même du fait de la mortalité et des contraintes de reproduction, mais aussi les taux de production en termes de croissance, de lactation, de fécondité et d'efficacité alimentaire, celle-ci pouvant être aggravée par la malnutrition.

L'impact de cette maladie virale sur le commerce extérieur est aussi très important, surtout en raison des interdictions sanitaires à l'importation et aux échanges commerciaux car il s'agit d'une maladie des pays frontières non surveillées, mouvements des animaux et transhumance.

Enfin, le développement de l'élevage en Algérie est entravé par l'insuffisance des moyens de prévention des maladies virales (faiblesse des mécanismes de surveillance épidémiologique, laboratoires de diagnostic appropriés trop peu nombreux), ce qui facilite l'introduction de maladies virales dans le pays (alerte précoce).

Les effets physiopathologiques de la fièvre aphteuse entraînent des pertes au niveau de la production de viande et de lait et affectent le potentiel de reproduction des animaux. L'ampleur des pertes de production chez les bovins et ovins atteints de fièvre aphteuse peut être illustrée par une évaluation de l'impact économique annuel de cette maladie en Algérie.

Les pertes matérielles tels que les vaccinations s'élèvent à quatre cent vingt millions de dinars pour l'année 2019 et comprennent les pertes en production de lait et de viande et en capacité de reproduction (estimations des cas de stérilité, de la réduction de la vie des troupeaux ,mâles et femelles , de la mortinatalité, des avortements, du remplacement des

vaches et des taureaux, de la réforme des malades, etc.), en effet , le coût des programmes de prophylaxie indiqué dans les rapports envoyés à L'OIE pour la lutte contre la fièvre aphteuse s'élèvent à des centaines de millions de dinars depuis 2014, ajouté au coût des efforts pour lutter contre la fièvre aphteuse ainsi qu'à ceux imputés aux mortalité au niveau local.

La fièvre aphteuse doit aussi être considérée comme un agent possible de bioterrorisme.

Objectif du travail : notre étude sera divisée en deux parties essentielles :

- La première partie portera sur la fièvre aphteuse chez les ovins des points de vue épidémiologie de la maladie, l'agent causal, la symptomatologie chez les principales espèces animales sensibles, la pathogénie le diagnostic et le diagnostic différentiel, cette partie sera suivie par l'effet et les conséquences de cette maladie sur l'infertilité des animaux, notamment (ovins).
- La deuxième partie expérimentale, elle exposera d'une part la méthodologie adoptée et elle comportera les enquêtes menées au niveau de certaines exploitations affectées cliniquement de fièvre aphteuse chez les ovins dans les wilayas de Tiaret et de Tissemsilt enjoignant des séries d'analyses de diagnostic sérologique de laboratoire qui sont établies au niveau du service de virologie du laboratoire vétérinaire régional de Mostaganem.

# CHAPITRE 1

## **II.LA FIEVRE APHTEUSE CHEZ LES BOVINS ET LES OVINS :**

### **II.1. Historique :**

En Afrique, le premier rapport officiel de la maladie date de 1882 par Hutcheon en Afrique du Sud, mais la présence de la maladie paraît beaucoup plus ancienne et dès 1780, des rapports indiquent la présence d'une maladie « touchant la bouche et les pieds » chez les bovins et qui guérit en général en deux semaines. L'apparition de la peste bovine en 1886 en Afrique du sud paraît avoir éclipsée la fièvre aphteuse. La maladie réapparaît en 1903, importée sans doute d'Argentine, et de nouveau en 1931. Dès lors elle sévit régulièrement (Thomson G R.1994).

En Europe la fièvre aphteuse est probablement très ancienne mais qui a été longtemps confondue avec d'autres infections. La première description identifiable de la maladie est faite par Giralomo Friscator, en 1514 (Joubert L & Mackowiak, 1968).

Le virus de la fièvre aphteuse a été le premier agent filtrable identifié. Vallée et Carré démontrent en 1992, la pluralité antigénique du virus de la FA en identifiant deux types différents. Waldmann et Trautwein en 1926, confirment cette découverte et ajoutent un troisième type. Les deux premiers types découverts par les Français sont désignés par O pour Oise et A pour Ardennes, le troisième type est désigné par C. Ce n'est que plus tard en 1936, que Lawrence identifie les types sud africains, SAT1-, SAT-2, SAT-3 et le type asiatique Asia-1 est identifié en 1956. (MERINAL .2017)

Dès l'identification du virus à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, Loeffler et Frosh précisent l'intérêt de la prévention par séro-immunisation. Carré et Rinjard préparent en 1926 un vaccin formolé à partir d'épithélium lingual puis d'organes d'animaux expérimentalement infectés

C'est avant la seconde guerre mondiale que sont créés en Europe et en Amérique du Sud la plupart des instituts de lutte contre la fièvre aphteuse.

La fièvre aphteuse en Algérie s'étend à partir de l'année 1966, c'est la première déclaration de la maladie dont la souche détectée était « O ». Cette circulation virale s'étend sur trois années jusqu'en 1968 ; puis une autre épizootie qui a frappé le pays en 1977, et cette fois c'est le type « A » qui est isolé. L'Algérie reste indemne de la fièvre aphteuse après l'année 80 (Senghor, 1982). Cette situation de statut indemne s'étale jusqu'au 1986 (RUTWAZA, 1988).

D'autres épisodes ont frappé l'Algérie dans les années 1990, 1991, 1992 et 1999 et c'est toujours le sérotype O qui est le responsable (Djaileb, 2015).

- Dans les pays du nord de l'Afrique, seuls le Maroc, l'Algérie et la Tunisie ne signalaient pas de foyers de fièvre aphteuse depuis 1999. Toutefois, une importante épizootie a eu lieu en Tunisie en 2014 (au total 150 foyers), la souche identifiée (lignage O/ME-SA/Ind-2001) étant celle incriminée dans l'épizootie en Lybie en 2013. (Zanella&Bakkali –Kassimi ,2015).

Suite à l'identification du foyer, des mesures de contrôle ont été prises : abattage des animaux malades, vaccination des animaux contacts et dans un rayon de 5km, désinfection des véhicules, interdiction des mouvements d'animaux.

L'Algérie et le Maroc, après avoir fermé leur frontière à la Tunisie, ont renforcé les mesures de prévention des mouvements illégaux et la surveillance clinique par sensibilisation des acteurs. Malgré cela, en juillet 2014, l'Algérie déclarait son premier foyer, dont l'origine a été attribuée à l'introduction illégale d'animaux en provenance de la Tunisie : 420 foyers y ont ainsi été détectés entre juillet et septembre 2014 ; puis de nouveaux foyers sont apparus en mars 2015 (environ 12 foyers) (Zanella et al., 2015), 40 000 bovins ; l'épisode étant considéré comme résolu depuis janvier 2016 (Zanella et al., 2016).

En raison de foyers algériens près des frontières orientales du Maroc, une campagne de vaccination préventive contre les type A et O a été initiée en juillet 2017, en raison notamment du mode de conduite des troupeaux, principalement pastoral, dans la région frontalière de l'Oriental.

L'apparition de la fièvre aphteuse en Tunisie et sa propagation à l'Algérie et au Maroc au cours de ces deux dernières années confirment à nouveau le rôle des mouvements d'animaux dans la diffusion de la maladie et l'importance de l'organisation des filières et des intérêts économiques en jeu. Cette situation mérite d'être suivie de près car elle constitue une menace sérieuse pour l'Europe (Zanella et al., 2014). Cet exemple illustre la diffusion du virus à partir de zones endémiques, souvent imprévisible. Ainsi, la souche O/Ind-2001 a diffusé initialement à partir du sous-continent Indien où elle était prédominante (et présente depuis presque 15 ans) vers différents pays : les Emirats Arabes Unis (2009 et 2014), l'Arabie Saoudite (2013 et 2014), la Libye (2013 et 2014), la Tunisie (2014), l'Algérie (2015), le Maroc (2015), le Bahreïn (2015) et le Laos (2015) (Bakkali et al., 2016).

Récemment, en juillet 2016, elle a touché l'île Maurice et l'île Rodrigues, qui étaient indemnes depuis 1916. Plus de 150 foyers de F.A. ont été identifiés, une campagne de

vaccination a été mise en œuvre sur les deux îles et la vigilance vis-à-vis de la F.A. a été renforcée pour La Réunion, située à 220 km de l'île Maurice.

Récemment, une souche de sérotype A (A/ASIA/G-VII), initialement spécifique de la région d'Asie du Sud où elle était présente depuis plusieurs années, est devenue prédominante en Inde et a diffusé à plusieurs pays du Moyen Orient en 2015 (Iran, Arabie Saoudite, Turquie, Arménie). La propagation de cette souche vers le Moyen-Orient constitue ainsi maintenant une menace pour l'Europe et l'Asie centrale (Bakkali Kassimi et al, 2016).

Similairement, une souche de sérotype A (A/Africa/G-IV), originaire d'Afrique et qui avait été identifiée au Nigeria en 2015 a été identifiée en Algérie en mars 2017 ; alors que l'Algérie avait retrouvé son statut indemne de fièvre aphteuse depuis le dernier foyer datant du 3 mai 2015 dû à un sérotype O) et en Tunisie, avril 2017.(Toma et Duffour,2018).

## **II.2.Définition :**

La fièvre aphteuse est une maladie vésiculeuse hautement contagieuse ,d'origine virale affectant les animaux à onglons .Elle est caractérisée par une morbidité ,une faible mortalité et l'apparition de vésicules et d'érosion sur la muqueuse buccale ainsi que dans l'espace inter digité et la bande inter coronaire chez les ruminants .Bien que très rarement mortelle chez les animaux adultes ,elle est la cause de pertes importantes et constitue l'une des contraintes majeures au commerce international des animaux et des produits d'animaux (Toma et al,2014)

## **II.3. Synonymie :**

Selon les langues utilisées (Toma et al, 2014 ) , les appellations rencontrées sont :

- Français : Cocotte
- Anglais : Foot-and- mouth disease .
- Allemand : Maul and Klauenseuche.
- Espagnole : Fiébreaphtosa ,glosso – péda.
- Italien :Aftaepizootica .
-

#### **II.4.Répartition géographique :**

L'Europe, l'Amérique du Nord et centrale, les nations de Pacifique et des Caraïbes sont officiellement reconnues indemnes de fièvre aphteuse sans vaccination .La maladie est endémique dans de nombreux pays en Afrique, au Moyen Orient, en Asie et en Amérique du Sud, bien qu'il y ait eu des améliorations significatives en Amérique de Sud et en Asie du sud est au cours des dernières années. La carte, montre le statut approximatif des pays vis-à-vis de la fièvre aphteuse. (photo1).

L'analyse des échantillons viraux sur plusieurs années a montré qu'il existe une tendance pour des virus proches à se reproduire dans les mêmes parties du monde .Sur cette base, la réserve mondiale de virus de la fièvre aphteuse peut être subdivisée en « sept bassins régionaux » dans lesquels des souches de virus distincts génétiquement et antigéniquement ont tendance à circuler.

La répartition géographique des pays indemnes n'est donc que provisoire (**photo 1,2**).les pays épargnés sont généralement ceux qui bénéficient d'une position géographique particulière telle que l'insularité et qui sont peu importateurs d'animaux. Absente depuis plusieurs années en Europe, la fièvre aphteuse constitue toujours une menace, puisqu'elle reste enzootique dans des régions de l'Asie, de l'Afrique et du Moyen-Orient. (OIE, 2018). Elle est donc cosmopolite.

Selon les déclarations faites par les services vétérinaires algériens à l'OIE, un total de 261 foyers de fièvre aphteuse de sérotype O a été déclaré entre le 28/06/2018 et le 05/05/2019 (**photo 3**). Ce sont 115 nouveaux foyers qui ont été déclarés dans le dernier rapport de l'OIE du 05/05/2019, et ces foyers dataient du 01/01/2019 au 15/01/2019. Ceci indique une augmentation du nombre de déclarations, comparé à 59 foyers détectés de novembre à décembre 2018 (OIE, 2019).

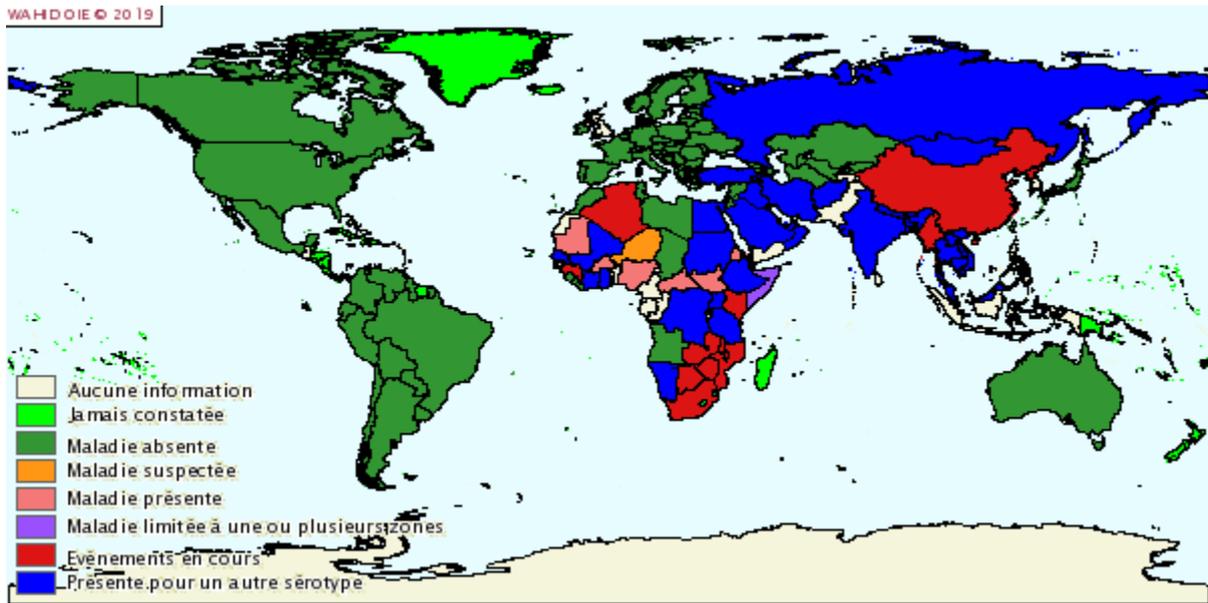


Photo1 : Cartes dynamiques montrant la présence ou l'absence de la maladie au niveau mondial. L'information provient des rapports semestriels du portail des données de santé animale de l'OIE, 2019.

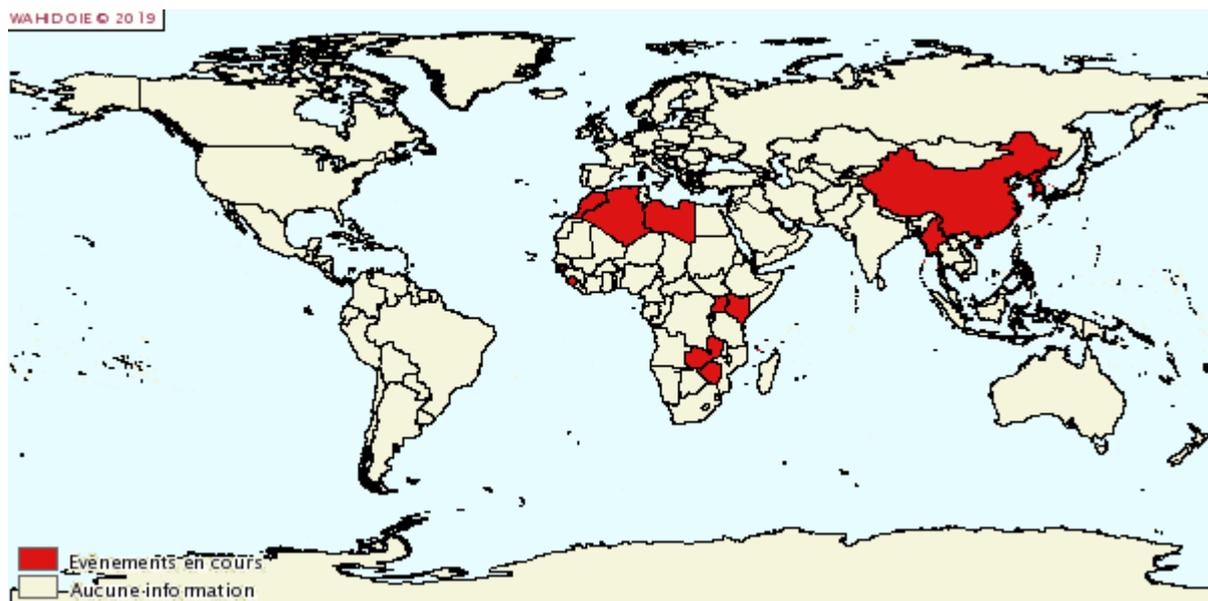


Photo 2 : La situation mondiale de la fièvre aphteuse (OIE, 2019)



*Photo 3. Cartes des foyers de fièvre aphteuse en Algérie du 28/06/2018 au 05/05/2019 (source: OIE, 2019)*

### **II.5. Importance :**

L'apparition de la fièvre aphteuse peut avoir des effets dévastateurs sur l'économie agricole des pays touchés, en particulier ceux qui en étaient jusque là indemnes. Ces pertes sont à la fois directes et indirectes du fait de l'embargo commercial qui suit l'apparition de la maladie .

Les pertes directes sont constituées par la mortalité, les baisses de production (lait et viande) et les coûts du contrôle (coût des abattages et compensations versées aux éleveurs etc....Les conséquences de la fièvre aphteuse sont à la fois locales et générales .Bien que les animaux ,adultes guérissent, la fièvre aphteuse a des conséquences à la fois immédiates et à plus long terme en raison des lésions locales qu'elle entraîne et des risques de complications bactériennes .Un des effets immédiats est la difficulté pour les jeunes à téter leurs mères en raison des lésions douloureuses des trayons .Pertes de poids ,avortements et infécondité passagères sont les autres effets de la maladie (James et Ellis , 1978 )(Perry et all, 1999).

La fièvre aphteuse cause des problèmes d'infertilité dans les élevages touchés, car en plus de l'avortement, s'ajoute l'incapacité de conception chez les femelles.

Outre ces effets directes sur l'état des animaux, l'éleveur doit aussi se soumettre aux interdictions de mouvements des animaux, y compris – aux pâturages et celles de vendre ses produits (en particulier le lait qui doit être détruit ou stérilisé) .

#### **II.5.1. Importance réglementaire :**

- Fléau majeur de l'élevage, la fièvre aphteuse est un danger sanitaire de première catégorie dans le monde, maladie réputée légalement contagieuse dans tous les pays et figure sur la liste de l'O.I.E. Elle nécessite un échange d'informations internationales en temps réel et exige une coordination de la prophylaxie à l'échelle mondiale. Elle bénéficie d'un laboratoire de référence international pour l'identification des virus à Pirbright (Grande-Bretagne)

En Algérie la fièvre aphteuse est structurée par

- La loi N° 88-08 du 26 Janvier 1988 relative à la médecine vétérinaire et de la protection de la santé animale.
- -Décret exécutif n°8 91-452 du 16 Novembre 1991, relatif aux inspections vétérinaires des postes frontières.

- Décret exécutif n° 06-119 du 12 Mars 2006 modifiant et complétant le décret exécutif N° 95- 66 du 22 Février 1995 fixant la liste des maladies animales à déclaration obligatoire et les mesures générales qui leur sont applicables...
- Arrêté interministériel du 06 mars 1999, relatif aux mesures spécifiques de lutte contre la fièvre aphteuse;
- Décisions ministérielles relatives aux campagnes annuelles de vaccination.
- Plan d'urgence.

### **II.5.2.Importance économique :**

La fièvre aphteuse est une maladie virale aiguë, très contagieuse, qui représente un réel fléau pour l'élevage, bien que la mortalité engendrée soit relativement faible. Elle provoque en effet des pertes de production dues à de graves séquelles, qui font de l'animal atteint une non-valeur économique (perte de croissance, baisse de production de lait...), et entraîne l'instauration de restrictions commerciales pouvant induire d'importantes pertes économiques. (Lefèvre et al, 2003).

La F.A. entraîne ainsi des pertes économiques sévères qui peuvent être directes (par exemple la baisse de production de lait) ou, dans un pays indemne de FA, par le coût de l'abattage des animaux. Les pertes peuvent également être indirectes, par exemple au niveau commercial.

De plus, cette affection présente une répartition cosmopolite, et sa forte contagiosité ainsi que l'intensité des échanges commerciaux entre les pays font du statut indemne d'un pays ou d'une zone un statut provisoire et temporaire (Rushton et al, 2012).

Les pertes directes visibles : les pertes liées directement à la fièvre aphteuse comprennent la réduction de la production laitière, réduction du taux de croissance, mortalité chez les jeunes estimée à 2% - 5%, les avortements, la baisse de la production laitière à 80% (Bullman & Terraza, 1976), (Barasa et al, 2008).

Parmi les pertes invisibles, c'est l'infertilité et donc en plus de l'avortement c'est l'incapacité des femelles à se reproduire qui s'ajoute.), (Baryssa et al 2011).

Les pertes indirectes sont liées au coût de la surveillance de la maladie, en effet les mesures de surveillance telles que les vaccinations et parfois des abattages, la quarantaine et les restrictions de mouvement, on estime que l'impact global annuel de la fièvre aphteuse en

terme de pertes de production et de coût de vaccination est de l'ordre de 6,5 à 21 milliards de dollars (Knight et Rushton ,2013).

Au-delà des impacts économiques, la maladie a également un impact sur

Le bien être de l'animal : la fièvre aphteuse est une maladie douloureuse et souvent incapacitante lors de sa phase aiguë, particulièrement chez les bovins et les porcins .Bien que dans la plupart des pays endémiques, la majorité des animaux atteints se rétablissent, les séquelles telles que les infections chroniques du pied ou les mammites peuvent avoir un impact sur le bien être des animaux longtemps après la phase aigue de la maladie.(OIE,2017)

Impact social : les foyers de la FA peuvent être préoccupants et psychologiquement dommageables pour les propriétaires des animaux dont les moyens de subsistance sont affectés par la maladie et les pertes qui en découlent .En outre, des contrôles sont imposés, tels que les restrictions de mouvements, peuvent perturber les activités sociales et la cohésion de la communauté. (FAO, 2017) .

### **II.5.3. Importance sanitaire :**

La fièvre aphteuse est une maladie transfrontalière majeure du bétail, hautement contagieuse, elle touche les bovins, les porcins ainsi que les ovins, les caprins ainsi que d'autres artiodactyles Toutes les espèces de cervidés, les antilopes ainsi que les éléphants et les girafes sont sensibles .Dans une population sensible, la morbidité est proche de 100%.

La maladie est rarement fatale chez les animaux adultes mais la mortalité est souvent élevée chez les jeunes en raison d'une myocardite ou par défaut d'allaitement si leur mère est atteinte par la maladie. (Arnaud, Emorine ,2001).

## **II.6. PATHOGENIE :**

Elle précise l'évolution du virus dans l'organisme des malades

### **II.6.1. Pouvoir pathogène du virus de la fièvre aphteuse :**

#### **a) L'incubation :**

À la suite d'une contamination muqueuse (ou d'inoculation expérimentale), le virus se multiplie in situ et dans tout l'organisme par virémie, au cours d'une incubation d'environ 48h à 15 jours, comportant une excrétion virale pré symptomatique, 48h après contamination. Avant même les symptômes annonçant la maladie, le sujet est donc déjà contaminant par voie aérienne, l'invasion lympho-hématogène étant produite.

Au début, le virus se réplique au niveau du site d'entrée, généralement dans la muqueuse et les tissus lymphoïdes associés à l'appareil respiratoire supérieur. Le virus peut être détecté dans l'oropharynx 1 à 3 jours avant le début de la virémie et l'apparition des signes cliniques. (Rivière et al, 2018)

#### **b) Phase clinique :**

L'évolution clinique de la fièvre aphteuse s'accomplit en une quinzaine de jours, alors que l'immunité post infectieuse peut s'étendre sur de nombreux mois, sinon des années (figure 1). Cette évolution peut varier selon les espèces animales infectées.

- Suite à la première répllication, le virus atteint la circulation sanguine ou il peut circuler pendant 3 à 5 jours. La phase fébrile se situe pendant cette phase virémique.
- Une phase secondaire de répllication se produit alors dans les principaux sites de prédilection, l'espace inter digité, la langue, les gencives les trayons, la glande mammaire et le cœur chez les jeunes animaux, c'est pendant ce temps que se forment des vésicules sur les sites de répllication secondaire
- Au cours de la phase aigue de la maladie, toutes les sécrétions et excréctions des animaux infectés sont contagieuses (salive, urine, selles, lait, semence), (Duffour, Rivière, 2018).

**c) Phase post clinique :** excepté les complications septiques des aphtes, la mort des jeunes sujets et les complications cardiaques irréversibles, la convalescence s'amorce et la guérison clinique apparente est constatée en une dizaine de jours environ. (Rivière et al, 2018).

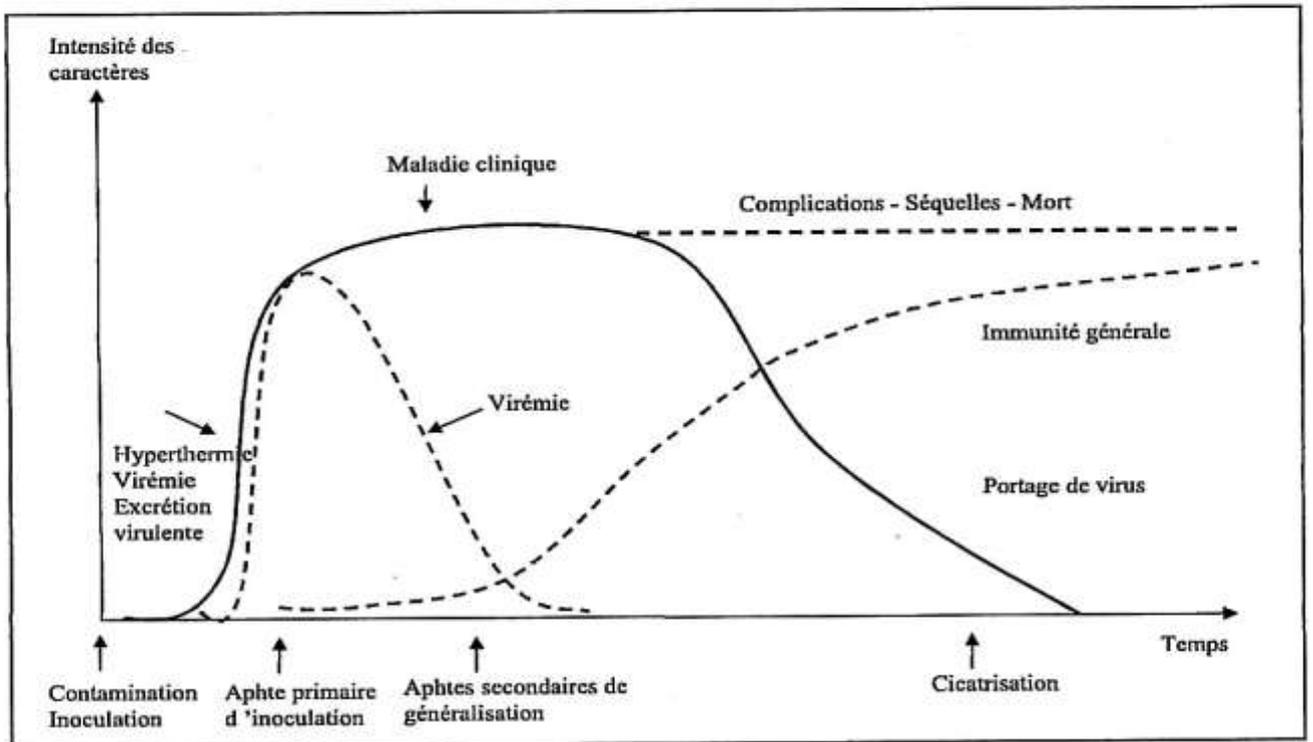


Figure 1 : Evolution théorique du processus aphteux (Toma B DuffourB, RivierreJ, et al. 2018)

### **II.6.2. Pouvoir pathogène naturel :**

- ✓ Variations quantitatives (l'agressivité) : ces variations portent sur le potentiel de diffusion et sur l'intensité du pouvoir pathogène. Certaines souches possèdent une contagiosité extrêmes et provoquent des épizooties traçantes, alors que d'autres ont une contagiosité plus limitée, de même, le taux de létalité varie en fonction des souches.

- ✓ Aspects qualitatifs (la virulence) : Le virus aphteux présente deux tropismes distincts :

A l'espèce : réceptivité spontanée des artiodactyles et au laboratoire de certains rongeurs, souriceau.

A l'épithélium : épithélio tropisme ,illustré par des lésions aphteuses et les contaminations essentiellement des muqueuses ,aussi un cytotropisme responsable des dégénérescences myocardiques .(Thomas et al, 2009).

### **II.6.3. pouvoir antigène et immunogène**

Le virus de la fièvre aphteuse est antigénique ment hétérogène. Il existe sept types sérologiques : O,A,C,SAT-1.SAT-2,SAT3 et Asia-1. Chaque sérotype de virus est antigénique ment différent des six autres .Par ailleurs, il existe une grande variation antigénique à l'intérieur de certains sérotypes.

L'infection par le virus aphteux entraîne l'apparition d'anticorps et l'installation d'une immunité spécifique. Les anticorps sont détectables par séro neutralisation, ELISA ou fixation du complément. C'est le virion complet qui est immunogène mais la protéine la plus externe, appelée VP1, est seule responsable de l'immunité. (Gourreau ,2010)

Du fait de la pluralité des souches et de la spécificité de cette protéine, l'immunité qu'elle confère ne protège pas contre tous les virus : un même animal peut être atteint par plusieurs types de virus de fièvre aphteuse en même temps, ou successivement. Les anticorps produits par une infection sont dirigés à la fois contre les protéines structurales (notamment VP1, qui porte les épitopes neutralisants) et non structurales du virus, tandis que les anticorps produits lors d'une vaccination à l'aide d'un vaccin purifié ne sont dirigés que contre les protéines structurales, ce qui permet de différencier les animaux infectés des animaux vaccinés.

Les anticorps apparaissent dès la première semaine qui suit l'infection, atteignent leur maximum à la fin de la troisième semaine. Ils peuvent persister durant plusieurs années. Des vaccins à virus inactivé sont utilisés dans les pays où la seule prophylaxie sanitaire ne suffit pas à enrayer l'épizootie. Leur composition est adaptée à la nature de la souche en cause. La

protection qu'ils confèrent débute dès le quatrième jour après la vaccination et dure de 4 à 12 mois suivant les espèces. (Chermette, 2003) .

## **II.7.SOURCES DE CONTAMINATION ET VOIES DE TRANSMISSION :**

### **II.7.1 Sources de contamination de la fièvre aphteuse :**

Elle est constituée par les animaux infectés et transitoirement par le milieu extérieur contaminé.

La fièvre aphteuse est l'une des maladies virales les plus contagieuses connues. Ceci est parce qu'il faut une dose infectieuse très faible pour entraîner une infection et le virus est produit en très grande quantité. (Bauer, 1997).

La fièvre aphteuse est une maladie à morbidité élevée et mortalité faible des animaux infectés, ces derniers restent donc en vie et peuvent infecter d'autres.

- par contact direct entre animaux.
- par les produits animaux ; le virus peut se propager par les déchets alimentaires non traités ou en donnant du lait non –traité aux jeunes animaux.
- par transmission mécanique ; le virus est présent dans les sécrétions et excréments et persiste sur les chaussures, vêtements, véhicules, etc..
- par le vent ; les virus aéroportés exhalés peuvent être transportés par le vent. Ceci est plus probable s'il y a excrétion de grande quantité de virus et sous certaines conditions météorologiques. Bien que la propagation du virus de la fièvre aphteuse sur de longues distances soit possible par cette voie, elle n'est pas aussi fréquente que la transmission par contact entre animaux ou à partir du matériel contaminé.

Tout animal malade ou apparemment sain, constitue une source potentielle de virus aphteux. Il peut en outre rester porteur du virus et contagieux durant toute son existence. L'excrétion est massive, mais variable en intensité et en degré d'infection.

- a) Femelle infectées au moment de la vidange de l'utérus gravide : le contenu de l'utérus gravide représente la matière virulente essentielle. Il est expulsé dans le milieu extérieur au moment de l'avortement ou à l'occasion d'une mise bas apparemment normale, c'est ce que l'on désigne sous la dénomination de notions « d'avortement contagieux ou de mise bas contagieuse ;
- b) Sécrétions vaginales : elles peuvent représenter une matière virulente importante surtout dans la période qui précède qui suit un avortement ou une mise bas chez la femelle infectée.

- c) Les avortons, les eaux et les enveloppes fœtales sont virulents lors d'avortement dû au virus.
- d) L'urine représente l'excrétion la plus dangereuse à long terme chez les sujets aphteux, apparemment guéris, mais excréteurs par la suite le fumier les lisiers sont virulents.
- e) Colostrum et lait : le colostrum et le lait virulent précocement et le demeurent d'une manière intermittente pendant 5 à 7 jours.
- f) Le sperme et les embryons surgelés sont également contaminants ;
- g) Le sang ne recèle habituellement pas de virus après 8 jours mais une virémie résiduelle peut se prolonger jusqu'à 158 jours.
- h) La salive demeure contagieuse de 6 à 13 jours de même que les larmes et le liquide œsophagien.
- i) Les aphtes sont très riches en virus mais leur virulence se tarit dès le 4<sup>ème</sup> jour après leur rupture ; déglutis, ils conditionnent la virulence des excréments
- j) La laine des moutons est aussi contaminant. (Lefèvre, 2003).

Ainsi, l'excrétion du virus peut commencer 2 jours avant l'apparition des signes cliniques, mais le virus peut être détecté dans le lait jusqu'à 4 jours avant les signes cliniques.

L'excrétion du virus cesse environ 4-5 jours après l'apparition des vésicules, sauf dans les sécrétions oesophago-pharyngienne (Alexandersen et al 2003). (Charleston et al, 2011) .

L'excrétion peut se poursuivre pendant plusieurs semaines ou mois chez certains individus, on parle donc de porteurs pharyngés chroniques.

La survie du virus aphteux dans les conditions naturelle est fonction des U.V, du pH de l'humidité et de la température .La météorologie conditionne donc la survie du virus aphteux dans le milieu extérieur .Il a été ainsi démontré qu'il peut survivre :14 jours dans des matières fécales sèches 39 jours dans l'urine 6mois dans le lisier en hiver,3jours sur le sol en été ,jusqu'à 20 semaines dans le foin et la paille (Bartley et al ,2002).

Réceptivité :

Le pouvoir pathogène et contagieux du virus est tel que les facteurs intrinsèques ou extrinsèques, hormis la réceptivité d'espèce n'influent que discrètement, sauf pour modifier l'allure clinique de la maladie.

- Facteurs intrinsèques : les sujets de race améliorée sont atteints plus sévèrement, les jeunes meurent fréquemment, les femelles présentent mammites et avortement
- Facteurs extrinsèques : ils se bornent à majorer la gravité des lésions (déplacements forcés et transhumance, traite, absorption de fourrage, affections intercurrentes (Duffour et al ,2018)

**II.7.2. Source de Transmission du virus de la fièvre aphteuse :**

**A) Transmission directe :**

La fièvre aphteuse est l'une des maladies animales les plus contagieuses. L'infection peut facilement se propager par contact direct entre les animaux, c'est du reste le mode le plus important et le plus fréquent de transmission une fois que le virus a été introduit dans une population sensible. (Lefèvre, 2003)

La concentration des animaux est un facteur déterminant de la transmission de la maladie. Elle peut diffuser rapidement dans les zones d'élevage intensif en raison de la densité élevée de la population animale, entraînant un haut niveau d'excrétion du virus par les animaux infectés et un risque important de contamination de l'environnement.

A l'inverse dans les zones de pâturage extensifs (en Afrique et en Amérique du Sud par exemple) la diffusion du virus est plus insidieuse. Néanmoins elle peut être extrêmement rapide du fait des mouvements des animaux infectés et de leur contact avec d'autres animaux sur les marchés à bestiaux ou les foires.

Dans ce contexte, les animaux excréteurs de virus qui ne montrent pas encore de symptômes ou de lésions visibles jouent un rôle particulièrement important dans la diffusion de la maladie.

Les petits ruminants qui présentent des formes asymptomatiques, jouent également un rôle considérable dans la diffusion et le transport du virus (Anderson et al, 1976).

**Transmission indirectes :**

Elle est très importante .Le virus peut rester infectieux pendant une longue période dans l'environnement.

| Milieux          | Durée de survie |
|------------------|-----------------|
| Fèces desséchées | 14 jours        |
| Lisier           | 6 mois          |
| Urine            | 39 jours        |
| Sol en été       | 3 jours         |
| Sol en hiver     | 28 jours        |

L'Homme peut facilement transmettre le virus par ses vêtements et chaussures .Le virus peut aussi se retrouver sur les mains, voire au niveau des cavités nasales et donc la diffusion de la maladie entre élevages a longtemps été attribue aux déplacements des vétérinaires et autres intervenants, inséminateurs et techniciens.

La diffusion de la maladie au niveau international a souvent été associée à l'importation de produits animaux contaminés .Beaucoup de foyers primaires de fièvre aphteuse ont pour origine la distribution a des porcs de déchets de nourritures contaminées. (Blancou,2003).

Bien que le virus fièvre aphteuse soit inactivé dans la viande lorsque les carcasses subissent le processus normal de maturation qui baisse son PH, l'infectivite peut persister dans les nœuds lymphatiques et la moelle osseuse pendant de très longues périodes .

La transmission de la fièvre aphteuse est possible par la semence lors d'insémination artificielle .En revanche, les transferts des embryons sont sans risques on utilise des embryons correctement collectes et lavés.

La possibilité d'une transmission sexuelle du virus du buffle africain aux vaches domestiques a aussi été envisagé pour les types SAT (Bastos et al ,1999).

Cette suspicion est basée sur l'isolement du virus des voies génitales et de la semence, ainsi que la nécessité de la présence de buffles mâles pour qu'il y ait transmission. Cependant cette hypothèse reste controversée. (Bastos et al, 1999).

### **B) Source de virus**

Le virus est excrété en grande quantité dans l'air expiré et toutes les sécrétions et excréments, y compris le lait et la semence. Les vésicules après rupture sont aussi des sources importantes de virus. Lors de l'expiration, les porcs excrètent dans l'air de grandes quantités de virus jusqu'à 400 millions de dose infectieuses 50 pour cent DI50 par jour, alors que les bovins excrètent au maximum 120 000 par jour DI50.

Le virus de la fièvre aphteuse a été détecté dans le lait et dans la semence de bovins infectés expérimentalement respectivement pendant 23 et 56 jours après les premiers signes de la maladie.

## **II.8. DIAGNOSTIC:**

### **II .8.1. Diagnostic épidémiologique :**

Compte tenu de sa forte contagiosité, la fièvre aphteuse évolue extrêmement vite dans les troupeaux non immunisés, notamment dans les élevages intensifs de porcs ou de bovins. Le contact avec des animaux pouvant être infectés ou l'introduction d'un animal- même s'il n'a pas présenté de symptômes – sont des éléments importants à prendre en compte. De même l'importation récente, légale ou illégale, de viande à partir d'un pays potentiellement infecté sont des éléments qui peuvent faire suspecter la fièvre aphteuse. (Chermette, 2003)

### **II.8.2. Diagnostic anatomopathologique :**

L'autopsie n'apporte pas d'éléments majeurs pour le diagnostic, sauf chez les jeunes animaux où les lésions cardiaques peuvent être un élément du diagnostic. (Lefèvre et Blancou, 2003).

### **II.8.3. Diagnostic différentiel**

Cliniquement, il est impossible de distinguer la fièvre aphteuse des autres maladies vésiculeuses d'origine virale, en particulier au stade aigu quand les vésicules sont intactes ou ne sont rompues que depuis peu.

Parmi les maladies vésiculeuses, il faut citer la maladie vésiculeuse du porc, l'exanthème vésiculeux et la stomatite vésiculeuse, c'est la raison pour laquelle deux de ces maladies sont classées dans la liste A de l'OIE au même titre que la fièvre aphteuse.

D'autres maladies peuvent être aussi confondues avec la fièvre aphteuse, la maladie doit être différenciée de la peste bovine (actuellement éradiquée), la diarrhée virale bovine, la maladie des muqueuses, la rhino trachéite infectieuse bovine, la fièvre catarrhale ovine, la maladie hémorragique épizootique, la stomatite papuleuse, l'ecthyma contagieux, la fièvre catarrhale maligne et de la stomatite vésiculeuse (Organisation mondiale de la santé animale, 2009). (Thomson et Bastos, 2004).

### II.8.4. Diagnostic de laboratoire :

Il est d'une importance capitale et permet la confirmation précise et rapide d'une suspicion clinique et l'identification précoce du type viral et de la souche, éléments importants pour les enquêtes épidémiologiques.

#### II.8.4.1 Prélèvements :

Il est primordial de collecter les échantillons appropriés de telle manière qu'ils soient utilisables pour le diagnostic. Pour la recherche virologique La source la plus riche de virus pour sa détection est le liquide vésiculaire ou l'épithélium de lésions fraîches.

Le matériel et les instructions écrites appropriées doivent être fournis. Ils doivent être effectués sur plusieurs animaux du troupeau, collectés à partir des lésions buccales, podales ou d'autres localisations.

Bien que les antigènes viraux soient détectables à partir de la plupart des sécrétions et des excréments, les échantillons les plus couramment prélevés sont les suivants :

- Liquide vésiculaire d'une vésicule non rompue : c'est la source la plus riche de virus pour sa détection
- Epithélium des lésions fraîches (1-3 jours)
- Ecouvillons oro pharyngés ou nasaux.
- Salive.
- Sang : le virus peut être isolé du sang par PCR dans les stades viraux précoces de l'infection. (Alexanderson ,2003).

#### II.8.4.2. Transport des prélèvements :

Les prélèvements conditionnés sans milieu de conservation devront être mis au frais et acheminés au laboratoire sous glace dans un délai de moins de 48h.

Les prélèvements dans le milieu conservateur (tampon Glycérine-phosphate) peuvent se conserver plus longtemps .Il est préférable de les conserver à + 4°C et de ne pas les congeler .Les emballages et boites pour le transport doivent correspondre aux réglementations en vigueur.

Pour la sérologie des échantillons du sang total coagulé sont requis.

Des échantillons de sang sur EDTA peuvent être nécessaires pour les tester par PCR .

#### II.8.4.3. Mesures de biosécurité :

Compte tenu du haut risque de diffusion de la maladie, l'analyse des prélèvements et la manipulation du virus de la fièvre aphteuse ne peuvent se faire que dans un laboratoire remplissant les conditions requises en matière de biosécurité.

A noter que l'origine de certains foyers a été attribuée à du virus « échappé » de laboratoire ou d'institut de production de vaccins.

Dans la pratique, il est recommandé d'adresser les prélèvements au laboratoire national, si ce dernier ne dispose pas des équipements et des réactifs nécessaires pour le diagnostic, et/ ou des conditions de sécurité appropriés ,les prélèvements seront adressés au laboratoire régional ou au laboratoire mondial de référence de Pirbright (Royaume Uni),recommandé en vue de confirmer le diagnostic et de procéder à la caractérisation complète de la souche et sa comparaison avec les souches de référence.(Bartley et al,2002).

#### II.8.4.4. Identification du virus

**Recherche des porteurs de virus** Le dépistage des porteurs de virus pharyngés s'effectue par la méthode dite du « probang test ». Le raclage de la muqueuse pharyngienne est inoculé à des cultures de cellules thyroïdiennes de veau (les plus sensibles au virus aphteux) (délai : 5 jours).

**Isolement du virus :**

Le virus de la fièvre aphteuse peut être isolé en utilisant une grande variété de cellules : cellules primaires de thyroïde de veau, cellules de rein de veau, cellules de rein de porc, cellules de lignée IB-RS2 et VERO).

Les souriceaux de 2 à 7 jours peuvent aussi être utilisés .L'isolement du virus peut prendre entre 2 et 7 jours selon les souches (Blancou et al ,2003).

**a- Amplification en chaîne par polymérase :**

La réaction d'amplification en chaîne par polymérase (PCR) est de plus en plus utilisée pour le diagnostic .Il faut cependant éviter de l'utiliser seule et il convient de lui préférer les tests classiques notamment l'ELISA et l'isolement sur culture cellulaire ,pour le diagnostic primaire .Sa grande sensibilité en fait un test complémentaire extrêmement utile pour détecter de faibles quantité d'ARN viral ,en particulier dans les prélèvements réalisés avec une curette œsophagienne (épreuve Probang ) ou par écouvillonnage (Blancou et al).

**b- Détermination de la souche virale :**

Le séquençage du génome viral est utilisé pour déterminer la souche du virus .Généralement, la partie V du génome est séquencée.

Comme le virus de la fièvre aphteuse connaît des mutations rapides, les souches virales évoluent constamment et petits changements dans la séquence virale nous permettent d'obtenir des informations importantes sur les mouvements spatio-temporels du virus.

Le Séquençage des virus de la fièvre aphteuse est généralement effectué dans les laboratoires de référence spécialisés .Les bases de données des virus séquencés précédemment sont disponibles, et permettent de suivre le mouvement géographique global des souches virales.

Les séquences des souches vaccinales courantes sont connues, et il est possible de déduire certaines informations sur la protection globale conférée par un vaccin si nous connaissons la similarité de sa séquence avec celle de la souche de terrain.

Cependant, comme nous ne savons pas si les mutations génétiques entraîneront des différences antigéniques, les techniques d'appariement des vaccins « vaccines matching » sont importantes pour déterminer la protection globale qu'une souche vaccinale donnée confèrera contre la souche du virus circulant.(Doel, 2005)

#### **II.8.4.5 Diagnostic sérologique :**

La mise en évidence des anticorps dirigés contre le virus de la fièvre aphteuse se fait par deux méthodes : la neutralisation virale ,et l'ELISA ( Roder & Smith ,1987)

##### **Neutralisation virale :**

La neutralisation virale est dépendante du type de virus et nécessite le recours au virus vivant et aux cultures cellulaires .Comme le diagnostic viral, elle doit donc être réalisée dans des conditions strictes de sécurité et d'isolement (Laboratoire P3 ) .L'ELISA ,lorsqu'il est réalisé avec un antigène inactivé ,permet de se libérer de ses contraintes .(Lefèvre,2003).

##### **a-ELISA :**

Il existe différents tests ELISA de détection des anticorps dirigés contre le virus de la fièvre aphteuse .Le test le plus couramment utilisé jusqu'à présent est le test ELISA bloquant en phase liquide (« Liquid Phase Blocking ELISA » ou LPBE) .(Hamblin et al,1986)

De nouveaux tests Elisa permettant la détection des anticorps dirigés contre les protéines non structurales du virus ( 3D,3C,3 ABC) ont été mis au point avec succès ces dernières années .Les protéines non structurales n'étant synthétisées que lors de la multiplication du virus ,ces tests permettent donc de distinguer les anticorps générés par l'infection de ceux induits par la vaccination .Ces tests donnent d'excellents résultats pour un diagnostic au niveau du troupeau (Lefèvre,2003)

##### **b- Autres tests :**

Le test de diagnostic rapide sur terrain est un dispositif qui permet de tester rapidement la présence de l'antigène viral, il est hautement spécifique et possède une sensibilité semblable à celle du test ELISA- antigène réalisée au laboratoire, il détecte les 7 sérotypes .Délai pour les résultats :10 à 30 mn .Toute fois ce test n'est pas encore reconnu par l'OIE .(FAO,2017)

#### **II.9 .PROPHYLAXIE :**

Les méthodes classiques de prophylaxie sanitaire peuvent être appliquées à la fièvre aphteuse de façon exclusive ou en association avec la prophylaxie médicale .La prophylaxie sanitaire exclusive fait appel à des méthodes différentes en fonction de la situation épidémiologique : en pays ou en région indemne, il s'agit de méthodes défensives destinées à empêcher l'introduction du virus aphteux , en pays ou en région infecté, il s'agit de méthodes

offensives destinées à supprimer la production et la transmission du virus.(Blancou&Chermette,2003).

### **II.9.1. PROPHYLAXIE SANITAIRE**

La stratégie dépend des méthodes d'élevage (intensif, extensif, des densités d'animaux et d'espèces prédominantes.

En absence de maladie elle comprend, le contrôle des mouvements des animaux sensibles et des produits animaux, quarantaine à l'importation pour les animaux vivants, campagne d'information et contrôles aux frontières.

En cas de foyers , et selon la réglementation locale ,la prophylaxie sanitaire comprend l'abattage et destruction des malades et contaminés (politique de « stamping out » ),nettoyage et désinfection ,isolement des malades et contaminés (quarantaine ) , définition des zones de protection (3km) et de surveillance (10km ) autour du foyer avec interdiction des mouvements d'animaux entre les zones , enquête épidémiologique en aval et en amont et mise sous surveillance des animaux suspects ,application de la vaccination en anneau.(Blancou et al,2003).

### **II.9.2 PROPHYLAXIE MEDICALE**

#### **a-Vaccination de routine**

Cette stratégie utilisée, dans la plupart des pays d'Europe continentale jusqu' a 1991 a aboutit à l'éradication de la maladie.

Il est généralement admis qu'une couverture immunitaire d'environ 85 pour cent de la population sensible est nécessaire pour prévenir la diffusion de la maladie .Une couverture vaccinale inférieure à 60 pour cent est considérée comme insuffisante pour stopper la progression du virus en cas d'introduction.

L'épisode de 1999 en Afrique du Nord a confirmé ces données : les deux pays ou une vaccination systématiques des bovins avait été maintenue ( Maroc ,Tunisie ) n'ont eu qu'un nombre limité de foyers lorsque le virus a été introduit (Ryan J .1999.

**b- Vaccination stratégique :**

Dans beaucoup de pays ,la forte prévalence de la maladie ,ou certains facteurs socio économiques ,rendent la politique d'abattage difficile et la vaccination généralisée impossible .Dans cette situation ,la vaccination stratégique peut être utilisée pour limiter l'impact de la maladie .Cependant cette politique ne peut être efficace que si elle est associée à d'autres mesures de lutte comprenant des programmes de surveillance ,des mesures de quarantaine et l'établissement de zones à statut définis .(Lefèvre,2003).

**c- Vaccination d'urgence :**

La vaccination d'urgence peut avoir l'un des deux objectifs suivants, selon que la vaccination est entreprise dans une zone infectée ou autour de cette zone.

Vaccination d'urgence de couverture dans la zone infectée : l'objectif est alors de réduire la quantité de virus produit dans la zone infectée, on parle dans ce cas de vaccination suppressive car les animaux vaccinés sont ensuite abattus.

Vaccination d'urgence de protection autour de la zone infectée : l'objectif est d'établir une ceinture d'animaux vaccinés et protégés autour d'une zone infectée, réduisant ainsi le risque de diffusion de l'infection en dehors de la zone infectée ( en particulier par voie aérienne ) et l'apparition de foyers secondaires .(Blancou et al,2003 )

**d- Choix des vaccins et des souches vaccinales :**

L'utilisation des vaccins est en général décidée par les autorités nationales ou régionales en fonction de leur politique .Les normes internationales pour le vaccin contre la FA peuvent être trouvées dans la pharmacopée européenne ( 1993 ) et dans le Manual of standards for diagnostic tests and vaccines de l'OIE .Deux types de vaccins à virus inactivés sont couramment disponibles : les vaccins additionnés d'hydroxyde d'alumine-saponine (adjuvant de l'immunité ),utilisables seulement chez les ruminants et les vaccins à adjuvants huileux utilisables à la fois chez les porcs et chez les ruminants .

Le choix de la souche ou des souches dépend de la similitude antigénique entre souches de terrain et souches vaccinales .Les souches vaccinales sont sélectionnées pour leur immunogénicité ( mesurée par la dose protectrice 50 p.100 » : DP50), leur capacité à se multiplier sur culture cellulaire et l'étendue de leur spectre antigénique .Lors de l'isolement,

les souches de terrain sont comparées par la méthode ELISA ou par neutralisation virale, (Lefèvre ,2003).

# CHAPITRE 2

### III L'INFECTIOLOGIE DE LA FIEVRE APTEUSE ET SON EFFET SUR LA FERTILITE CHEZ LES RUMINANTS.

#### III.1. Description du virus :

##### I] taxonomie.

Le virus de la fièvre aphteuse appartient à la famille des Picornaviridae et il est le chef de file du genre Aphotavirus. La famille des Picornaviridae a été officiellement créée en 1970, lors du Congrès International de Microbiologie qui s'est tenu à Mexico, elle est actuellement divisée selon des critères physiques et génétiques en différents genres :

##### Famille des Picornaviridae

| Genre        | Membre  |
|--------------|---|
| Entérovirus  | Poliovirus 1,2,3<br>Virus Coxsackie<br>Virus Echo<br>Entérovirus humain ,simiens,bovins,porcins |
| Rhinovirus   | Rhinovirus humain<br>Rhinovirus Bovins  |
| Cardiovirus  | Virus de l'énéphalo –myocardite murine<br>Virus Mengo   |
| Aphotavirus  | Virus de la Fièvre aphteuse   |
| Hepatovirus  | Virus de l'hépatite A   |
| Parechovirus | Parechovirus humain   |

##### Classification dans la famille des Picornaviridae

### 3. Espèces affectées

.Parmi les espèces domestiques atteintes, on peut citer, les bovins, les ovins, les caprins et les porcins, mais aussi les buffles et les camélins. Quant aux espèces sauvages, nombreuses sont les espèces de ruminants et de suidés qui peuvent en être affectées et qui constituent un gibier ou qui sont présentes dans des parcs zoologiques (cerf, chevreuil, sanglier, etc...) (Thomson, 1994). En revanche, le cheval, les carnivores et les oiseaux sont insensibles à la maladie

#### III.2. Caractéristiques du virus :

##### 1- Morphologie, dimensions et structure :

###### Le virion :

Il est formé d'un cœur central d'acide nucléique (31%) et d'une capsidie protéique (69%) composée de 20 capsomères. Le virus de la FA est dépourvu d'enveloppe : il s'agit d'un virus nu. Le virion se présente au microscope électronique sous forme de particules grossièrement sphériques, mûriformes, mesurant de 20 à 28 jusqu'à 30 nm de diamètre : il s'agit donc d'un virus de très petite taille. Le virion aphteux a la forme d'un icosaèdre, forme géométrique à 20 faces, 30 arêtes et 10 sommets. Sous l'influence de divers facteurs, le virion peut se dissocier en éléments qui sont l'ARN, d'une part, et des sous-unités protéiques, d'autre part, dont la plus connue est appelée 12 S (Thiry et *al*, 1999 ; Toma et *al*, 2009). (Figure n°1)

###### Les sous-unités protéiques

Ce sont des structures mesurant de 7 à 8 nm, composées de capsomères.

##### 2- Composition chimique

Le virus de la FA est composé d'acide nucléique et de protéines. Il ne contient ni glucide ni lipide, d'où son insensibilité aux solvants des lipides.

###### L'acide nucléique

L'acide nucléique du virus de la FA est un acide ribonucléique monocaténaire (figure1).

Il est dépourvu de pouvoir antigène et immunogène, mais est responsable du pouvoir infectant.

On estime généralement qu'une mutation est introduite par 10 000 nucléotides et par cycle de réplication : le génome du virus de la fièvre aphteuse comportant 6 900 nucléotides, on imagine aisément le nombre de mutations pouvant s'accumuler dans les virus au cours de

l'infection d'un animal. Dans une population virale, il n'existe probablement aucun virus identique à un autre.

Cet ensemble de virus différents, mais pour lesquels un génome moyen peut être défini, s'appelle une quasi-espèce (Thiry *et al*, 1999 ;Tomaet *al*, 2009).

### **Les protéines de la capsid**

Elles sont au nombre de 4 (Figure 1) : VP1, VP2, VP3 et VP4 (VP = Viral Protein). VP1, VP2 et VP3, cinq fois répétées, constituent une face de l'icosaèdre (particule 12S). La protéine virale VP4 est une protéine interne à la capsid. Elle sert à rattacher l'ARN viral à la surface intérieure de cette boîte protéique qu'est la capsid (Toma *et al*, 2010).

### **Des protéines non structurales**

Elles interviennent dans la réplication du virus. La recherche des anticorps correspondants est utilisée pour détecter l'infection d'animaux vaccinés (Toma *et al*, 2009).

Le polypeptide VP1, le plus externe, intervient dans la fixation du virus sur les cellules et constitue l'un des éléments structuraux immunogènes essentiels. Sa structure est à la base des travaux de génie génétique et de génie chimique ; sa séquence précise a pu être publiée pour de nombreuses souches. La protéine VP1 seule est beaucoup moins immunogène que la particule virale complète, en effet, la structure spatiale de la VP1seule est différente de celle de la VP1 sur la particule virale (Toma *et al*, 2009).

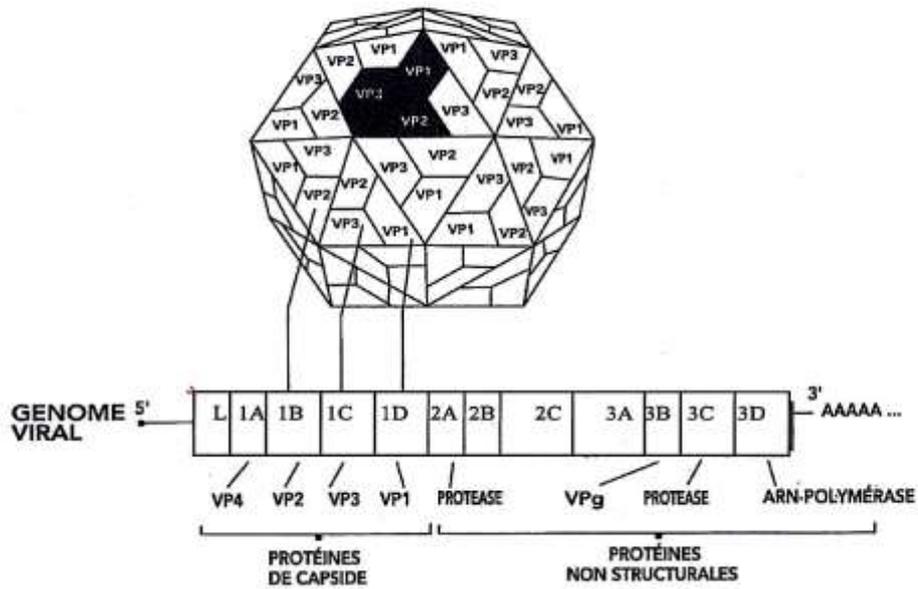


Figure2 : génome et structure du virus de la fièvre aphteuse (E.Thirv et R.Baazizi- 1999)

### 3 Propriétés Physico-chimiques

Trois propriétés sont capitales et à l'origine de conséquences ou d'applications pratiques.

#### **L'adsorbabilité :**

Le virus de la FA peut s'adsorber sur divers éléments inertes ou figurés, par exemple sur l'hydroxyde d'aluminium. Cette propriété permet une concentration du virus en vue de la préparation de vaccins à virus inactivé (Toma *et al*, 2010).

#### **L'inactivation :**

Le virus de la FA est stable à pH compris entre 7 et 7,7. À pH inférieur à 7, le virus est très rapidement inactivé et il perd complètement son pouvoir infectieux à un pH inférieur à 6.

Ainsi, la maturation spontanée des viandes (acidification lactique) détruit rapidement le virus et il est possible de récupérer les viandes provenant d'animaux atteints de FA, sous certaines conditions de fabrication (décontamination de surface, désossage, dégraissage).

Le virus de la FA est détruit par les bases (soude caustique : désinfectant de choix) et par le formol, agent d'inactivation utilisé dans la préparation des vaccins (formol à 0,50/00)

.D'autres agents d'inactivation peuvent être employés : N-acétyl-éthylène-imine ou d'autres dérivés des azaridines, glycéraldéhyde, etc.... Le virus aphteux est sensible à la sécheresse (climat sec) (Toma *et al*, 2009).

#### **La résistance :**

Le virus aphteux étant nu, il résiste à la plupart des agents physiques et chimiques : le froid conserve bien le virus de la FA, surtout la congélation qui permet d'assurer le stockage des souches et des tissus virulents en vue de la production de vaccin. En revanche, le virus est sensible à une température de 56°C pendant 30 mn ; en aérosol, la stabilité du virus est d'autant plus élevée que l'humidité relative est importante. Cette propriété conditionne la diffusion du virus dans la nature. La glycérine assure la conservation du virus (glycérine à 50 %) et a pu être utilisée dans le passé pour l'expédition au laboratoire des prélèvements d'aphtes ; elle supprime les pollutions bactériennes gênantes pour le diagnostic, sans inactiver le virus lui-même (Toma *et al*, 2014).

**Température** Préserve par la réfrigération et la congélation et progressivement inactive par les températures supérieures à 50°C

**pH** Inactive à pH <6,0 ou >9,0.

**Désinfectants** : Inactive par l'hydroxyde de sodium (2 %), le carbonate de sodium (4 %) et l'acide citrique (0,2%). Résiste aux iodophores, aux ammoniums quaternaires, aux hypochlorites et au phénol, surtout en présence de matières organiques.

**Résistance** :résiste dans les ganglions lymphatiques et la moelle osseuse a pH neutre mais est détruit dans les muscles a pH <6,0, c'est-à-dire Après apparition de la rigidité cadavérique virulence persistante jusqu'à un mois dans les aliments contaminés et dans l'environnement (variable selon la température et le virus)

### **III.2. Etapes de l'infection :**

#### **II.2.1. Porte d'entrée du virus :**

L'appareil respiratoire est la voie la plus importante d'infection chez les ruminants, et de très petites quantités peuvent suffire, les bovins et les ovins peuvent s'infecter avec 10 à 25 doses infectieuses sur culture de tissu (DICT50).

La voie respiratoire est aussi la porte d'entrée habituelle du virus chez les suidé, mais ceux-ci sont beaucoup plus sensibles à l'infection par voie orale que les ruminants.les porcs peuvent s'infecter par voie orale avec 8 00DICT50 alors que pour les bovins l'infection nécessite 600 000 dict50.

**III.2.2. Voie de pénétration et de dissémination** : après une multiplication primaire du virus dans la muqueuse pharyngienne, le virus est transporté par la circulation lymphatique et sanguine dans les sites de multiplication secondaires tels que les nœuds lymphatiques, les tissus épithéliaux dans et autour de la bouche et des pieds ainsi que dans la glande mammaire chez les femelles (Généralités Maladies virales, 2003).

Le virus peut aussi pénétrer à travers des lésions de la peau et des muqueuses ,de telles lésions peuvent résulter de blessures causées par des aliments grossiers ,des lésions des mamelles par la machine à traire ,etc. ...Une quantité de virus de 10 DICT 50 peut suffire à causer une infection par cette voie .

Après inspiration, les gouttelettes chargées de virus sont transportées par l'action des cils tracheo bronchiques jusqu'au pharynx, l'invasion virale déclenche une hyperthermie et l'apparition des signes généraux.

La virémie entraîne alors la virulence des excréments et sécrétions, qui deviennent contaminants .En dépit de son irrégularité, cette excrétion précoce du virus de la FA rend compte de la déconcertante rapidité de la diffusion de la maladie rapportée par beaucoup d'auteurs dès le début du XX e siècle.

La virémie permet l'essaimage endogène des virus présents dans les lésions vésiculaires. L'apparition de ces lésions vésiculaires secondaires est contemporaine de la régression des signes généraux et fébriles.

En absence de surinfection elle préfigure la guérison des la cicatrisation des lésions locales, très riches en virus et hautement infectantes tout au long de leur évolution.<sup>9</sup>

(Kim, Remond, 2000).

Le virus entraîne une destruction rapide de la cellule (effet cytopathogène sur tapis cellulaire et sur cellule isolée). Après une phase primaire d'absorption et de pénétration (2 h), la phase secondaire correspond à la décapsidation, puis à la synthèse des nouveaux virions à partir de l'ARN (introduction de l'ARN et de la capsid, construction du virion définitif). À la phase ultime, la libération des virions mûrs et infectants (50/00des virions produits) s'effectue par éclatement cellulaire.

Au cours des passages en série, le pouvoir pathogène pour les espèces spontanément réceptives diminue, mais il ne disparaît jamais complètement. A l'heure actuelle, il existe quelques souches de virus aphteux modifié utilisées comme vaccin dans le monde

### III.2.3. Phase de localisation

En effet ,le *virus présent* chez les animaux porteurs induit une réponse rapide d'anticorps qui est suffisante pour éliminer rapidement le virus dans la plupart des sites de prédilection de présence du virus dans l'organisme .Chez les ruminants ( mais pas chez les porcs ) ,le virus de la fièvre aphteuse peut persister jusqu'à 28 jours après l'infection ,et au-delà ,dans l'oropharynx .Jusqu'à 50 % des ruminants peuvent demeurer infectés de manière persistante après la guérison clinique et cela ,indépendamment du statut immunitaire de l'animal .

Le statut « porteurs /infectés permanents » est utilisé pour faire référence aux ruminants asymptomatiques chez lesquels le virus peut être isolé dans la région de l'oropharynx au-delà de 28 jours après l'infection.

Durée de la persistance :

Bovins : jusqu'à 3,5 ans

Ovins : jusqu'à 9 mois

Buffles africains : au moins 5 ans .( FAO ,2017)

### III.2.4. Les voies d'excrétion :

L'excrétion de virus par l'organisme infecté constitue la dernière étape du cheminement des virus dans l'organisme dont les objectifs sont la contamination d'autres sujets, pour le maintien de la survie des virus dans la population (maintien de la chaîne épidémiologique). Différents territoires de l'organisme peuvent être porteurs de virus et donc à l'origine de transmissions virales :

Les aphtes : sont le point le plus riche en virus, leur paroi reste virulente jusqu'au 4<sup>ème</sup> jour. La salive : la virulence de la salive est maximale lorsque les aphtes éclatent, le virus est retrouvé aussi dans le mucus nasal et les larmes. Du fait de la déglutition, le virus est présent en quantité variable et en quantité plus faible dans les excréments où il est bien protégé.

Le tractus urinaire : le virus trouvé dans l'urine est d'origine sanguine, la virurie suit à peu près la même évolution que la virémie. L'urine reste infectieuse pendant huit mois même si l'animal est guéri et l'infectiosité pourrait même se poursuivre jusqu'à un an après la guérison chez certains sujets.

Dans le lait : la virémie qui précède l'éruption générale, favorise le passage du virus dans le lait. Il devient hyper virulent lors de la rupture des vésicules développées sur les trayons, la lymphe aphteuse se mélange à la tétée du jeune ou au produit de la traite. Le virus y garde son pouvoir infectieux d'autant que le lait des animaux infectés a un Ph plus élevé (7-7,5) que celui provenant des vaches saines. Le virus disparaît tout de même en 5 à 7 jours.

Le virus est présent également dans les eaux fœtales, l'avorton, le placenta, les sécrétions génitales lors d'avortement aphteux.

Les soies et fragments d'onglons peuvent également retenir le virus (Thierry Holveck, 2002).

### III.5.2 .Mécanisme de l'avortement :

- Définition :

L'avortement consiste dans l'interruption de la gestation avec expulsion d'un fœtus non viable ou d'un fœtus mort, il se différencie de l'accouchement ou de l'agnelage prématuré par le fait qu'il réside dans l'expulsion avant terme d'un fœtus viable. Les avortements sont observés chez toutes les espèces animales, leur fréquence varie d'espèce à espèce et leur étiologie est plurivoque. Souvent ils revêtent un caractère contagieux, ils prennent une allure enzootique, et sont dus à des bactéries, à des virus, parasites et même des champignons.

L'avortement revêt parfois un caractère sporadique, il est alors d'étiologie non spécifique. Il peut représenter un élément symptomatique d'une infection systémique, d'une intoxication, et de facteurs mécaniques.

L'existence d'un avortement dans une exploitation doit toujours retenir l'attention du praticien qui doit essentiellement se préoccuper d'en rechercher l'étiologie et d'établir s'il s'agit d'un avortement infectieux ou/ ou simplement d'un avortement sporadique (Vaissaire, 1977).

Parmi les avortements infectieux, on retient, ceux des maladies bactériennes ( la brucellose, la vibriose, et virales (fièvre aphteuse ,...)et même parasitaires (Arichomonase).

Physiopathologie :il y'a plusieurs niveaux d'interaction entre les virus et les hôtes qu'ils infectent .Ces interactions complexes ont pour conséquence différents types de pathologies selon les virus ,le type d'organes atteints et selon la réponse de l'hôte .

Nombreuses infections virales sont éradiquées par l'organisme tandis que d'autres persistent et peuvent induire des maladies chroniques :

Un virus pathogène est un virus capable d'introduire des signes cliniques donc une maladie avec des symptômes.

Une infection virale peut être asymptomatique. Un organisme infecté peut produire abondamment de virus sans exprimer une maladie chronique.

Un virus cytolitique est un virus dont la réplication virale induit la destruction de la cellule qu'il a affecté. Au niveau des voies génitales, certains virus sont présents dans les sécrétions génitales (sperme, sécrétions vaginales) sous forme de particules virales libérées ou sous forme intègre dans les lymphocytes et les monocytes .La diffusion du virus dans l'organisme se fait par voie lymphatique, ce sont les macrophages qui véhiculent le virus jusqu'aux tissus et organes lymphoïdes proches de la porte d'entrée. La diffusion aux ganglions est essentielle puisqu'ils vont être le site d'une réplication virale permettant une amplification du nombre de virus qui diffuseront par voie sanguine La virémie définit la présence du virus dans le sang sous forme de particules virales libérée dans le plasma soit sous forme associées aux leucocytes, aux macrophages, aux lymphocytes et aux érythrocytes.

La virémie est maintenue par la réplication dans d'autres organes qui ont été infectés ;de nombreux virus peuvent se multiplier dans le foie, dans la moelle, et dans les endothéliums des vaisseaux.(Brousvoot et al 2004).

### III.3. Symptômes et lésions :

**Chez les bovins** : le premier signe de la maladie est la fièvre qui peut atteindre 42°C, Elle est accompagnée par une sévère dépression , de l'inappétence et une chute rapide de la .vésicules sur les sites de prédilection que sont la langue ,les lèvres ,les gencives ,les espaces inter digités des onglons ,la bande coronaire et les trayons .Les vésicules qui sont proéminentes sur la langue ,les gencives et les joues sont remplies d'un liquide couleur paille et leur épithélium superficiel est blanc (figure ..). La stomatite douloureuse sont responsables de l'arrêt de la prise alimentaire, on observe alors une rapide perte de poids .Les lésions podales sont accompagnées par des boiteries aiguës et une difficulté à se déplacer .Les lésions de trayons se compliquent aussi par des mammites secondaires.

Bien que le taux de morbidité est élevé, le taux de mortalité chez l'adulte reste faible, inférieur à 5% .La maladie est suivie d'une convalescence prolongée et les séquelles à long terme incluent des déformations de pied et des lésions de la mamelle avec des lactations perturbées ce qui fait que les animaux guéris deviennent des non valeurs économiques pour l'éleveur (Principales maladies virales et parasitaires, Pierre Charles Lefèvre ,2003)

**Chez les ovins** :après une incubation de 1 à 3 semaines ,les signes de la maladie au début sont peu nets : fièvre, inappétence, tristesse, puis les localisations apparaissent, podales et accessoirement buccales .Les éruptions aphteuses podales apparaissent à la couronne du sabot et dans l'espace inter digité et font boiter l'animal .Les aphtes buccaux sont de faibles dimensions .Leur évolution est rapide et ne se traduit pas par des symptômes appréciables .On note que les formes les plus graves s'observent chez les animaux très bien entretenus ;

Lorsque la maladie apparait chez des brebis en gestation, on note des séries d'avortement et des complications génitales chez des brebis avortées ou agnelées ;non délivrance, métrites ,mammites. Les jeunes agneaux peuvent mourir de septicémie sans avoir présenté de lésions apparentes en succombant à une maladie aiguë contractée par le lait (Crapel et M.Thibier 1984)

Ces mortalités chez les jeunes agneaux sont occasionnées aussi par les lésions cardiaques et le taux de mortalité peut alors atteindre 90%, mais il est le plus souvent proche de 50 %, comme en Afrique du Nord en 1989 et en Irak 1999).

**Lésions** : en plus des lésions externes déjà décrites, des lésions vésiculeuses peuvent être trouvées sur les piliers du rumen .Des foyers de nécrose du muscle cardiaque peuvent être

observé chez les jeunes animaux ; les lésions apparaissent comme des petits foyers gris de taille irrégulières et peuvent donner un muscle cardiaque un aspect en strie (« cœur tigré »). Des lésions similaires peuvent être observées sur les muscles squelettiques.

Les lésions histologiques ne sont pas spécifiques de la fièvre aphteuse à l'exception des lésions cardiaques chez les jeunes (Lefèvre, Blancou, Chermette, 2003).

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

## **METHODOLOGIE ADOPTEE :**

Chaque femelle ovine, faisant partie d'un troupeau est destinée à une production laitière et viande maximale pendant le temps passé dans l'exploitation.

Cette production ne peut idéalement être optimisée que si l'animal franchit dans un délai normal les principales étapes de sa vie de reproduction qui sont la puberté, la gestation, le agnelage, l'involution utérine, l'anoestus du post partum et la période d'insémination.

Les facteurs non maîtrisés de nature alimentaire ,thérapeutique ,pathologique ou de gestion sont susceptibles de modifier l'évolution normale de chaque femelle depuis sa naissance jusqu'au moment de sa réforme ,ces facteurs peuvent se présenter sous plusieurs caractéristiques : ils concernent l'individu ou le troupeau ,ils sont directement ou indirectement responsables de leur fertilité et /ou de leur fécondité ; ils se manifestent de manière isolée ou synergique .Parmi les contraintes qui peuvent freiner la reproduction chez les ovins ,on cite les maladies virales infectieuses (bactériennes ou virales ) : La fièvre aphteuse fait partie de ces pathologies virales, qui pourrait induire des conséquences négatives sur la santé de l'animal ,notamment sa fertilité , l'environnement et sur l'économie .

Le travail réalisé a pour but de démontrer d'une part l'intérêt épidémiologique de la fièvre aphteuse, maladie causant de lourdes pertes économiques, sanitaires et sociales et d'autre part l'influence de cette pathologie sur la fertilité de notre troupeau, notamment les ovins ( brebis),par rapport aux avortements et mortalités néonatales constatées

Malgré la lutte en Algérie contre la fièvre aphteuse bovine vécue entre 2014 -2015 avec le sérotype O et en 2017 avec le sérotype A ,ainsi que la vigilance déployée par les services vétérinaires officiels au moyen de bonne vaccination pour éradiquer la maladie ainsi que la séro surveillance pour en évaluer la circulation virale et continue du virus par des enquêtes épidémiologiques , pour la première fois , notre cheptel ovin a été touché par l'épizootie et 34 foyers de fièvre aphteuse ovine de sérotype O ont été déclarés à l'OIE le 31/12/2018.

L'épidémie installée, la maladie s'est propagée jusqu'à l'année 2019 ,ce qui nous a motivé à réaliser notre travail sur terrain ,en se basant sur les informations recueillies à partir des Directions des Services Agricoles des wilayas de Tiaret et de Tissemsilt, wilayas concernées par notre étude

Notre objectif étant d'estimer l'importance de la circulation virale du virus de la fièvre aphteuse par sérologie et son impact sur la fertilité des ovins afin d'en apprécier son impact

sur la reproduction, nous a amener à réaliser nos travaux en 2 étapes, l'une au travers de prospection sur terrain et une autre au moyen d'analyse au laboratoire afin de confirmer l'existence du virus

- Des sorties de terrain pour procéder à des prospections situées dans les communes des 2wilayas choisies en fonction des foyers déclarés et le nombre important de l'effectif ovin nous ont permis de connaître la situation sanitaire et les conditions d'élevage de ces animaux ( leur bien être ,l'état sanitaire ,l'habitat, l'alimentation ,la production laitière ,la gestation les avortements ..)

Notre population d'intérêt a concerné les ovins de plus de 12 mois d'âge, nés et élevés dans les troupeaux des zones à risque (zone à densité d'animaux et mouvements élevés ; et zone à fort échanges commerciaux généralement situés à proximité des marchés aux bestiaux et surtout transhumants)

Notre enquête a concerné **5** élevages dont **3** dans la wilaya de Tiaret et **2** dans la wilaya de Tissemsilt.

Un total de **75** prélèvements a été effectué à raison de **15** ovins par exploitation.

- Et enfin le diagnostic sérologique de laboratoire effectué sur des sérums sanguins prélevés à partir des ovins pour connaître la présence ou l'absence de la fièvre aphteuse par technique ELISA NSP, le sérotypage O et le serotypage A par technique Elisa .

Le diagnostic sérologique a été réalisé durant la période allant du 10 /04/2019 au 10/05/ 2019 au niveau du Laboratoire Vétérinaire Régional de Mostaganem ( au service de virologie )..

## II MATERIEL ET METHODE :

### II .1. Matériel, réactif, et milieu de culture :

#### Matériel

- Tubes de prélèvements (vacutainers)
- Glacière
- Centrifugeuse et incubateur
- Vortex
- Agitateur
- Pipette de précision mono ou multicanaux capables de délivrer des volumes de 10 ul ,100ul ,200ul .
- Embouts de pipette à usage unique
- Lecteur de microplaque à 96 puits
- Système de lavage automatique.
- Eau distillée.
- Caméra et photos.
- **Réactifs**

Composition du kit pour le NSP , le sérotype O et le sérotype A .

- Microplaques sensibilisées avec du virus FMD
- Conjugué concentré (10X)
- Contrôle positif
- Contrôle négatif
- Tampon de dilution 14
- Tampon de dilution 13
- Solution de lavage concentrée (20X)
- Solution de révélation.
- Solution d'arrêt.

Description des kits et principes :

**Kit NSP** : ce kit de diagnostic est destiné à la mise en évidence d'anticorps spécifiques dirigés contre la protéine non structurale (NSP) du virus de la Fièvre aphteuse, ce test peut être appliqué sur des sérums et sur des plasmas bovins, ovins ,caprins, porcins et de toutes espèces sensibles.

**Kit sérotype O** : ce kit de diagnostic est destiné à la mise en évidence d'anticorps spécifiques dirigés contre le sérotype O de la Fièvre aphteuse, ce test peut être appliqué sur des sérums et sur des plasmas bovins, ovins, caprins, porcins et de toutes espèces sensibles.

**Kit sérotype A** : ce kit de diagnostic est destiné à la mise en évidence d'anticorps spécifiques dirigés contre le sérotype O de la Fièvre aphteuse, ce test peut être appliqué sur des sérums et sur des plasmas bovins, ovins, caprins, porcins et de toutes espèces sensibles.

Référence du kit : **(photo 9)**.

- NSP : ID screen FMD NSP competition /LOT B 53/ Date de péremption 04/2019
- A: FMDV IZSLER /LOT sp001. 2016161214a /date de péremption : Août 2018
- O : FMDV IZSLER /LOT SP001-2016161214a /date de péremption : Août 2018

## **II.2.Méthodes :**

### **II.2.1. Matières analysées et lieux de prélèvements et préparation des échantillons :**

Bien que les antigènes viraux puissent être détectés à partir de la plupart des sécrétions et des excréments, ce sont des prélèvements sanguins qui après échantillonnage réglementaire (prélèvement) se présentent comme suit dans le cadre de notre enquête.

### **II.2.2.La recherche sérologique :**

Ces prélèvements sanguins sont été obtenus par ponction de la veine jugulaire et/ou de la veine caudale de l'animal au niveau des exploitations d'élevage touchées par notre enquête et ce à l'aide des tubes stériles sous vide (vacutainers) portant le numéro de l'animal accompagné d'une demande d'analyse sur laquelle figurent d'autres informations complémentaires jugées utiles à savoir :le lieu et le moment de prélèvement ,le nom du propriétaire ,le nombre d'animaux dépistés ,la race ,l'âge ainsi que l'adresse .

Le laboratoire d'analyse a été contacté et prévenu de l'arrivée des prélèvements.

### **II.3. Analyses de laboratoire :**

Elles nous ont permis la confirmation précise et rapide de la suspicion clinique, l'identification précoce du type viral et de la souche, éléments importants pour les enquêtes épidémiologiques.

Les prélèvements appropriés, et collectés correctement ont été envoyés en toute sécurité au Laboratoire Vétérinaire Régional de Mostaganem (au service de virologie).

**II.3.1. Recherche sérologique :** par la méthode immuno enzymatique ELISA de l'anglais (*enzyme-linked immuno sorbent assay*, littéralement « dosage d'immuno absorption par enzyme liée ». a permis d'obtenir un résultat quantitatif qui se visualise par une coloration dans les puits.

**a) Etapes de la technique Elisa :** les tests effectués comportaient chacun quatre (4) étapes principales :

a) Première étape : l'antigène spécifique à l'anticorps recherché est fixé puis incubé sur une plaque de microtitration. L'antigène vase fixé de manière électrostatique au fond du puits .Ensuite, il est lavé pour enlever les antigènes non fixés.

b) Fixation de l'anticorps à doser, on incube l'échantillon à doser (sérum contenant l'anticorps), ainsi que les standards (solution contenant des concentrations connues d'anticorps).Les anticorps spécifiques vont se fixer aux antigènes.

Un lavage des puits est nécessaire pour enlever les anticorps non fixés.

c) Fixation de l'anticorps de détection : on incube ensuite un anticorps secondaire couplé à une peroxydase .c'est un antigène anti IgG qui va donc reconnaître l'anticorps primaire.

Un lavage des puits est nécessaire pour enlever les anticorps secondaires non fixés.

d) Révélation : on incube un substrat spécifique à l'enzyme, la réaction induit une coloration jaune, ce qui révélera la réaction positive et donc la présence de l'anticorps recherché.

L'intensité de la coloration est proportionnel à la quantité d'enzyme et donc à la concentration d'anticorps recherché.

La lecture des résultats peut se faire à vu d'œil en appréciant la coloration jaune obtenue dans les différents puits, ou le plus souvent en lisant les valeurs des densités optiques fournies par lecteur Elisa, ce qui permet d'obtenir un résultat quantitatif.

**b) Validation des résultats :**

Les tests sont validés si NSP :

- La valeur moyenne de densité optique des Contrôles Négatifs (DOcn ) est supérieure à 0 ,700 .
- La valeur moyenne de densité optique des Contrôles Positifs (DOcp) est inférieure à 30% de la DO cn

**Interprétation :**

**a) Concernant le kit NSP :**

Pour chaque échantillon, calculer le pourcentage de compétition (S/N% )

$$S/N = DO \text{ échantillon} / DO \text{ CN} \times 100 .$$

Les échantillons présentant un SN % :

- Inférieur ou égal à 50% sont considérés comme positifs
- Supérieur à 50 % et inférieur ou égal à 60 % sont considérés comme douteux
- Supérieur à 50% sont considérés comme négatifs

**b) Concernant le kit pour la détection du sérotype O**

Pour chaque échantillon, calculer le pourcentage de compétition (S/N %)

$$S/N \% = ( DO \text{échantillon} - DOcp / DOcn- DOcp ) \times 100$$

Les échantillons présentant un S/N %/

- Inférieur ou égal à 35 % sont considérés comme positifs .
- Supérieur à 35 % et inférieur ou égal à 45 % sont considérés comme douteux
- Supérieur à 45 % sont considérés comme négatifs .

**c) Concernant le kit pour la détection du sérotype A**

Pour chaque échantillon, calculer le pourcentage de compétition (S/N %)

$$S/N \% = ( DO \text{échantillon} - DOcp / DOcn- DOcp ) \times 100$$

Les échantillons présentant un S/N %/

- Inférieur ou égal à 50 % sont considérés comme positifs .
- Supérieur à 50 % et inférieur ou égal à 60 % sont considérés comme douteux
- Supérieur à 60 % sont considérés comme négatifs

# **RESULTATS**

### III.RESULTATS

#### III.1.Evolution du cheptel ovin et situation de la fièvre aphteuse dans les wilayas de Tiaret et de Tissemsilt durant l'enquête en2019 :

Les informations figurées ci après, exposent d'une part l'effectif et la situation des élevages ovins situés dans les wilayas de Tiaret et de Tissemsilt et d'autre part la situation de la fièvre aphteuse constatée cliniquement et enregistrée durant l'année 2019. A noter que ces informations ont été communiquées par les services techniques de la Direction des Services Agricoles des dites wilayas : service des statistiques et des enquêtes économiques ainsi que le service des inspections vétérinaires et phytosanitaires.

Lors de la réapparition de la fièvre aphteuse et dans le cadre de sa surveillance, les inspections vétérinaires des wilayas de Tiaret et celle de Tissemsilt ont constaté et recensé des ovins cliniquement atteints ainsi que des mortalités néonatales massives, ils ont envoyé des prélèvements sanguins vers le Laboratoire vétérinaire régional de Mostaganem qui a confirmé la positivité de la fièvre aphteuse Ces informations sont mentionnées dans les tableaux, **2** et **3**.

Le tableau **1** reflète l'effectif global des ovins existants dans les wilayas de Tiaret et de Tissemsilt, cet effectif englobe des troupeaux de différentes tailles, et conduits en système intensif à semi intensif.

Le tableau **2** et la figure **3** illustrent la morbidité et les mortalités des ovins dans la wilaya de Tiaret et de Tissemsilt causées cliniquement par la fièvre aphteuse

Le tableau **3** et la figure **4** (en annexe) illustrent la prévalence de la fièvre aphteuse par rapport aux prélèvements sanguins acheminés par les inspections vétérinaires des deux wilayas au Laboratoire Vétérinaire Régional de Mostaganem.

**Tableau n°1** : l'effectif ovin des wilayas de Tiaret et de Tissemsilt durant l'année 2019

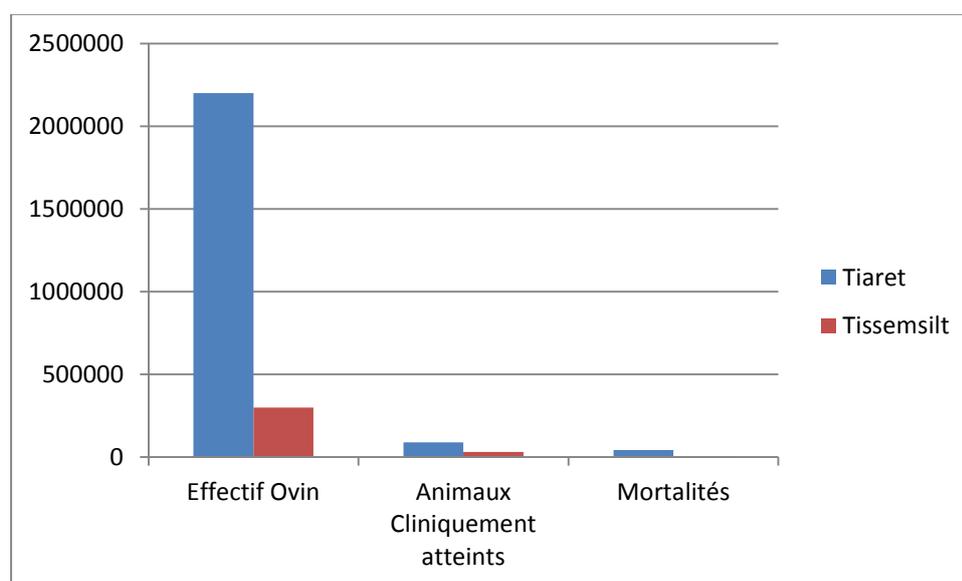
| Wilayas    | Effectif Ovin | Dont brebis | Dont béliers | Dont agneaux |
|------------|---------------|-------------|--------------|--------------|
| Tiaret     | 2.200.000     | 1.540.000   | 61600        | 550.000      |
| Tissemsilt | 300 000       | 210 000     | 90000        | 52500        |

Source : service des statistiques et des enquêtes économiques de la Direction des services Agricoles des wilayas de Tiaret et de Tissemsilt (DSA, 2019) .

**Tableau n°2** : Morbidité et mortalités des ovins dans les wilayas de Tiaret et de Tissemsilt en 2019

| Wilayas    | Foyers déclarés | Effectifs analysés | Nombre de cas positifs | Taux de positivité |
|------------|-----------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| Tiaret     | 71              | 264                | 194                    | 73,48 %            |
| Tissemsilt | 20              | 76                 | 57                     | 75 %               |

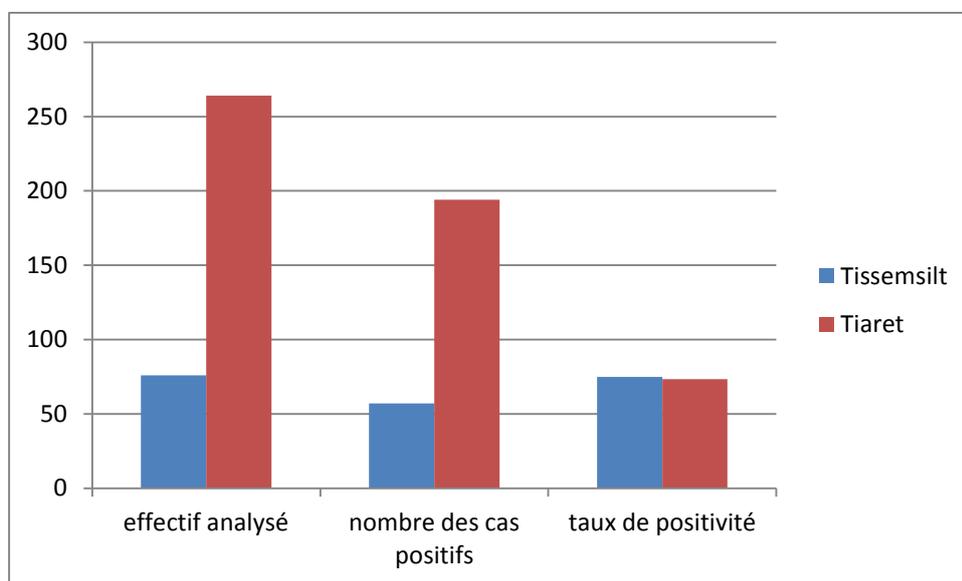
Source : service d'épidémiologie du Laboratoire Vétérinaire Régional de Mostaganem, 2019  
Inspection Vétérinaire des wilayas de Tiaret et de Tissemsilt( DSA ,2019)



**Figure n° 3** : Morbidité et mortalités des ovins dans les wilayas de Tiaret et de Tissemsilt par rapport à l'effectif total

**Tableau n°3** : Morbidité et mortalités des ovins dans les wilayas de Tiaret et de Tissemsilt en 2019

| Wilayas    | Exploitations visitées | Animaux Cliniquement atteints | Mortalités |
|------------|------------------------|-------------------------------|------------|
| Tiaret     | 8530                   | 89863                         | 42958      |
| Tissemsilt | 359                    | 32000                         | 3338       |



**Figure 4** : taux de positivités des prélèvements effectués par les inspections vétérinaires des wilayas de Tiaret et de Tissemsilt

### III.2.Résultat d'enquête et de prospection

Les informations ci après, exposent d'une part l'effectif et d'autre part la situation zoo sanitaire des élevages ovins situés dans les exploitations concernées par notre enquête dans les wilayas de Tiaret et de Tissemsilt lesquelles sont touchées par la fièvre aphteuse. La situation se résume comme suit :

- 1) Les exploitations visitées se situent au niveau des communes de Zmalet Emir Abdelkader, de Hamadia ,et Ain Dheb concernant la wilaya de Tiaret ,et de la commune d'El Ayouné concernant la wilaya de Tissemsilt.
- 2) Ces exploitations regroupent un total de **3600** têtes ovines, tout âge et race confondus.
- 3) En matière de gestion d'élevage, il a été constaté de mauvaises conditions d'élevage, une absence d'hygiène, un regroupement mixte des animaux dans un même type d'espace (bovin ,ovin, equin ..) ainsi qu'un suivi irrégulier des animaux malades .
- 4) L'alimentation distribuée au niveau de ces fermes est à base de concentré, d'ensilage à des quantités différentes selon une habitude non correcte de l'éleveur avec absence totale de bonne pratique de rationnement conforme aux besoins des animaux., ainsi qu'en grande partie par pâturage .
- 5) Cliniquement les animaux présentaient des signes pathognomoniques de la fièvre aphteuse avec localisations podales à la couronne du sabot et dans l'espace inter digité faisant boiter les animaux , des aphtes buccaux chez certains animaux ,des séries d'avortement avec des lésions génitales chez les brebis avortées ou agnelées et des mortalités d'agneaux sans avoir présenté de lésions apparentes . (Voir photos 4, 5, 6, et 7)
- 6) L'alimentation dans ce type d'élevage est composée en grande partie de pâturage à base de résidus de récoltes, complémenté par la paille d'orge et de fourrage sec, donc c'est une alimentation modérée. Ce mode d'élevage se caractérise par une reproduction naturelle, non contrôlée.
- 7) Tous les animaux existants dans les exploitations n'ont pas d'antécédents sanitaire vis-à-vis la fièvre aphteuse des années précédentes
- 8) Tous les bovins qui se trouvent dans les exploitations ont été vacciné contre la fièvre aphteuse sauf les ovins qui ne l'ont pas été.

- 9) Les photos 4 ,5 ,6 et 7 prises durant notre investigation épidémiologique montrent clairement des signes cliniques de cette pathologie grave. Cela dit probablement due à la circulation virale et que les analyses sérologiques peuvent confirmer.
- 10) Les 05 exploitations visitées, présentaient en général une phase fébrile initiale, une phase éruptive secondaire et pour finir une phase de complication septique des lésions.
- 11) Un taux de morbidité et de mortalité relativement élevé.



Photo 4 : aphte buccal



Photo 5 : mortalités néonatales



Photo 6 : avorton ovin



Photo 7 : lésion podale

### III.3.Résultats d'analyses de laboratoire :

Analyse sérologique :

- 1) En effet les analyses sérologiques des prélèvements sanguins d'ovins des exploitations des wilayas sus citées ont confirmé la maladie de la fièvre aphteuse. Le tableau 4 (en annexe) expose la situation de la fièvre aphteuse, notamment les prévalences sérologiques de cette maladie pour le NSP, le sérotype O, et le sérotype A.
- 2) Sur **75** sérums soumis aux analyses sérologiques par techniques ELISA NSP, les résultats ont montré la positivité de **53** sérums dont **37** dans la wilaya de Tiaret et **13** dans la wilaya de Tissemsilt, soit un taux de positivité estimé à **70,66 % , 96 %, et 24 %** .
- 3) Les **53** sérums ayant réagi positivement par NSP nous ont permis de déterminer que **53** animaux présentaient la maladie de la fièvre aphteuse, soit un taux de positivité global de **70,66 %**.
- 4) Ces **53** sérums ayant réagi positivement pour la NSP, ont été confirmés par la technique ELISA pour déterminer le sérotypage A ou O, en effet, les résultats positifs ont démontré **48** sérotypes O, dont **35** dans la wilaya de Tiaret et **13** dans la wilaya de Tissemsilt, ainsi que **05** sérotype A dont **02** dans la wilaya de Tiaret et **03** dans la wilaya de Tissemsilt .

Les 53 sérums qui ont réagi positivement à la technique Elisa NSP, confirment bel et bien que ces sérums proviennent d'animaux malades, infectés par le virus aphteux. Cette sensibilité est démontrée par rapport aux valeurs significatives des intensités de la coloration jaune obtenues dans les différents puits et exprimées en valeurs de densité optique, par le lecteur Elisa , en effet :

- Les valeurs des densités optiques (DO), obtenues avec le kit NSP sont comprises entre **28** et **48** et confirment la positivité des sérums à l'infection, car elles sont inférieures à la valeur **50** ( $DO \leq 50$ ), ceci signifie que les **53** sérums sont positifs.

- Les valeurs des densités optiques (DO), obtenues avec le kit sérotype O sont comprises entre **27** et **34** et confirment la positivité au sérotype O, car elles sont inférieures ou égales à la valeur **35** ( $DO \leq 35$ ), ceci signifie que les **48** sérums sont positifs au sérotype O.

- Les valeurs des densités optiques (DO), obtenues avec le kit sérotype A sont comprises entre **28** et **50** et confirment la positivité au sérotype A, car elles sont inférieures ou égales à la valeur **50** ( $DO \leq 50$ ), ceci signifie que les **05** sérums sont positifs au sérotype A.

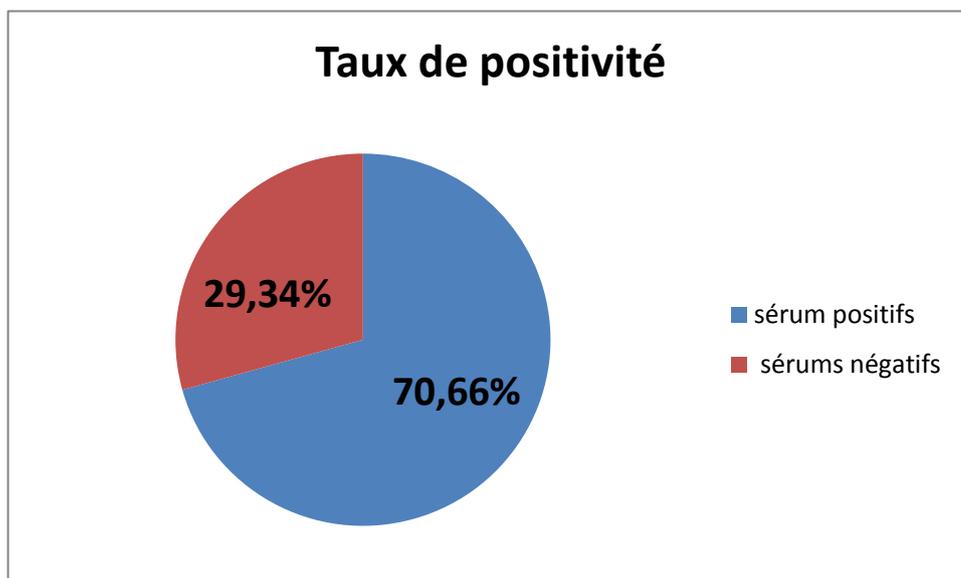
5) Les résultats figurés dans le même tableau ( tableau **4**, voir en annexe ) nous ont permis de dire aussi que le sérotype O est plus intéressant (dominant) que le sérotype A soit à 90,56 %.

La positivité au sérotype O des 3 exploitations de Tiaret est de **94,59 %** et de **81,25 %**, dans les deux exploitations de Tissemsilt comparativement au sérotype A qui est de l'ordre de **5,40%** dans les 3 exploitations de Tiaret de **18,75%** dans les 2 exploitations de Tissemsilt.

6) Un nombre faible de 22 sérums qui n'ont pas réagi positivement la NSP signifie que ces animaux ne sont pas atteints de fièvre aphteuse.

#### **Taux de prévalence :**

- 1) Nombre de sérums analysés : 75.
- 2) Nombre de sérums positifs NSP : 53, soit un taux de positivité = 70,66%.
- 3) Nombre de sérums positifs « Sérotype O »: 48, soit un taux de positivité = 90,56 %.
- 4) Nombre de sérums positifs « Sérotype A » : 05, soit un taux de positivité = 09,43 %.



**FIGURE 5** : Taux de positivité global obtenu à partir des cinq (5) exploitations concernées par l'enquête,

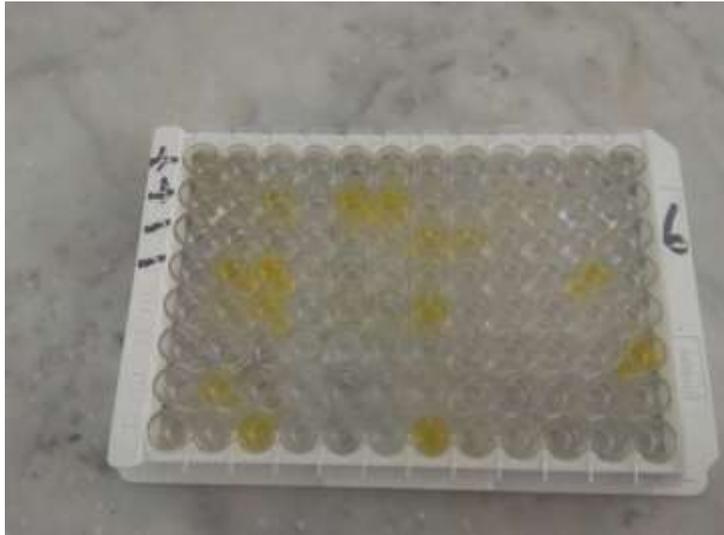


Photo 08 : Lecture des résultats sur la plaque de microtitration



Photo 09 : kit ID screen ID vet

## **DISCUSSION :**

---

#### **IV.DISCUSSION :**

##### **IV.1. Discussion sur l'évolution du cheptel et sur la situation de la fièvre aphteuse ovine dans les wilayas de Tiaret et de Tissemsilt.**

Les résultats obtenus durant notre enquête présentés sur les photos 4, 5,6 et 7 montrent que la fièvre aphteuse chez les petits ruminants (ovins) évolue d'une manière significative ; les localisations buccales, avec atteintes podales sont majeures, révèlent des boiteries, souvent aggravées par les longs déplacements (pâturages). A ce tableau général sont associés des avortements, des mortalités élevées des agneaux.

Les avortements et les mortalités néo natales constatés sont dus à la virulence du virus excrété et hébergé par l'animal car un animal infecté peut être déjà contaminant 48 h avant l'apparition des signes cliniques via ces sources (Kitching et al ,2005) expliquèrent dans leurs travaux que 10 particules de virus peuvent suffire à provoquer une infection. Ils ajoutèrent que ces excréments sont cependant plus ou moins importantes selon le type de virus, elles sont maximales pour le type O et C.

Donc les avortements et les mortalités néonatales constatées sont dues au taux d'infection du virus et la virémie de ce dernier une fois pénétré dans l'organisme et enfin gagne tous les organes notamment l'appareil génital femelle ( placenta, mamelle ) en manifestant des signes cliniques pathognomoniques de la maladie (Toma et al ;2010) expliquèrent que pour l'espèce ovine ,en plus des signes classiques de la maladie ,des avortements et des mortalités néonatales peuvent être constatées et pouvaient induire des conséquences néfastes pour l'élevage des points de vue reproduction et production. Ils ajoutèrent que la salive, les fluides nasals et lacrymaux, le lait, les spermes et l'air expiré sont des sources majeures hébergeant le virus.

L'excrétion de 2 à 7 jours en moyenne, avec des extrêmes de 36 h à 2 jours ( Donaldson, 1997) précise que de façon général, l'environnement d'un animal infecté excréteur va être largement contaminé par l'ensemble des sécrétions et excréments émises par l'animal. A partir de cela tout support à proximité, qu'il soit vivant (personne, animal) ou inanimé (véhicule, litière, locaux, ustensiles, aliment, emballage, terre, eau de boisson) peut être porteurs de virus.

Les Tableaux **1** et **2** exposent les différents résultats concernant le nombre d'animaux, la morbidité ainsi que les mortalités observées dans les exploitations visitées et localisées dans les wilayas de Tiaret et de Tissemsilt.

Les photos **4**, **5**, **6** et **7** illustrent les symptômes exprimés pendant la maladie, à savoir les aphtes, la lésion podale, l'avorton ainsi que les mortalités néonatales.

Les prospections montrent aussi que la conduite de l'élevage en matière d'alimentation est peu maîtrisée, affectant et réduisant ainsi les performances de reproduction des animaux.

### **VI.2. Discussion des analyses sérologiques du laboratoire :**

Les résultats figurés dans le tableau **4** ( voir en annexe ), reflètent les analyses sérologiques des prélèvements sanguins effectués à partir des **05** exploitations, dont **03** se trouvent dans la wilaya de Tiaret et **02** dans la wilaya de Tissemsilt.

L'échantillonnage des prélèvements était aléatoire et a touché un effectif global de **75** têtes ovines réparties comme suit : **45** ovins à Tiaret (15 par exploitation) et **30** ovins à Tissemsilt (15 par effectif).

La technique réglementaire d'analyse par technique ELISA ,pour le diagnostic de la fièvre aphteuse , nous a permis de constater ce qui suit :

- 1) **Le diagnostic par la technique ELISA NSP** est destiné à la mise en évidence d'anticorps spécifiques dirigés contre les protéines non structurales (NSP) du virus de la fièvre aphteuse à fin de confirmer l'infection ou l'existence de la maladie sur les animaux dépistés.

Le tableau **03** sus cité montre que **53** sérums ont réagis positifs à ce type de kit dont **37** appartiennent à la wilaya de Tiaret et **16** à la wilaya de Tissemsilt et dont le taux de positivité (taux de prévalence) est estimé respectivement à **70,66 %** , **69,81 %** et **30,18 %**.

Cela dit que les animaux qui ont réagi positifs à l'analyse sérologique NSP étaient sensibles à la maladie et portaient les signes cliniques de la pathologie .La présence des anticorps induits par les protéines non structurales signent la réplication du virus (ces anticorps nr sont normalement pas présents chez les animaux vaccinés).

La présence des anticorps induits par les protéines non structurales après leurs diffusion aux ganglions lymphatiques signent la réplication du virus dans les cellules cibles ou hôte,

notamment dans l'utérus (placenta- fœtus) après sa diffusion aux ganglions lymphatiques, ou ils s'amplifieront et diffuseront par voie sanguine et provoqueront une virémie sous forme de particules virales libre dans le plasma et enfin pénètrent à l'intérieur de la cellule cible causant un dysfonctionnement intracellulaire au niveau du placenta .Cette virémie est maximale durant les 7 à 8jours après la pénétration du virus et l'apparition des signes cliniques de la maladie suivis d' avortements ,de boiteries , et apparition des aphtes.

On constate même des mortalités après agnelage et ce, quelques jours après l'infection qui sont dus à la fragilité de l'immunité de part et d'autre de la brebis et de l'agneau.

Ces résultats sérologiques positifs à la technique NSP concordent cliniquement aux cas constatés au niveau des élevages visités et concernés par notre enquête, et qui sont illustrés par des photos déjà mentionnés dans notre travail notamment, les affections buccales, podales, les avortements et les mortalités des agneaux.

Nos résultats concordent bien avec les travaux menés par Tsuda et al, 1987 qui précisait que les protéines structurales, n'étaient synthétisées que par la réplication du virus et que ce type d'analyse permet de distinguer les anticorps générés par l'infection de l'agent et donnent ainsi d'excellents résultats pour un diagnostic au niveau du troupeau.

### 2) Le diagnostic par la technique ELISA sérotype O et A :

Les résultats des **53** sérums confirmés positifs à la technique NSP dont 37 appartiennent aux 03 exploitations d'élevage ovin sis Tiaret et **16** sérums ovins appartenant aux 02 exploitations localisées à Tissemsilt et qui ont été soumis aux tests de sérologie de confirmation de sérologie O et A par technique ELISA, figurés dans le tableau **04** (voir en annexe ) démontrent :

- 5) **35** sérums de sérotype O et de 02 sérums de sérotype A dans les 03 exploitations de Tiaret .
- 6) **13** sérums de sérotype O et 03 sérums de sérotype A dans les 02 exploitations de Tissemsilt.

Le sérotype dominant est le sérotype O représentant un pourcentage de **90,56 %** par rapport au A qui est de **9,43%** .

Selon des analyses menées par des laboratoires français, italiens et anglais, ce serait le même virus que les années précédentes.

Ces anticorps sont spécifiques aux serotypes O et A pour confirmer les types de virus circulants dans notre pays qui ont induits des conséquences importantes dans nos élevage et qui ont été démontré par plusieurs auteurs spécialistes en infectiologie précisant que n'importe quel sérotype de la fièvre aphteuse est hautement pathogène

**Bartley et al**, 2002, ont démontré que le virus de la fièvre aphteuse survit plusieurs jours, voire plusieurs mois dans l' environnement et que la menace persistent toujours.



# CONCLUSION

### V. CONCLUSION :

La reproduction est la clef de voûte de toutes les filières animales. Ceci est d'autant plus vrai dans des races saisonnées comme les ovins et où le moindre problème a des conséquences disproportionnées et répétées sur le long terme.

Avec un cheptel avoisinant les 20 millions de têtes, l'élevage ovin occupe une place importante, on peut dire qu'il contribue largement dans la production de la viande rouge.

La fièvre aphteuse est une maladie qui a déjà frappé l'Algérie à de nombreuses reprises, mais c'est la première fois que les ovins l'expriment avec un taux de mortalités néo natales et des avortements (bien que nos éleveurs ne les enregistrent pas).

Notre étude a mis en évidence que les mortalités néonatales et les avortements étaient causées par l'infection et que le virus aphteux, constitue un facteur de mauvaise fécondité et que l'inflammation des organes génitaux est responsable d'infertilité.

Par différents regards, le présente étude décrit et illustre les enjeux perçus actuellement quant au renforcement du système de surveillance sanitaire et d'alerte précoce à l'échelle national. A travers ce travail, nous avons exposé la situation de la fièvre aphteuse dans nos élevages afin de démontrer que cette pathologie n'a pas cesse de menacer le cheptel en induisant des conséquences lourdes sur la reproduction et la production laitière et des viandes rouges, l'abattages sanitaire, la réforme etc.....), et ce, malgré les efforts déployés pour résoudre ce problème par les autorités algériennes et ce depuis 1999, qui ont mis en place une stratégie de surveillance et de lutte contre la fièvre aphteuse à travers des mesures tel que

- l'appel à la vigilance à travers le territoire national avec prospection des élevages.
- La mobilisation de toute la profession, la mise en place d'une cellule de crise au niveau central pour le suivi de la situation sanitaire
- Les campagnes de vaccination gratuite des bovins de plus de 6 mois à l'aide d'un vaccin inactivé bivalent contre les sérotypes O et A, de 1999 à 2012 et
- Les enquêtes par sondage sérologiques au moyen de test Elisa chez les bovins en 2012 et en 2014, et chez les ovins afin de déterminer l'éventuel passage viral en 2017

### Recommandations :

Les virus n'ont aucun mal à franchir les frontières instituées par l'homme. C'était vrai hier, et ça l'est aujourd'hui d'avantage, en raison du développement des transports internationaux des personnes, d'animaux et de denrées alimentaires, ainsi que par les déplacements des populations fuyant les conflits.

Par différents regards, le présente étude décrit et illustre les enjeux perçus actuellement quant au renforcement du système de surveillance sanitaire et d'alerte précoce à l'échelle national.

Les mesures visant à réduire le risque d'introduction et de propagation d'agents pathogènes, nécessitent un ensemble d'attitude et de comportement des personnes pour réduire les risques dans toutes activités impliquant des animaux et leurs produits

Il y a 3 étapes principales pour la biosécurité :

- La séparation physique ou ségrégation
- nettoyage (enlever la contamination)
- La désinfection (inactiver tout virus restant)

Il est fondamental que le personnel vétérinaire qui visite les exploitations ou la FA est suspectée ou confirmée le fasse de manière à minimiser les risques de transmission du virus de la fièvre aphteuse

Les procédures de la biosécurité sont mieux apprises que si elles sont pratiquées.

Les trois étapes principales de la biosécurité :

- Savoir pour quelle raison la FA est si contagieuse : en effet il faut une dose infectieuse très faible pour entraîner une infection et le virus est produit en très grande quantité par les animaux infectés.
- Le virus est présent dans toutes les sécrétions et excréctions.
  - La fièvre aphteuse continue d'affecter lourdement le patrimoine animalier du pays, et d'influer fortement sur les décisions politiques locales, nationales et internationales en matière d'échange économique alors que les stratégies adaptées à ce fléau s'avèrent peu efficaces.
  - D'où il apparait la nécessité de renforcer la surveillance de la maladie en soutenant la recherche en matière d'épidémiologie, en améliorant l'hygiène et en adoptant des politiques de prévention en matière sanitaire en ce qui concerne les modes de vie (déplacements transfrontaliers, transhumances). Ces actions combinées au

développement de l'éducation et de l'information des populations et à la formation du personnel de santé et de l'expertise conduirait à construire une vrai culture de risque.

-

# ANNEXE

**Tableau 04 : résultat de l'examen sérologique ELISA NSP ,sérotypage 0 ,et sérotypage A effectués sur des ovins (mois d'Avril 2019)**

| Wilaya | Commune                   | Exploitations  | Nombre de Prélèvement Reçus | Nombre de sérum NSP |             | Nombre de sérum O |             | Nombre de sérum A |             | Taux de positivité NSP | Taux de positivité sérotype O | Taux de positivité Sérotype A |
|--------|---------------------------|----------------|-----------------------------|---------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|        |                           |                |                             | Positif ≤50         | Négatif >50 | Positif ≤35       | Négatif >45 | Positif ≤50       | Négatif >50 |                        |                               |                               |
| Tiaret | Zmalet El Amir Abdelkader | Exploitation.I | OV01                        | 45                  | /           | 33                | /           | /                 | 57          |                        |                               |                               |
|        |                           |                | OV02                        | 48                  | /           | 30                | /           | /                 | 60          |                        |                               |                               |
|        |                           |                | OV03                        | 35                  | /           | 31                | /           | /                 | 59          |                        |                               |                               |
|        |                           |                | OV04                        | 32                  | /           | 32                | /           | /                 | 70          |                        |                               |                               |
|        |                           |                | OV05                        | /                   | 65          | /                 | /           | /                 | /           |                        |                               |                               |
|        |                           |                | OV06                        | 28                  |             | 32                | /           | /                 | 65          |                        |                               |                               |
|        |                           |                | OV07                        | 40                  |             | 32                | /           | //                | 73          |                        |                               |                               |
|        |                           |                | OV08                        | /                   | 55          | /                 | /           | /                 | /           |                        |                               |                               |
|        |                           |                | OV09                        | 43                  |             | 31                | /           | /                 | 82          |                        |                               |                               |
|        |                           |                | OV10                        | 42                  |             | 30                |             | /                 | 81          |                        |                               |                               |
|        |                           |                | OV11                        | /                   | 72          | /                 | /           | /                 | /           |                        |                               |                               |
|        |                           |                | OV12                        | 43                  |             | 33                | /           | /                 | 69          |                        |                               |                               |
|        |                           |                | OV13                        | 42                  |             | 32                | /           | /                 | 68          |                        |                               |                               |

|  |                 |           |           |           |           |           |           |           |                |              |                |
|--|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|--------------|----------------|
|  |                 | OV14      | 45        |           | 31        |           | /         | 71        |                |              |                |
|  |                 | OV15      | 35        |           | 33        |           | /         | 65        |                |              |                |
|  | <b>Total I</b>  | <b>15</b> | <b>10</b> | <b>05</b> | <b>10</b> | <b>/</b>  | <b>00</b> |           | <b>80 %</b>    | <b>100 %</b> | <b>00 %</b>    |
|  | ExploitationII  | OV16      | 44        | /         | 33        |           |           | 58        |                |              |                |
|  |                 | OV17      | 48        | /         | 35        |           |           | 60        |                |              |                |
|  |                 | OV18      | 43        | /         | 31        |           |           | 58        |                |              |                |
|  |                 | OV19      | 32        | /         | 32        |           |           | 71        |                |              |                |
|  |                 | OV20      | /         | 55        | /         | /         | /         | /         |                |              |                |
|  |                 | OV21      | 27        | /         | 33        |           |           | 65        |                |              |                |
|  |                 | OV22      | 40        | /         | 33        |           |           | 73        |                |              |                |
|  |                 | OV23      | /         | 60        | /         | /         |           | /         |                |              |                |
|  |                 | OV24      | 43        | /         | 30        | /         |           | 82        |                |              |                |
|  |                 | OV25      | 42        | /         | 28        | /         |           | 84        |                |              |                |
|  |                 | OV26      | 43        | /         | 30        | /         |           | 69        |                |              |                |
|  |                 | OV27      | 45        | /         | 29        | /         |           | 68        |                |              |                |
|  |                 | OV28      | /         | 77        | /         | /         |           | /         |                |              |                |
|  |                 | OV29      | /         | 74        | /         | /         |           | /         |                |              |                |
|  |                 | OV30      | /         | 66        | /         |           |           | /         |                |              |                |
|  | <b>Total II</b> | <b>15</b> | <b>10</b> | <b>00</b> | <b>10</b> | <b>00</b> | <b>00</b> | <b>00</b> | <b>66,66 %</b> | <b>100 %</b> | <b>00,00 %</b> |

|          |                |      |    |   |    |   |    |    |
|----------|----------------|------|----|---|----|---|----|----|
| Ain Dheb | Exploitat. III | OV31 | 45 | / | 32 | / | /  | 82 |
|          |                | OV32 | 47 | / | 33 | / | /  | 84 |
|          |                | OV33 | 33 | / | 33 | / | /  | 70 |
|          |                | OV34 | 32 | / | 32 | / | /  | 68 |
|          |                | OV35 | 38 | / | 33 | / | /  | 69 |
|          |                | OV36 | 28 | / | 32 | / | /  | 70 |
|          |                | OV37 | 40 | / | /  |   | 48 | /  |
|          |                | OV38 | 43 | / | 32 | / |    | 82 |
|          |                | OV39 | 38 | / | 30 | / |    | 82 |
|          |                | OV40 | 43 | / | 33 | / |    | 74 |
|          |                | OV41 | 45 | / | 31 | / |    | 76 |
|          |                | OV42 | 38 | / | 33 | / |    | 78 |
|          |                | OV43 | 39 | / | /  | / | 50 | /  |
|          |                | OV44 | 40 | / | 30 | / | /  | 75 |

|                           |              |                  |           |           |           |           |          |           |          |              |                |                |
|---------------------------|--------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|--------------|----------------|----------------|
|                           |              |                  | OV45      | 41        | /         | 31        | /        | /         | 64       |              |                |                |
|                           |              | <b>Total III</b> | <b>15</b> | <b>15</b> | <b>00</b> | <b>13</b> | <b>/</b> | <b>02</b> | <b>/</b> | <b>100 %</b> | <b>86,66 %</b> | <b>13,33 %</b> |
| <b>Total<br/>W.Tiaret</b> |              |                  | <b>45</b> | <b>37</b> | <b>08</b> | <b>35</b> | <b>/</b> | <b>02</b> | <b>/</b> | <b>82,22</b> | <b>94,59</b>   | <b>24,32</b>   |
| <b>Tissemsilt</b>         | Thneietelhad | Exploitation.I   | OV46      | 48        | /         | 33        | /        |           | 68       |              |                |                |
|                           |              |                  | OV47      | 46        | /         | 32        | /        |           | 66       |              |                |                |
|                           |              |                  | OV48      | 38        | /         | 31        | /        |           | 74       |              |                |                |
|                           |              |                  | OV49      | /         | 65        | /         | 50       |           | 77       |              |                |                |
|                           |              |                  | OV50      | 32        | /         | 33        | /        |           | 70       |              |                |                |
|                           |              |                  | OV51      | 33        | /         | 30        | /        |           | 69       |              |                |                |
|                           |              |                  | OV52      | 29        | /         | 34        | /        |           | 75       |              |                |                |
|                           |              |                  | OV53      | /         | 66        | /         | 55       |           | 80       |              |                |                |
|                           |              |                  | OV54      | /         | 70        | /         | 63       |           | 82       |              |                |                |
|                           |              |                  | OV55      | /         | 72        | /         | 62       |           | 80       |              |                |                |
|                           |              |                  | OV56      | /         | 67        | /         | 60       |           | 85       |              |                |                |

|  |  |                 |           |           |           |    |    |    |    |  |  |  |
|--|--|-----------------|-----------|-----------|-----------|----|----|----|----|--|--|--|
|  |  |                 | OV57      | /         | 63        | /  | 60 |    | 89 |  |  |  |
|  |  |                 | OV58      | /         | 60        | /  | 62 |    | 70 |  |  |  |
|  |  |                 | OV59      | /         | 62        | /  | 70 |    | 87 |  |  |  |
|  |  |                 | OV60      | /         | 68        | /  | 75 | 90 |    |  |  |  |
|  |  | Total           | <b>15</b> | <b>06</b> | <b>09</b> | 06 | 00 | 00 | /  |  |  |  |
|  |  | Exploitation II | OV61      | 48        | /         | 33 | /  |    | 62 |  |  |  |
|  |  |                 | OV62      | 46        | /         | 33 | /  |    | 63 |  |  |  |
|  |  |                 | OV63      | 35        | /         | 31 | /  |    | 65 |  |  |  |
|  |  |                 | OV64      | 32        | /         | 27 | /  |    | 68 |  |  |  |
|  |  |                 | OV65      | 28        | /         | 32 | /  |    | 70 |  |  |  |
|  |  |                 | OV66      | /         | 60        | /  | /  | /  | /  |  |  |  |
|  |  |                 | OV67      | 33        | /         | 29 | /  |    | 75 |  |  |  |
|  |  |                 | OV68      | 31        | /         | 28 | /  |    | 72 |  |  |  |
|  |  |                 | OV69      | /         | 76        | /  | /  | /  | /  |  |  |  |

|   |  |  |           |           |           |           |           |           |           |                |                |                |
|---|--|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|----------------|
|   |  |  | OV70      | /         | <b>70</b> | /         | /         | /         | /         |                |                |                |
|   |  |  | OV71      | 36        | /         | /         | 75        | 40        | /         |                |                |                |
|   |  |  | OV72      | /         | 65        | /         | /         | /         | /         |                |                |                |
|   |  |  | OV73      | 34        | /         | /         | 73        | 28        |           |                |                |                |
|   |  |  | OV74      |           | 78        | /         | /         | /         | /         |                |                |                |
|   |  |  | OV75      | 38        | /         | /         | 70        | 25        |           |                |                |                |
| <b>Total</b>                                    |  |  | <b>15</b> | <b>10</b> | <b>05</b> | <b>07</b> | <b>03</b> | <b>03</b> | <b>00</b> | <b>66,66 %</b> | <b>70 %</b>    | <b>30 %</b>    |
| <b>Total Tissemsilt</b>                         |  |  | <b>30</b> | <b>16</b> | <b>14</b> | <b>13</b> | <b>/</b>  | <b>03</b> | <b>00</b> | <b>53,33%</b>  | <b>81,25%</b>  | <b>18,25%</b>  |
| <b>Total de l'enquête pour les deux wilayas</b> |  |  | <b>75</b> | <b>53</b> | <b>22</b> | <b>48</b> | <b>/</b>  | <b>05</b> | <b>/</b>  | <b>70,66 %</b> | <b>90,56 %</b> | <b>05,66 %</b> |



## **Références bibliographiques**

## Références Bibliographiques

- **ALEXANDERSEN S.,Zhang,DonaldsonA.I.and Garland A.J.(2003).**The pathogenesis and diagnosis of foot-and-mouth disease. *Journal of Comparative Pathology* 129 (1) 1-36 .
- **ALEXANDERSEN, S., OLEKSIEWICZ, M. B. AND DONALDSON A. 2001.** The early pathogénésisof foot-and mouth disease in pigs infected by contact: a quantitative time course study using TaqMan RT-PCR. *Journal of General Virology*, 82, 747- 755 .
- **AlexandersenS.,Zhang,Z.and Donaldson A.(2002)** Aspects of the persistence of foot – and- mouth deseasevirus in animals –the carrier problem.*Microbesand Infection* 10 1099-1110.
- **Andersen Inquiry(2002)** ‘Foot and mouth disease 2001 : lessons Learned Inquiry
- **Anderson E.CDoughty WJ & Anderson J (1976)**
- **Arnaud P., Emorine J.P (2000-2001)** Santé animale
- **Burrows R. (1968)** Excretion of foot and mouth disease virus prior to development of lesions *Veterinary Record* 82 387.
- **Bartley L .M ., Donnelly C.A.and Anderson RM. (2002)** Review of foot –and-mouth desease virus survival in animal excretions and on formites. *Veterinary Record* 151667-669
- **Bakkali Kassimi et al., 2016.**
- **Bullman& Terraza,1976 ,Barasa et All,2008,Baryssa et Al 2011 )**
- **Brousvootetal,2014**MolecularEpidemiologyfooth and mouth Disease Virus in the Admawa Province of Cameroun *Journal of clinical Microbiology*, May 20014 p 2186-2196- vol 42-N°5 – 0095.
- **C.Crapelet/M.Thibier . LE MOUTON .1984. , p 459 .**
- **Charleston B. et al .( 2011)** Relationship between clinical signs and transmission of infectious disease and implication for control.*Science*. 332(6030): 726-9

- **Charleston B.and Rodriguez L.L(2011)** Understanding Foot-and Mouth Disease Virus Early Pathogenesis and Immune Responses.Transbound Aryan Emerging Diseases.58 (4) 1865- 1682.
- **Cox S.j.,Barnett P.V., DaniP .&Salt J.S (1999)** –Emergency vaccination of sheep against foot-and mouth disease :Protection against disease and reduction of contact transmission .Vaccine.17:1858-1868 .
- Commission européenne de lutte contre la fièvre aphteuse (1993) – Normes de sécurité pour les laboratoires travaillant sur la fièvre aphteuse. Annexes 6 (ii) Rapport de la 30ème session de la Commission européenne de lutte contre la fièvre aphteuse .ROME ,27-30avril 1993.
- **Dekker,A., Moonen,P.andPol,J.M.A.(2005)** Linear hoot defects in sheep infected with foot –and- mouth disease. Veterinary Record 156 572675
- Direction des Services Agricoles de la wilaya de Tiaret
- Direction des Services Agricoles de la wilaya de Tissemsilt.
- **Doel, (2005)** Natural and vaccine induced immunity FMD;CurrentTopicsin Microbiology and Immunology 288,103- 31
- **J.P.Vaissaire, 1977** sexualités et reproduction des mammifères domestiques et du laboratoire, Pari.
- **James and Ellis , 1978 .Perry et al, 1999)**
- **Kitching and Mckay (2005)** State Veterinary journal.5(3) 4-8
- **Pierre-CharlesLefèvre, JeanBlancou, RenéChermette. 2003.** p 339-361
- **SENGHOR EL HADJI AMADOU . 1982.** Contribution à l'étude de la fièvre aphteuse et sa progression en Afrique, ses caractéristiques au Sénégal .Thèse.Mèd.Vét,Dakar : 1991 ; 13.
- **Salt J.S.(1993)-** The carrier in Foot and Mouth Disease –An immunologicalreview.Br.Vet J.,149:207-219 .
- **Tenzin,Dekker, A., Vernooij, H. Bouma, A. and Stegeman,A.(2008),**RateofFoot-and-MouthDisease Virus Disease Virus Transmission by Carriers Quantified from ExperimentalData.Risk Analysis, 28: 303- 309

- **Thomson GR. (1994)** – Foot –and Mouth disease.**In** :Infectious disease of livestock.Coetzr J.A.W., Thomson G.R & Tustin R;C (Eds). P825-852. OxfordUniversityPress, Oxford.
- **Toma B., Duffour ., Rivière J. et al. 2018** . La Fièvre aphteuse, Polycopié des Unités de maladies contagieuses des Ecoles vétérinaires Françaises, Merial (Lyon), 67p.
- **Toma B., Duffour ., Rivière J. et al. 2018** . La Fièvre aphteuse, Polycopié des Unités de maladies contagieuses des Ecoles vétérinaires Françaises ,Merial (Lyon), 13p.
- **Tsudar et al (1987)** Induction of neutralizing antibodies by structural protéins VP1 and VP2 vesicular deseasevirus .NippomJuigakmzassbi, 49-129-132 .
- **ZanellaG.,Bakkali –Kassimi L.Plate forme ESA,2014,2015** ).

**Documents en ligne :**

- <http://www.beep.ird.fr/collect/eismv/index/assoc/TD00-7.dir/TD00-7.pdf>
- <http://archives.umc.edu.dz/bitstream/handle/123456789/135721/BAD7054.pdf>  
[sequence=1&isAllowed=y](#)
- [https://petale.univ-lorraine.fr/thematic-search.html?menuKey=tef\\_ex&submenuKey=authors&id=holveck\\_thierry](https://petale.univ-lorraine.fr/thematic-search.html?menuKey=tef_ex&submenuKey=authors&id=holveck_thierry)

