

Numéro d'ordre :
Série :



**UNIVERSITE DES FRERES MENTOURI CONSTANTINE
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES**

**Mémoire
en vue de l'obtention du diplôme de Magister
en sciences vétérinaires**

Option : Epidémiologie Appliquée

**Contribution à l'étude de la fièvre aphteuse
en Algérie 2014 : facteurs de risque dans la
wilaya d'Oum El Bouaghi**

Présenté par

BADACHE Abderrahmane

Membres du jury :

Présidente	KAYOUCHE	Fatima Zohra	MCA	Université de Constantine
Examineur	BENNOUNE	Omar	MCA	Université de BATNA
Examineur	SAFSAF	Boubakeur	MCA	Université de BATNA
Promoteur	BENMAKHLOUF	Abdelmalek	Professeur	Université de Constantine

Année universitaire : 2016-2017

Sommaire

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : LA FIEVRE APHTEUSE	
1. DEFINITION ET SYNONYMIES	2
2. ETIOLOGIE	2
2.1 TAXONOMIE	2
2.2 CARACTERISTIQUES DU VIRUS	3
2.2.1 MORPHOLOGIE, DIMENSIONS ET STRUCTURE	3
2.2.2 COMPOSITION CHIMIQUE	4
2.2.3 PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES	5
2.3 POUVOIR PATHOGENE	6
2.3.1 POUVOIR PATHOGENE NATUREL	6
2.3.2 POUVOIR PATHOGENE EXPERIMENTAL	7
2.4 POUVOIR ANTIGENE ET IMMUNOGENE	8
3. ESPECES AFFECTEES	8
4. PATHOGENIE	9
5. SYMPTOMES	10
5.1 CHEZ LES BOVINS	10
5.2 CHEZ LES OVINS ET LES CAPRINS	10
5.3 CHEZ LES PORCINS	10
6. DIAGNOSTIC	11
6.1 PHASE DE SUSPICION	11
6.1.1 DATATION DES LESIONS	14
6.1.2 MORTALITE ET MORBIDITE	14
6.1.3 DIAGNOSTIC DIFFERENTIEL	14
6.2 PHASE DE CONFIRMATION	15
6.2.1 CHOIX DES PRELEVEMENTS	15
6.2.2 CHOIX DES TESTS	15
CHAPITRE II : EPIDEMIOLOGIE DE LA FIEVRE APHTEUSE	
1. EPIDEMIOLOGIE DESCRIPTIVE	18
1.1 LES FORMES EPIDEMIOLOGIQUES DE LA FIEVRE APHTEUSE	18
1.2 CARACTERISTIQUES EPIDEMIOLOGIQUE DE LA FIEVRE APHTEUSE	18
1.3 HISTORIQUE DE LA MALADIE	19
1.4 LA SITUATION DANS LE MONDE	20
1.5 SITUATION DANS LES PAYS DU VOISINAGE DE L'ALGERIE	21
1.5.1 LA SITUATION EN TUNISIE	22
1.5.2 LA SITUATION EN LYBIE	23
1.5.3 LA SITUATION AU MAROC	24
1.5.4 LA SITUATION EN MAURITANIE	24
1.6 HISTORIQUE ET SITUATION DE LA FIEVRE APHTEUSE EN ALGERIE	25

Sommaire

1.6.1 BILAN DE LA DERNIERE EPIZOOTIE EN ALGERIE	25
1.7 L'IMPACT DE LA FIEVRE APHTEUSE	25
1.7.1 L'IMPACT GLOBAL DE LA FIEVRE APHTEUSE	25
1.7.2 IMPACT ECONOMIQUE DE LA FIEVRE APHTEUSE	27
2. EPIDEMIOLOGIE ANALYTIQUE	28
2.1 SOURCES DU VIRUS	28
2.1.1 ANIMAUX INFECTES	28
2.1.2 PORTEURS TARDIFS (CONVALESCENTS OU GUERIS)	28
2.1.3 PRODUITS D'ORIGINE ANIMALE ET SOUS-PRODUITS	29
2.1.4 PORTEURS DE GERMES ET ENVIRONNEMENT	29
2.2 RECEPTIVITE	29
2.3 TRANSMISSION	30
2.3.1 LA TRANSMISSION DIRECTE OU LA CONTAMINATION	30
2.3.2 LA TRANSMISSION INDIRECTE A TRAVERS LES VECTEURS VIVANTS OU INANIMES	31
2.3.3 LA DISPERSION EOLIENNE	32

CHAPITRE III : CONTROLE DE LA MALADIE

1. PROPHYLAXIE SANITAIRE	33
1.1 SURVEILLANCE	33
1.2 EVITER L'APPARITION DU VIRUS	33
1.3 TRAÇABILITE DES ANIMAUX	33
1.4 DETECTION RAPIDE DU VIRUS	34
1.5 DELIMITATION DES ZONES	34
1.6 LA QUARANTAINE	34
1.7 CONTROLE DES DEPLACEMENTS	35
1.8 LES ENQUETES EPIDEMIOLOGIQUES	35
1.9 STAMPING-OUT OU ABATTAGE MASSIF	35
1.10 DESTRUCTION DES CADAVRES	36
1.11 DESINFECTION	36
2. LA PROPHYLAXIE MEDICALE	36
2.1 VACCINATION	36
2.2 IMPORTANCE DE LA VACCINATION	36
2.3 HISTORIQUE DE LA VACCINATION	37
2.3.1 L'APHTISATION	37
2.3.2 HEMOPREVENTION	37
2.3.3 HEMO-APHTISATION (HEMO-VACCINATION)	37
2.4 LES VACCINS	37
2.5 LA FABRICATION DU VACCIN	38
2.5.1 LA MULTIPLICATION DU VIRUS	38
2.5.2 L'INACTIVATION DU VIRUS	38
2.5.3 LA PURIFICATION DU VACCIN	39
2.5.4 LES ADJUVANTS ET VALENCES	39

Sommaire

CHAPITRE IV LES NIVEAUX DE CONTROLE DE LA FIEVRE APHTEUSE	
1. A L'ECHELLE INTERNATIONALE	40
2. A L'ECHELLE REGIONALE	42
2.1 POUR LE CONTINENT AFRICAIN	43
2.2 POUR LA REGION DE LA MEDITERRANE	44
2.3 LA STRATEGIE DE SURVEILLANCE ET DE LUTTE DANS LA REGION DU MAGHREB	45
2.3.1 STRATEGIE DE PREVENTION MEDICALE	45
2.3.2 SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE	45
3. A L'ECHELLE NATIONALE	46
3.1 AVANT EPISODE DE FIEVRE APHTEUSE EN TUNISIE	47
3.2 APRES EPISODE DE FIEVRE APHTEUSE EN TUNISIE	47
3.3 DISPOSITIF DE LUTTE MIS EN PLACE	48
4. A L'ECHELLE LOCALE ET DU TROUPEAU	49
4.1 DANS LE FOYER	49
4.2 AUTOUR DU FOYER SUR UN RAYON DE 3 KM (PERIMETRE INFECTE)	50
4.3 A DIX KILOMETRE DU FOYER (ZONE D'OBSERVATION INTENSE)	50

DEUXIEME PARTIE : LA PARTIE PRATIQUE

1. PROBLEMATIQUE	51
2. OBJECTIFS	51
3. MONOGRAPHIE D'OUM EL BOUAGHI	51
3.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA WILAYA D'OUM EL BOUAGHI	51
3.2 LE RELIEF	52
3.3 LE CLIMAT	52
3.4 LA PLUVIOMETRIE	53
3.5 LA VEGETATION	53
3.6 L'ELEVAGE BOVIN	54
4. MATERIEL ET METHODES	55
4.1 MATERIEL	55
4.1.1 RECUEIL DES INFORMATIONS	55
4.1.2 QUESTIONNAIRE	55
4.2 METHODES	57
4.2.1 DEROULEMENT DE L'INVESTIGATION	57
4.2.2 CHOIX DES FERMES	58
4.2.3 L'ANALYSE STATISTIQUE	58
5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS	59
5.1 RESULTATS DESCRIPTIFS	59
5.1.1 EVOLUTION ET DENSITE DU CHEPTEL BOVIN DANS LA WILAYA D'OUM EL BOUAGHI.	59

Mis en forme : Police :(Par défaut) Times New Roman, 12 pt, Police de script complexe :Times New Roman, 12 pt, Tout en majuscule

Sommaire

5.1.2 LES ABATTOIRS ET LES TUERIES DANS LA WILAYA D'OUUM EL BOUAGHI:	61
5.1.3 RESULTATS DE L'ENQUETE	63
• LE DEPLACEMENT DES ANIMAUX ET EXISTENCE DES ANIMAUX SENSIBLES	65
• LE DEPLACEMENT DU PERSONNEL	67
• LE DEPLACEMENT DES VEHICULES	68
• LA LOCALISATION ET LE FONCTIONNEMENT DE LA FERME	69
• LES FACTEURS PROTECTEURS	72
• LES FACTEURS ASSOCIES AUX EXPLOITATIONS	76
5.2 RESULTATS ANALYTIQUES	78
6. DISCUSSIONS	80
8.7. RECOMMANDATIONS	83
	84
REFERENCE\$ BIBLIOGRAPHIQUES	85

LISTE DES ABREVIATIONS

AFSSA	agence française de la sécurité sanitaire des aliments
ARN	acide désoxyribonucléique
BHK 21	cellules de rein de hamster nouveau-né, clone 21
°C	Degrees Celsius
CM	Centimètre
ELISA	enzyme-linked immunosorbent assay
Eu FMD	la commission européenne de contrôle de la fièvre aphteuse
FA	la fièvre aphteuse
FAO	organisation mondiale de l'alimentation et l'agriculture
FMDV	Foot and Mouth Disease Virus
FPZPP	le Fonds de la Promotion Zoo-sanitaire et de la Protection Phytosanitaire
H	heure
l'IRVT	Institut de recherche vétérinaire de Tunisie
NSP	Non Structural Protein (protéine non structurale)
OIE	Organisation mondiale de la santé animale
OR	Odds ratio ou rapport de cote
PCR	Réaction en chaîne par polymérase
pH	Potentiel d'hydrogène
RT-LAMP	reverse transcription loop-mediated isothermal amplification
RT-PCR	Réaction en chaîne par polymérase en temps réel
SAT	Le territoire du sud Afrique
SPSS	Statistical package for the Social Sciences (logiciel statistique)
U.S.A	Les états unis d'Amérique
URSS	Ancienne dénomination de la Russie
VP	Protéine virale

LISTE DES ABREVIATIONS

FNDA,	Fond nationale du développement agricole
ANSEJ	Agence nationale de soutien à l'emploi des jeunes

Liste des tableaux

Tableau 1: Classification dans la famille des <i>Picornaviridés</i> .	P 3
Tableau2: Résistance aux agents physiques et chimiques du virus de la FA.	P6
Tableau 3: Estimation de l'âge des lésions de fièvre aphteuse chez les ruminants et les porcs.	P14
Tableau 4: Répartition temporelle des foyers de la fièvre aphteuse en Algérie et les espèces touchées 2014/2015.	P 25
Tableau 5: Le nombre des doses de la fièvre aphteuse utilisé chaque année.	P 28
Tableau6: Doses minimales de virus de la FA nécessaires pour infecter différentes espèces selon les voies d'exposition.	P 30
Tableau 7: Evolution du nombre des bovins dans la wilaya d'Oum El Bouaghi entre 2010 et 2015.	P 54
Tableau 08: Répartition des élevages bovins enquêtés dans la wilaya d'Oum El Bouaghi	P 56
Tableau 9: Répartition des abattoirs et des tueries dans la wilaya d'Oum El Bouaghi	P 61
Tableau 10 : Tableau récapitulatif des résultats analytiques univariés	P 78

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Genome et structure proteique du virus de la fièvre aphteuse (Thiry et Baazizi, 1999).	05
Figure 2 :	Bovin présente des signes de la fièvre aphteuse dans la wilayat de Sétif rapporté par (Oumammar., 2014)	12
Figure 3 :	Ulcères superficiels sur le trayon d'une vache. (Hammami cité par Gourreau,2010)	12
Figure 4 :	Ulcère dans l'espace interdigital d'un bovin. (Gourreau, 2010)	13
Figure 5 :	Evolutions des lésions podales chez le porc conduisant la réticence à se déplacer (Stenfeldt, 2016)	13
Figure 6 :	Le statut global des pays membres à OIE vis à vis la fièvre aphteuse entre Janvier 2005et Janvier 2016 (Knight-Jones et <i>al</i> , 2016).	20
Figure7 :	Les sept écosystèmes régionaux viraux de la fièvre aphteuse avec les sérotypes prédominants (Hammond, et <i>al</i> ; 2009. Nardo et <i>al</i> 2011; Domenech et <i>al</i> ,2012)	21
Figure 8 :	Répartition des foyers de la fièvre aphteuse sur le territoire tunisien dans la dernière épizootie (OIE b, 2014)	22
Figure 9 :	Répartition des foyers de la fièvre aphteuse sur le territoire libyen dans la dernière épizootie (OIE c, 2014)	23
Figure 10 :	Répartition des foyers de la fièvre aphteuse sur le territoire marocain dans la dernière épizootie (OIE, 2016)	24
Figure 11 :	Structures des pertes causées par la fièvre aphteuse (Rushton et <i>al</i> , 2012).	26
Figure 12 :	Étapes de l'Approche progressive de la lutte contre la fièvre aphteuse(Rushton et <i>al</i> , 2012)	42
Figure 13 :	Le statut des pays africains vis-vis l'approche de lutte progressive en 2009 (Domenech et <i>al</i> , 2009)	43
Figure 14 :	Perspective de progression de statuts des pays africains vis-vis l'approche de lutte progressive entre 2010 et 2014 (Domenech et <i>al</i> , 2009)	44
Figure 15 :	Système de surveillance épidémiologique et d'information en Algérie (DJAILEB, 2015).	46
Figure 16 :	Délimitation des zones autour du foyer de la fièvre aphteuse (OUMAMMAR,2015)	50
Figure 17 :	Les limites géographiques de la wilaya d'Oum El Bouaghi (Boughalem, 2015)	52

LISTE DES FIGURES

Figure 18 :	La variation de la température, l'hygrométrie et la vitesse du vent dans la wilaya d'Oum El Bouaghi en 2014 (SMO, 2014)	53
Figure 19 :	Répartition des élevages enquêtés dans la wilaya d'Oum El Bouaghi (les foyers de la fièvre aphteuse et les témoins) 2016.	57
Figure 20 :	Evolution du nombre des bovins dans la wilaya d'Oum El Bouaghi entre 2010 et 2015	59
Figure 21 :	Répartition géographique du cheptel bovin dans la wilaya d'Oum El Bouaghi 2014/2015	60
Figure 22 :	Densité des bovins dans la wilaya d'Oum El Bouaghi 2014/2015	60
Figure 23 :	Destinations des animaux proviennent des foyers de la fièvre aphteuse pour l'abattage sanitaire en 2014 (DSA D'OEB).	62
Figure 24 :	La fonction principale des propriétaires des élevages touchés par la fièvre aphteuse.	63
Figure 25 :	Le mode d'élevage pratiqué par les élevages touchés par la fièvre aphteuse.	64
Figure 26 :	Type de production des élevages touchés par la fièvre aphteuse à Oum El Bouaghi.	64
Figure 27 :	Répartition des élevages touchés par la fièvre aphteuse à Oum El Bouaghi selon l'existence ou l'absence des petits ruminants.	65
Figure 28 :	Répartition des élevages touchés par la fièvre aphteuse en fonction de l'introduction récente des animaux dans la ferme	66
Figure 29 :	Les personnes qui ont visité les fermes infectées par la fièvre aphteuse dans la période de risque.	67
Figure 30 :	Les véhicules qui ont visités les fermes touchés par la fièvre aphteuse.	68
Figure 31 :	Répartition des élevages touchés par la fièvre aphteuse en fonction de l'existence du matériel partagé entre les fermes	69
Figure 32 :	Répartition des élevages touchés par la fièvre aphteuse en fonction de l'existence des lieux du pâturage et d'abreuvement communs	69
Figure 33 :	Répartition des élevages touchés par la fièvre aphteuse en fonction de l'existence ou l'absence de la maladie aux alentours des fermes	70
Figure 34 :	Répartition des élevages touchés par la fièvre aphteuse en fonction du type de routes avoisinantes	71
Figure 35:	Le foyer d'Ain Kercha très proche de la route nationale RN 100	71
Figure 36 :	Répartition de fermes enquêtées en fonction de la vaccination contre la	

LISTE DES FIGURES

	fièvre aphteuse dans les 6 derniers mois.	72
Figure 37 :	Les vaccins utilisés pour la vaccination des bovins contre la fièvre aphteuse en Algérie 2014	73
Figure 38 :	la mise en quarantaine des animaux nouvellement introduits dans les élevages enquêtés (infectés et sain)	73
Figure 39 :	Etat sanitaire des fermes en fonction l'existence de clôture	74
Figure 40 :	Clôture à Ain M'Lila et à Oum El Bouaghi	74
Figure 41 :	Rotoluve et ou pédiluves à l'entrée des bâtiments dans les fermes enquêtées (infectées par la fièvre aphteuse, et saines)	75
Figure 42 :	Absence du pédiluve à l'entrée d'une exploitation d'engraissement qui a été infectée à F'kirina.	75
Figure 43 :	Relation entre l'existence de la fièvre aphteuse et le niveau instructif du propriétaire de l'élevage	76
Figure 44 :	Relation entre l'existence de la fièvre aphteuse et l'ancienneté du propriétaire dans ce type d'élevage	77

INTRODUCTION

La fièvre aphteuse est une maladie contagieuse du bétail, qui affecte les grands animaux domestiques et sauvages à anglois pair. Elle ne provoque pas de mortalité importante comme d'autres épizooties, mais elle est caractérisée par une forte morbidité et une faible mortalité, rencontrée surtout chez les jeunes, due à une dégénérescence dans le muscle cardiaque. Elle a aussi généré des pertes économiques considérables dans le monde notamment en entraînant une réduction importante de la production du lait ou de viande dans les élevages infectés, des pertes consécutives aux coûts de prévention élevée, et à la restriction des marchés régionaux et internationaux les plus rémunérateurs (Rushton et al, 2012)

La fièvre aphteuse demeure l'une des maladies animales à caractère épizootique les plus répandues dans le monde. Plus de 100 pays ne sont toujours pas considérés officiellement comme indemnes par l'OIE (Vallat, 2012). La répartition géographique de cette maladie diffère d'un pays ou d'une région à l'autre, elle est liée essentiellement aux caractéristiques du virus et à la pluralité des modes de transmission de la maladie.

Tous ces arguments ont justifié le recours des Nations Unies (représentées par la FAO) et OIE a élaboré un programme visant le contrôle mondial de la fièvre aphteuse dans le but d'améliorer la santé et le bien-être animal dans le monde et la réduction de la pauvreté dans les pays en développement ou en transition actuellement infectés en majorité par cette maladie, ainsi que sur la sécurité alimentaire mondiale (Vallat, 2012), par l'action de pilotage mondiale et les aides dans le cadre de la lutte régionale.

En Algérie, la fièvre aphteuse a été signalée plusieurs fois dont celle de 1999 puis en 2014 et 2015, où 431 foyers ont été déclarés dans le nord du pays. La dernière épizootie a affecté fortement l'Algérie, en entraînant des pertes financières importantes, ce qui a poussé les responsables à mettre en place une campagne de vaccination d'urgence sur toutes les régions touchées, c'est pour cette raison que l'étude épidémiologique visant à déterminer les facteurs de risque associés à l'apparition et la propagation de cette maladie à l'échelle nationale est importante; visant l'un des maillons du réseau d'épidémiosurveillance, formé par différents acteurs de statuts étatiques et privés.

Pour cette raison nous avons mené une enquête auprès des élevages afin de déterminer les facteurs de risque associés à l'introduction et la dissémination de la fièvre aphteuse dans les foyers déclarés infectés, ainsi que les mesures de prophylaxie prises, dans la wilaya d'Oum El Bouaghi.

CHAPITRE I : LA FIEVRE APHTEUSE

1. DEFINITION ET SYNONYMIES

La fièvre aphteuse (F.A.) est une maladie infectieuse virale, virulente, inoculable, épizootique, d'une contagiosité à la fois très rapide et très subtile, nécessitant des mesures sanitaires draconiennes (Toma et *al*, 2014).

Elle est due à un virus de la famille des *Picornaviridae*. Sa dénomination est tirée des symptômes qu'elle génère (Toma et *al*, 2014). Selon les langues utilisées, les appellations rencontrées sont :

- Français: « Cocotte »
- Anglais: Foot-and-mouth disease
- Allemand : Maul und Klauenseuche
- Espagnol : Fiebre aphtosa, glosso-peda
- Italien : Afta epizootica

2. ETIOLOGIE

Le virus de la fièvre aphteuse appartient à la famille des *Picornaviridés* et au genre *Aphthovirus* (Rückert, 1996). Il possède une grande capacité de variation et d'adaptation qui se manifeste par l'existence de sept sérotypes différents (O, A, C, SAT1, SAT2, SAT3 et Asia 1) et d'un nombre important de sous-types et de variantes antigéniques qui peut aller jusqu'à soixante (Domingo et *al*, 1990). Les génotypes O, A et C sont des virus cosmopolites, les génotypes SAT1, 2 et 3 sont sud-africains et le génotype Asia est comme son nom l'indique asiatique (Thiry et Baazizi, 1999). Cependant, la classification actuelle adoptée par le laboratoire mondial de références de Pirbright inclue aussi la région de découverte du sérotype (topotype), et qui est basée sur le génotype, le pays d'origine et l'année, par exemple C/France/81 ou A/Iran/99. La variation antigénique constitue un obstacle majeur pour le contrôle de la fièvre aphteuse (Sobrino et *al*, 2001). Elle peut être responsable de la mauvaise performance de la vaccination, si le vaccin contient un virus trop éloigné du variant prévalent au cours de l'épizootie (Thiry, 2001 ; Thiry et Baazizi, 1999).

2.1 TAXONOMIE

Le virus de la fièvre aphteuse appartient à la famille des *Picornaviridae*, du genre *Aphthovirus*. La famille des *Picornaviridae* a été officiellement créée en 1970, lors du Congrès

International de Microbiologie qui s'est tenu au Mexique, elle est actuellement divisée selon des critères physiques et génétiques en différents genres indiqués dans le tableau 01.

Tableau01. Classification dans la famille des *Picornaviridae* (KIM et al ,2000)

Famille des <i>Picornaviridae</i>	
Genre	Membres
Entérovirus	Poliovirus 1, 2,3 Virus Coxsackie Virus Echo Entérovirus humains, simiens, bovins, porcins
Rhinovirus	Rhinovirus humains Rhinovirus bovins
Cardiovirus	Virus de l'encéphalo-myocardite murine Virus Mengo
Aphovirus	Virus de la fièvre aphteuse
Hepatovirus	Virus de l'hépatite A
Parechovirus	Parechovirus humains

2.2 CARACTERISTIQUES DU VIRUS

2.2.1 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).

- **Les sous-unités protéiques**

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

2.2.2 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 capside**

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 capside. Elle sert à rattacher l'ARN viral à la surface intérieure de cette boîte protéique qu'est la capside (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 VP1 seule est différente de celle de la VP1 sur la particule virale (Toma *et al*, 2009).

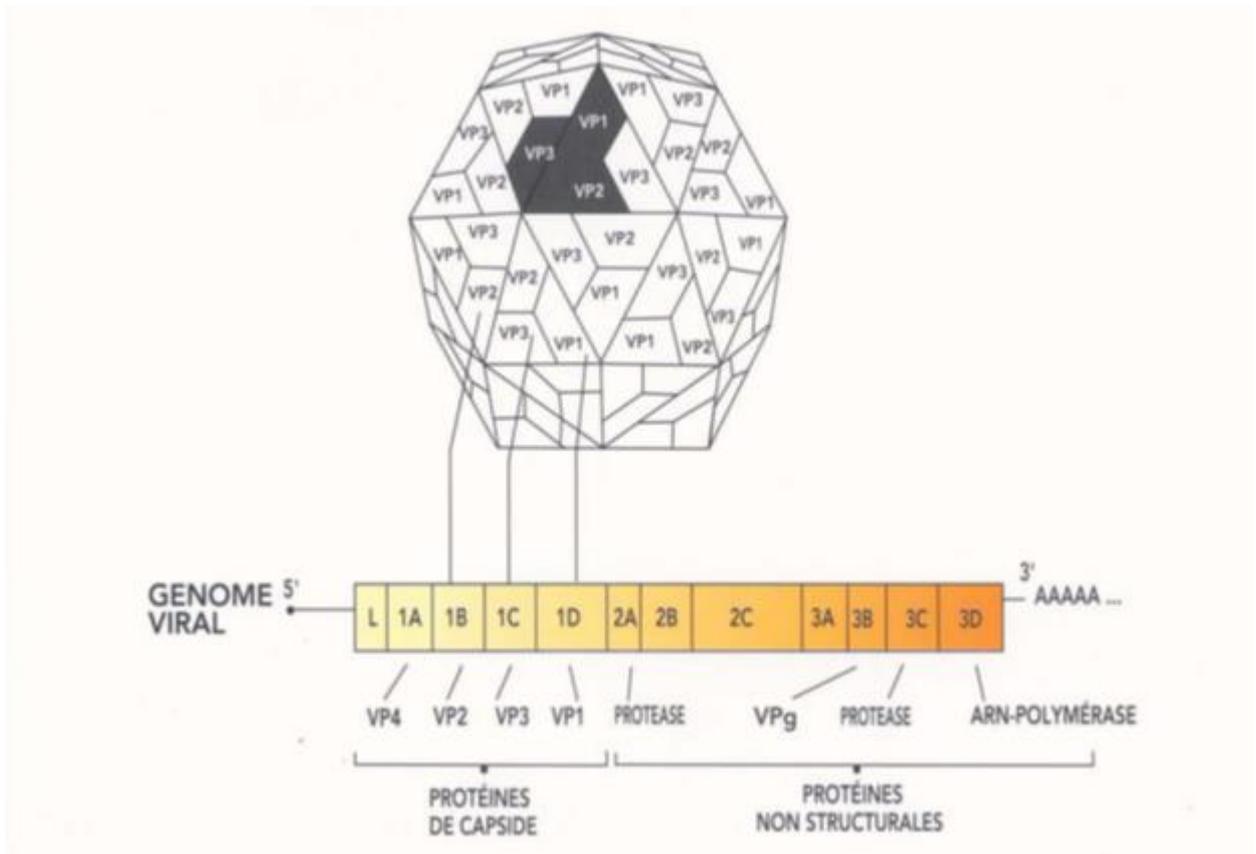


Figure 1: Genome et structure proteique du virus de la fièvre aphteuse (Thiry et Baazizi, 1999).

2.2.3 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 à 8⁰/₀₀: 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).

Tableau02: Résistance aux agents physiques et chimiques du virus de la FA (OIE, 2009)

Température	Préserve par la réfrigération et la congélation et progressivement inactive par les températures supérieures à 50°C
pH	Inactive a 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 pH).

2.3 POUVOIR PATHOGENE

2.3.1 Pouvoir pathogène naturel

- **Variations quantitatives**

Ces variations portent, d'une part, sur le potentiel de diffusion, d'autre part, sur l'intensité du pouvoir pathogène. Ainsi, certaines souches possèdent une contagiosité extrême 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**

Le virus aphteux présente deux tropismes distincts :

- *A l'espèce* : réceptivité spontanée des artiodactyles et, au laboratoire, de certains rongeurs, cobaye et souris, et de certains oiseaux,
- *Au tissu*: épithéliotropisme, illustré par les lésions aphteuses et les contaminations essentiellement muqueuses. Aussi un cytotropisme, responsable des dégénérescences myocardiques.

2.3.2 Pouvoir pathogène expérimental

La maladie peut être produite expérimentalement chez les espèces spontanément réceptives. Elle peut être également obtenue chez des animaux de laboratoire, jamais atteints dans les conditions naturelles. Pour le lapin et la souris, la sensibilité est plus élevée chez les animaux jeunes (Toma *et al*, 2009).

- **Dans la cellule sensible**

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 capsidation, construction du virion définitif). À la phase ultime, la libération des virions mûrs et infectants ($5^{0/00}$ des virions produits) s'effectue par éclatement cellulaire.

Certains aspects de ce mécanisme sont importants :

- La brutalité du processus explique en partie la rapidité de l'évolution aiguë de la maladie et de la contagion ;
- L'hétérogénéité des particules produites : virions complets et infectants, capsides complètes non infectantes (sans ARN central), virus incomplets, capsomères libres, virus hybrides, protéines virales induites.

Le pouvoir pathogène de souches de virus aphteux peut être modifié expérimentalement par passages en série dans divers milieux de culture : on a pu ainsi obtenir des souches « lapinisées », « Avianisées », adaptées à la souris ou des mutants froids (par passages en culture cellulaire à température inférieure à 37°C).

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 (TOMA et al, 2010).

2.4 POUVOIR ANTIGENE ET IMMUNOGENE

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.

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. Des vaccins peptidiques et recombinants sont encore à l'étude jeune (Gourreau, 2010).

3. ESPECES AFFECTEES

La fièvre aphteuse est caractérisée par des lésions vésiculaires au niveau de la langue, du nez et des mamelles. La fièvre et la boiterie sont des symptômes spécifiques. Cette affection est à l'origine de pertes économiques importantes chez les animaux artiodactyles (Arzt et al, 2011). Parmi les espèces domestiques atteintes, on peut citer, les bovins, les ovins, les caprins et les porcins, mais aussi les buffles et les camelins. 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.

L'homme est très résistant, mais peut exceptionnellement, exprimer cliniquement l'infection par des aphtes dans la bouche, sur la paume des mains et la plante des pieds (ANONYME 4, 2016).

4. PATHOGENIE

La principale voie de pénétration du virus aphteux se fait par l'inhalation des gouttelettes ou d'aérosols infectés (Daniel *et al*, 2008). L'organisme peut également être contaminé par d'autres voies à savoir, les muqueuses, la peau lésée et même à travers le tractus digestif (Alexandersen et Mowat, 2005).

Lors de l'infection par voie respiratoire, le premier site infecté est le pharynx, le nasopharynx et la face dorsale du palais mou où le virus subit sa première réplication. Par contre, lorsque le virus traverse une plaie de la peau, la première réplication sera in situ, puis celui-ci va être drainé vers le ganglion satellite de la région infectée (Henderson, 1948), pour ensuite gagner la circulation générale (Alexandersen *et al*, 2002).

L'étude de la pathogénie est toujours basée sur les résultats expérimentaux d'inoculation du virus aux animaux vivants sensibles comme les ovins et les bovins pour déterminer les différentes étapes du processus pathologique. On peut citer comme exemple :

- l'infection expérimentale faite sur les ovins, par inhalation et inoculation intranasopharyngienne. Le premier site de réplication virale se localise dans la porte d'entrée (Stenfeldt *et al*, 2015).
- chez les bovins l'infection expérimentale par inoculation de la souche A24 du virus aphteux dans l'épithélium lingual ou par aérosol d'une souche O, suit le même chemin par multiplication au niveau du nasopharynx, puis une extension vers les poumons et la circulation générale (Arzt *et al*, 2014).

Après la dissémination sanguine le virus gagne les cellules épithéliales de la peau, la langue et la bouche, qui sont le deuxième site de réplication et d'apparition des vésicules à cause de l'existence des récepteurs permettant le rattachement du virus à la surface de ces cellules (Oleksiewicz *et al*, 2001; Alexandersen *et al*, 2001).

L'infection naturelle peut prendre une incubation d'environ 1 à 14 jours (Daniel *et al*, 2008) ; Expérimentalement, la moyenne d'incubation serait de 3 à 4 jours pour les bovins et 1 à 3 jours pour les porcs (Alexandersen *et al*, 2003).

L'excrétion virale commence en phase d'incubation dès 48h après la contamination, et persiste même après la disparition des symptômes. L'évolution clinique de la FA s'accomplit

ensuite généralement en une quinzaine de jours (Toma *et al*, 2010), sauf en cas de complications septiques, une convalescence s'amorce ensuite. Une immunité de nature surtout humorale précoce (vers le 10^{ème} jour) et prolongée (plusieurs mois à des années) s'installe.

Cette immunité protège les animaux guéris ou vaccinés vis-à-vis de la maladie provoquée par des souches homologues (Toma *et al*, 2010).

5. SYMPTOMES

La période d'incubation varie de deux à quinze jours en moyenne, elle dépend : de la souche virale, de la dose infectieuse et de la voie de contamination (Gourreau, 2008).

5.1 CHEZ LES BOVINS

Le premier signe clinique est la fièvre, l'hyperthermie pouvant atteindre 41°C. Elle s'accompagne d'abattement, d'inappétence, d'inrumination et d'une chute de la production lactée.

Des vésicules apparaissent dans la cavité buccale, en particulier sur les gencives, la face interne des lèvres et la langue. Elles se rompent 12 à 24 heures plus tard pour donner des ulcères superficiels douloureux, générateurs d'une sialorrhée filante. Leur cicatrisation a lieu en quatre à six jours. Sur les pieds, on observe des vésicules puis des ulcères sur le bourrelet coronaire et dans l'espace interdigital, ces lésions entraînent des boiteries (Gourreau, 2010).

Les trayons sont aussi le siège de vésicules, lesquelles, sur les bovins en lactation, peuvent être le premier signe détectable de la maladie, comme ce fut le cas en France en 2001 (Gourreau, 2010).

5.2 CHEZ LES OVINS ET LES CAPRINS

La FA évolue d'une manière comparable à celle des bovins, mais les localisations buccales sont toujours discrètes. En revanche, l'atteinte podale est majeure et révélée par une boiterie d'un seul membre le plus souvent, aggravée par les longs déplacements. Au tableau général, sont généralement associés des avortements, une mortalité élevée des agneaux et des chevreaux.

Certaines souches peuvent n'entraîner qu'une expression clinique discrète chez les ovins. Ainsi, la souche Pan Asia de type O sévissant en Grande-Bretagne en 2001 n'entraîne qu'un taux de morbidité de l'ordre de 5 % (Toma *et al*, 2010).

5.3 CHEZ LES PORCINS

Le premier signe de la maladie est la fièvre qui engendre de la prostration. Contrairement à leur habitude, les animaux malades ne manifestent aucun mouvement ni grognement à l'entrée d'une personne étrangère dans la porcherie. Au lever, ils éprouvent de grosses difficultés à se déplacer ; on dit qu'ils « marchent sur des aiguilles ». En effet, les ulcères du bourrelet coronaire et de l'espace interdigital les font énormément souffrir.

Comme pour les autres espèces, les lésions sont localisées à la bouche, à la mamelle et aux pieds. Fréquemment, le groin est également le siège d'une énorme bulle, coalescence de plusieurs vésicules. Les lésions du trayon remontent jusque sur la mamelle, ce qui ne se voit pas dans les autres espèces. Des chutes d'onglon sont également observées.

La mortalité n'atteint généralement que les porcelets à la mamelle, ce qui permet cliniquement de différencier la fièvre aphteuse de la maladie vésiculeuse du porc (Gourreau, 2010).

6. DIAGNOSTIC

Le diagnostic clinique de la fièvre aphteuse sur les animaux vivants varie d'une espèce à l'autre. Les symptômes sont plus discrets chez certaines espèces (ovines) comparativement à d'autres (bovines).

Comme toute maladie infectieuse il passe par deux étapes distinctes :

- Phase de suspicion (diagnostic clinique et épidémiologie)
- Phase de confirmation (diagnostic de laboratoire)

6.1 PHASE DE SUSPICION

Dans laquelle les données épidémiologiques et cliniques, notamment la contagiosité très élevée où un bovin malade peut contaminer la quasi-totalité du troupeau le lendemain (Gourreau, 2010)

Chez les bovins, la suspicion prendra en compte toute sialorrhée avec présence de vésicules ou d'ulcères dans la bouche, associée ou non à des boiteries et à des lésions sur les trayons.



Figure 2 : Bovin présentant des signes de la fièvre aphteuse dans la wilaya de Sétif (Oumammar, 2014)



Figure 3 : Ulcères superficiels sur le trayon d'une vache (Hammami cité par Gourreau ,2010)



Figure 4 : Ulcère dans l'espace interdigital d'un bovin (Gourreau, 2010)

Chez le porc, le signe le plus évocateur à chercher c'est la réticence au déplacement qui est due à la présence des vésicules sur la bande coronaire et le talon (ANONYME 5, 2016).

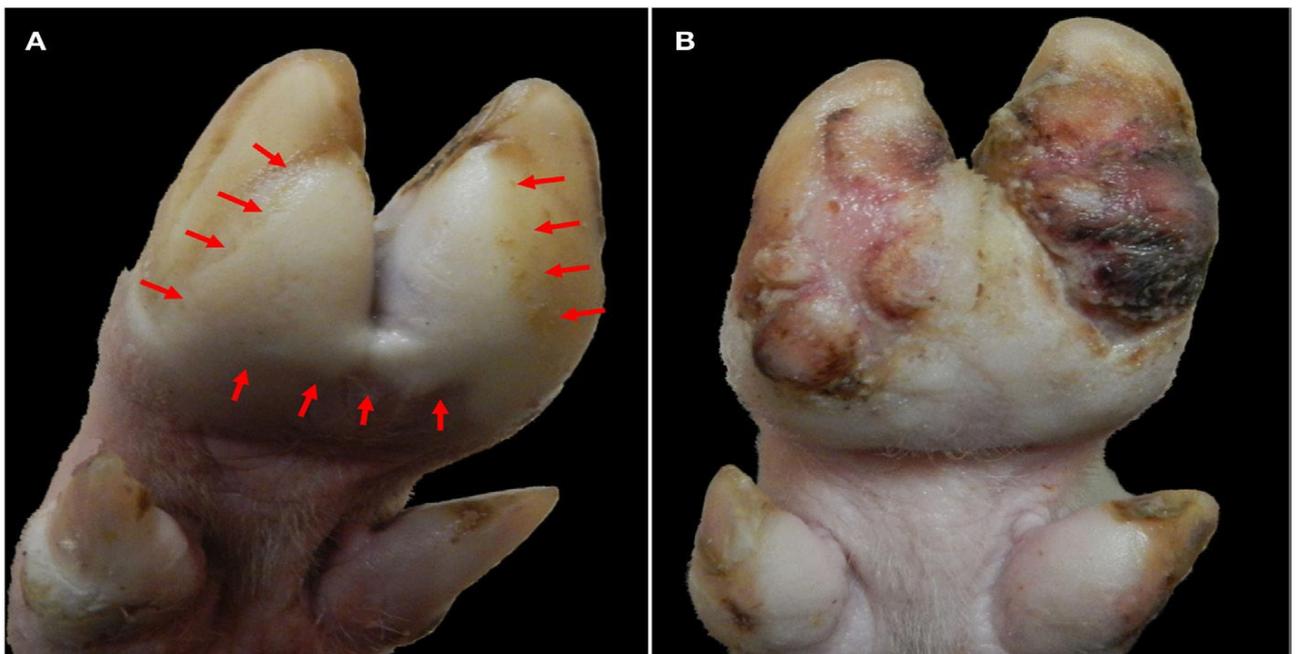


Figure 5 : Evolution des lésions podales chez le porc conduisant la réticence à se déplacer (Stenfeldt, 2016).

Chez les petits ruminants, le diagnostic clinique est très difficile à faire, voire quasiment impossible où les lésions sont discrètes et les cas passent facilement inaperçus (Geering, 1967 ; Gourreau, 1999 ; Donaldson *et al*, 2000).

6.1.1 Datation des lésions

Pour bien maîtriser le diagnostic clinique ou d'orientation de la fièvre aphteuse, il faut savoir déterminer les différents aspects lésionnels de la maladie pour éviter la confusion avec des maladies qui ont des signes cliniques similaires dans un ou plusieurs stades évolutifs (Bachrach, 1968). Il est également utile de connaître la date d'entrée du virus dans le troupeau, qui peut être considérée comme le cas de référence afin de déterminer le moment d'entrée dans le pays.

Le tableau 03 décrit comment estimer l'âge des lésions de fièvre aphteuse chez les ruminants et les porcins en s'appuyant sur celles décrites par Kitching et Mackay (1995)(ANONYME5, 2016).

Tableau 03: Estimation de l'âge des lésions de fièvre aphteuse chez les ruminants et les porcs d'après Kitching et Mackay (1995)

Jours de maladie clinique	Aspect des lésions
Jour 1	Blanchiment de l'épithélium, suivi par la formation de vésicules remplies de liquide.
Jour 2	Vésicules fraîchement éclatées, caractérisées par un épithélium à vif, un bord clair de la lésion et aucun dépôt de fibrine.
Jour 3	Les lésions commencent à perdre leur forte démarcation et leur couleur rouge vif. Il commence à y avoir des dépôts de fibrine.
Jour 4	Il y a beaucoup de dépôts de fibrine et la régénération de l'épithélium est manifeste à la périphérie de la lésion.
Jour 7	Une formation importante de tissu cicatriciel et la guérison se sont produites. Quelques dépôts de fibrine sont habituellement encore présents.

6.1.2 Mortalité et morbidité

Le taux de morbidité est élevé (en moyenne 65 à 70 % dans un cheptel vierge) (Toma *et al*, 2010), et peut atteindre 100 % dans les porcheries de race exotique en Afrique (Seifert, 1996), le taux de mortalité est habituellement faible (2 à 5 % en général) et parfois très élevé particulièrement chez les jeunes avant l'apparition des vésicules, suite à une insuffisance cardiaque due au virus qui envahit et détruit les cellules du muscle cardiaque (Seifert, 1996).

6.1.3 Diagnostic différentiel

Chez les ruminants, la FA doit être différenciée de la peste bovine (actuellement éradiquée), la diarrhée virale bovine, la maladie des muqueuses, la rhinotrachéite 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). Chez les porcs, la FA est à différencier de la maladie vésiculeuse des suidés, de l'exanthème vésiculeux des suidés et de la stomatite vésiculeuse (qui n'existe pas en Afrique) (Thomson et Bastos, 2004).

6.2 PHASE DE CONFIRMATION

Elle est basée essentiellement sur le diagnostic de laboratoire en suivant ces étapes :

6.2.1 Choix des prélèvements

Pour confirmer un diagnostic clinique, il est nécessaire d'envoyer un échantillon adéquat au laboratoire et ceci dans de bonnes conditions. En effet, la précision et la justesse du diagnostic de laboratoire dépendent d'abord de la qualité des échantillons soumis. Si les aphtes sont présents, un échantillon de 2 cm² de l'épithélium prélevé pendant la phase aiguë de la FA est suffisant pour une recherche virale (Salt, 2004). Quand il s'agit d'une infection de plus de deux semaines, il est nécessaire de faire une sérologie. Le diagnostic de laboratoire peut permettre d'identifier les animaux infectés par l'isolement du virus ou détection de l'ARN viral (Houndjè *et al*, 2013).

6.2.2 Choix des tests

- **Analyses de virologie**

Elles ont pour but d'identifier l'agent pathogène par la détermination de l'agent infectieux de la fièvre aphteuse ou de son acide nucléique (Gourreau, 2010), les analyses sont précédées par un test d'isolement du virus effectué à partir du broyat d'aphtes, sur cellules primaires de thyroïde de veau et sur cellules de lignée IBRS2 (afin de pouvoir différencier le virus aphteux du virus de la maladie vésiculeuse du porc et réaliser l'isolement des souches de virus aphteux adaptées aux porcins). Après 24 heures, si aucun effet cytopathogène n'est observé, un second passage est réalisé avant que le prélèvement puisse être déclaré négatif, portant le délai de réponse à 48 heures (Toma *et al*, 2014). Si un effet cytopathogène est observé, l'identification du virus est alors effectuée à l'aide des différentes techniques d'*enzyme-linked immunosorbent assay* (ELISA) (Roeder *et al*, 1987) et de *polymerase chain reaction* (PCR) (Rweyemamu *etal*, 2008) sont utilisées pour identifier le type et le ou les sous-types de virus impliqués.

Récemment des nouvelles techniques visant la détection du génome du virus aphteux sont développées, entre autre la technique dite *reverse transcription loop-mediated isothermal amplification* (RT-LAMP) qui détecte un ou plusieurs sérotypes (Chen *et al*, 2011; Madhanmohan *et al*, 2013; Yamazaki *et al*, 2013; Ding *et al*, 2014; Kasanga *et al*, 2014),

Cette technique est caractérisée par sa rapidité, simple à utiliser et sa rentabilité avec une sensibilité et spécificité comparable à celle de la RT-PCR (Knight-Jones *et al*, 2016). En plus elle a été utilisée avec succès dans le cadre de diagnostic sur le terrain (Abd El Wahed *et al*, 2013), aussi des techniques utilisées pour la détection précoce du virus de la fièvre aphteuse dans l'air ambiant ont donné des bons résultats, dans des études préliminaires par l'utilisation d'un dispositif latéral d'échantillonnage d'air associé à la technique *RT-LAMP* (Waters *et al*, 2014).

- **Les analyses sérologiques**

La méthode indirecte de recherche des anticorps est possible, mais présente peu d'intérêt diagnostique en zone d'enzootie. Elle est valable pour le diagnostic dans les élevages naïfs, nouvellement infectés ou pour les enquêtes épidémiologiques. Les techniques sérologiques utilisables sont la séro-neutralisation sur cultures cellulaires, la fixation du complément et surtout le test ELISA.

L'avènement des procédures de RT-PCR a conduit à l'élaboration des tests pour la détection spécifique de l'ARN du virus aphteux (Meyer *et al*, 1991 ; Amaral-Doel *et al*, 1993). Ces procédures sont très sensibles et réduisent le temps nécessaire à la détection virale. En outre, la RT-PCR, en combinaison avec le séquençage direct des nucléotides, est devenue un outil important pour la caractérisation rapide des isolats de terrain et le dépistage de nouveaux foyers (Armstrong *et al*, 1994).

- **Détection des anticorps**

Plusieurs techniques visent à détecter les anticorps induits par les protéines structurales et non structurales du virus aphteux chez les animaux infectés et ou vaccinés. La technique ELISA et de séro-neutralisation sont les plus utilisés (Toma *et al*, 2014). Les tests classiques pour la détection d'anticorps contre les protéines structurales du virus de la fièvre aphteuse, élevées après vaccination ou infection, utilisent la détection des dérivés d'antigènes des virus vivants, et nécessitent des installations spécialisées de niveau 3 de biosécurité. L'utilisation de la technologie recombinante comme alternative source d'antigènes de test a été prometteuse dans plusieurs études (Ko *et al*, 2012 ; Basagoudanavar *et al*, 2013 ; Wong *et al*, 2013). L'utilisation de la technique ELISA de compétition en phase solide pour la détection des anticorps des Protéines non structurales du virus aphteux est devenue l'alternative à l'ELISA de blocage en phase liquide ou neutralisation du virus, (Li *et al*, 2012).

Plusieurs publications ont décrit le développement des tests pour la détection d'anticorps spécifiques pour NSP virales, dont la plupart basent sur des tests DIVA (différenciation des

animaux vaccinés) (Jaworski *et al*, 2011 ; Gao *et al*,2012 ; Sharma *et al*,2012 ; Srisombundit *et al*,2013 ; Biswal *et al*,2014 ; Mohapatra *et al*, 2014), y compris un essai Luminex (Chen *et al*, 2013). Mais quel que soit le test utilisé, pour détecter l'infection chez les populations par la présence d'anticorps NSP, les bovins vaccinés présentent parfois une séroconversion, en particulier après une vaccination répétée. En outre, les animaux ayant une infection localisée, ne peuvent pas développer une NSP, en particulier s'ils ont été préalablement immunisés (Brocchi *et al*, 2006). C'est l'une des raisons pour laquelle la séro-surveillance des troupeaux vaccinés est complexe et incertaine, exigeant un grand nombre d'animaux à tester.

CHAPITRE II : EPIDEMIOLOGIE DE LA FIÈVRE APHTEUSE

1. EPIDEMIOLOGIE DESCRIPTIVE

1.1 LES FORMES EPIDEMIOLOGIQUES DE LA FIÈVRE APHTEUSE

La FA peut revêtir deux formes épidémiologiques principales :

- La forme enzooto-épizootique rémittente, où l'enzootie latente est entrecoupée à intervalles variables par des vagues épizootiques. Ici l'enzootie est entretenue par des porteurs de germes.

- La forme épizootique pure intermittente dans laquelle les périodes de silence aphteux absolu sont brisées à intervalles irréguliers par des épizooties. Dans ce cas précis, l'apparition de la maladie est la plupart du temps d'origine exotique.

Mais ces formes ne sont pas figées, elles subissent des variations dues essentiellement au virus et au terrain.

Les facteurs viraux agissent par le tropisme, l'introduction de souches exotiques, mais aussi par l'exaltation ou l'atténuation du pouvoir pathogène. L'étude de LUCAS (1948) a montré que des bovins infectés avec des virus passés en série sur porc présentent une FA grave.

Les facteurs de terrain se manifestent par l'acquisition ou la rupture d'immunité post-infectieuse ou vaccinale, la présence ou l'absence de porteurs de germe (animaux domestiques guéris et réservoir sauvage). Ainsi l'extinction d'une infection résiduelle peut transformer une forme enzootique en épizootique pure ; de même la pérennisation du contagement sur place peut rendre la maladie enzootique.

Cette mouvance de l'épidémiologie aphteuse fait que la répartition géographique de la maladie n'est pas statique, mais subit une modification perpétuelle (Senghor, 1982).

1.2 CARACTERISTIQUES EPIDEMIOLOGIQUES DE LA FIÈVRE APHTEUSE

- Incubation courte et excrétion virale pré-symptomatique rapide après la contamination, ce qui fait que l'élimination d'un animal malade ne protège pas les autres.
- Excrétion massive dans le milieu extérieur
- Forte résistance aux agents physiques et chimiques
- Large spectre d'animaux sensibles dont les principales espèces de rente
- Multiples modes de transmission avec de faibles doses nécessaires
- Spécificités d'espèce pour l'excrétion et la clinique :

- Bovin : « révélateur » de la maladie, car symptomatologie spécifique
- Porcin : « diffuseur » de la maladie, car excrétion massive et signes cliniques plus discrets
- Petits ruminants : « introducteur » de la maladie, en raison des symptômes peu marqués (Rautureau, 2012)

1.3 HISTORIQUE DE LA MALADIE

Trois étapes peuvent être distinguées :

1ère étape : En 1546 une étude a été faite par Fracastor, dans laquelle La FA est individualisée cliniquement d'autres maladies du bétail pouvant prêter à confusion vu sa contagiosité reconnue.

2ème étape : s'étale de 1897 à 1926 et qui intéresse à l'étude virologique et épidémiologique de la maladie :

- L'isolement du virus par Loeffler et Frosch en 1897 puis par Waldmann et Pape, en 1920, qui montrent la sensibilité expérimentale du cobaye au virus aphteux.
- La découverte des sérotypes viraux a été faite progressivement par plusieurs chercheurs, où en 1922, Vallée et Carré prouvent la pluralité séro-immunologique du virus (types O et A), complétée à partir de 1926 (Trautwein, type C), puis en 1936 (Lawrence) par la découverte des types SAT 1, 2, 3 et Asia1 (Toma *et al*, 2010).

3ème étape : Entre 1926 et 1936 et qui correspond à la période où les études se concentrent sur la planification internationale de la prophylaxie médicale contre cette maladie. Ainsi la découverte de l'action cytopathogène de ce virus. Parmi ces travaux ceux de Vallée, Carré et Rinjard (action du formol sur le virus provenant d'épithélium lingual de bovin infecté), ceux de Schmidt (adsorbabilité du virus aphteux sur hydroxyde d'aluminium) et ceux de Waldmann qui permettent l'obtention du premier vaccin anti-aphteux à virus formolé, adsorbé sur hydroxyde d'aluminium et chauffé. A certaines améliorations près (mise en culture des tissus épithéliaux de langue de bovin, selon la technique de Frenkel, en 1947 ; culture de lignées cellulaires...), c'est encore ce vaccin qui est employé partout dans le monde dans la lutte médico-sanitaire contre la F.A. Dès lors, s'édifient sur les divers continents, les instituts anti-aphteux : Alfort, 1901, Ile de Riems (Allemagne) 1909, Pirbright (Grande-Bretagne) 1924, devenu Laboratoire Mondial de Référence en 1958, Institut Français de la Fièvre Aphteuse (Lyon), 1947, Sao Paulo (Brésil), Gaborone (Botswana), Razi (Iran), Nong Sarai (Thaïlande), Dora (Irak), Moscou (ex- URSS), Centre panaméricain de la fièvre aphteuse (Rio de Janeiro), Laboratoire de Plum Island (U.S.A.), etc. (Toma *et al*, 2009).

1.4 LA SITUATION DANS LE MONDE

La distribution géographique de la FA n'est pas la même pour tous les types. Classiquement, on considère que les trois types O, A et C sont ubiquitaires. En particulier, le type O a sévi dans de nombreuses régions au cours de la décennie 1990-2000 (Asie, Afrique, Europe, Amérique du Sud). SAT₁, SAT₂ et SAT₃ sont rencontrés dans l'est et le sud de l'Afrique, et Asia, en Asie.

La distribution géographique de la fièvre aphteuse est irrégulière, où on peut citer les pays ou territoires indemnes de cette maladie depuis des décennies comme l'Amérique du Nord, l'Australie, la Nouvelle-Zélande, Madagascar. À la fin du 20^{ième} siècle l'Europe l'était aussi depuis près de vingt ans et l'on peut espérer qu'elle retrouvera ce statut très rapidement. L'Amérique du Sud a accompli d'immenses efforts pour s'assainir, notamment grâce à la vaccination, mais plusieurs pays demeurent infectés avec existence des territoires et zones indemne dans quelque pays. L'ensemble des autres régions (Afrique, Proche-Orient, Moyen-Orient, Extrême-Orient, ex-U.R.S.S.) doivent être considérées comme des régions d'enzootie où le virus circule à bas bruit avec, parfois, des pics épizootiques (ANONYME 4, 2016)

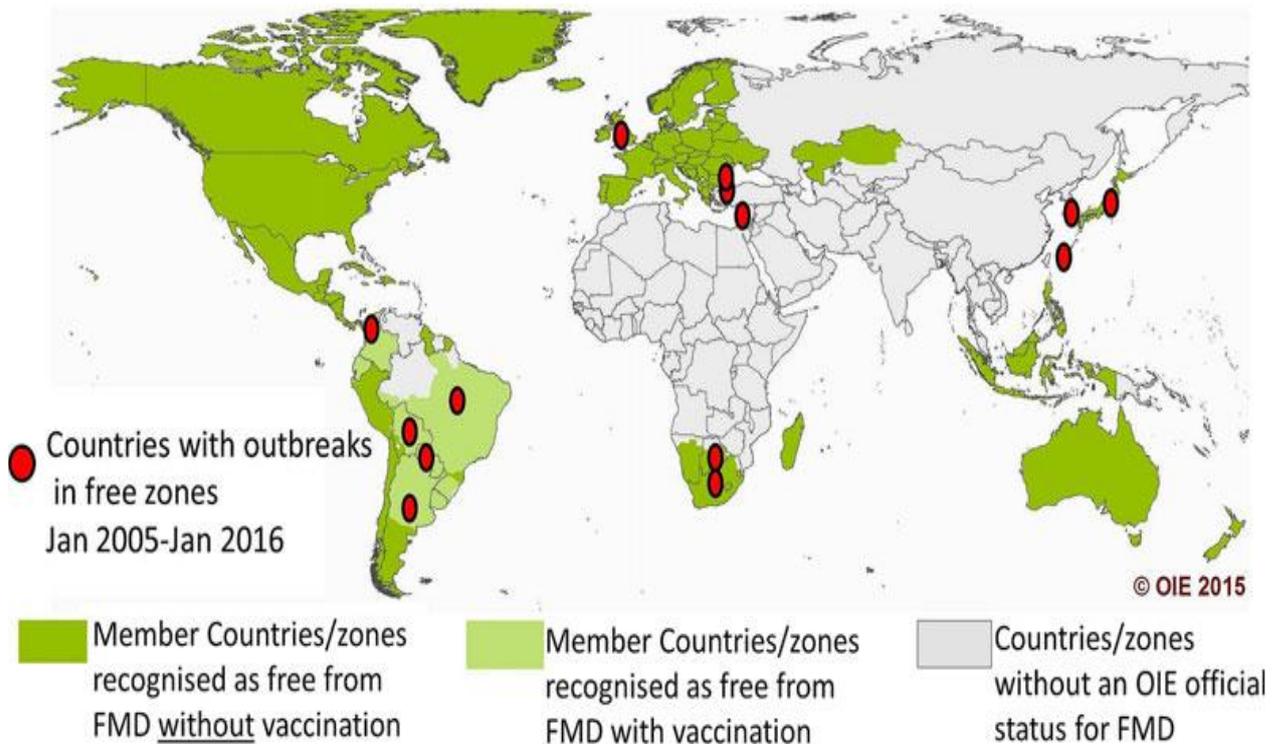


Figure 6 : Le statut global des pays membres à OIE vis à vis de la fièvre aphteuse entre Janvier 2005 et Janvier 2016 (Knight-Jones et al, 2016).

Malgré que la répartition n'est pas régulière sur toutes les régions du monde, mais des chercheurs ont essayé d'élaborer une carte géographique qui montre les principaux régions du monde avec les sérotypes qui ont été rencontré souvent dans ces pays ; ils ont les nommés des bassins ou écosystèmes régionaux viraux de la fièvre aphteuse et qui sont sept dont un à l'Amérique du sud et trois à l'Afrique et deux en Asie et le dernier englobe une large région de l'inde jusqu'à l'Égypte en passant par la région arabe et l'Iran et la figure 7 montre l'étendue de chaque bassin.

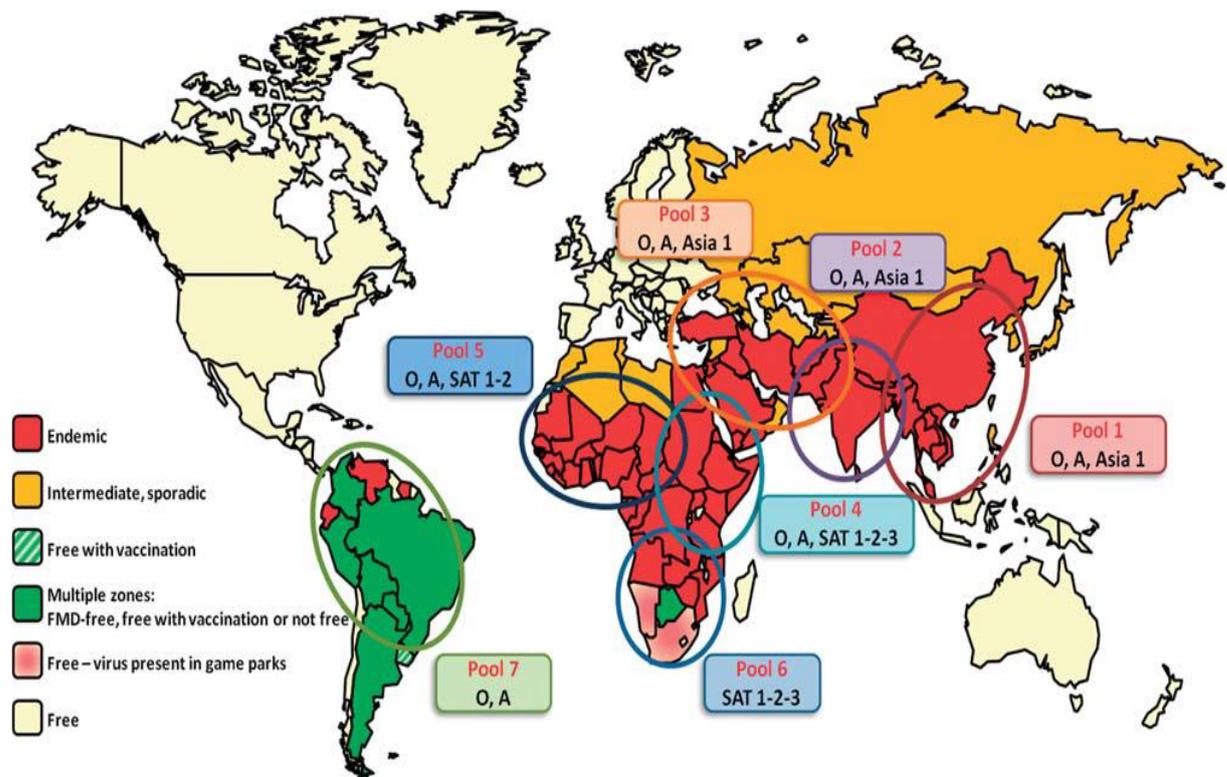


Figure 7 : Les sept écosystèmes régionaux viraux de la fièvre aphteuse avec les sérotypes prédominants (Hammond, et al ; 2009. Nardo et al 2011; Domenech et al ,2012)

1.5 SITUATION DANS LES PAYS DU VOISINAGE DE L'ALGERIE

La situation de l'Algérie dans le Maghreb avec des frontières très grandes difficiles à contrôler vis à vis de la circulation des animaux qui représente d'une part la faune sauvage de la région et aussi la contrebande de bétail qui sera l'un des grands problèmes de sécurité économique nationale avec toutes les circonstances de cette période due au trouble de sécurité dans les pays de voisinage comme la Tunisie, la Lybie, la Mauritanie et le Maroc, et en tant que la fièvre aphteuse, une maladie transfrontalière par excellence donc les autres pays sont menacés.

1.5.1 La situation en Tunisie

Elle précède l'Algérie dans la déclaration des foyers de fièvre aphteuse à Nabeul au Nord-Est de la Tunisie dimanche le 20 avril 2014, deux animaux de statut sanitaire inconnu, ont été introduits dans une ferme de dix-sept bovins ces deux animaux présentes des signes cliniques ressemblent aux symptômes de la fièvre aphteuse. Les analyses qui ont été réalisées à l'IRVT (Institut de recherche vétérinaire de Tunisie) montrent que ces animaux sont réellement contaminés par la fièvre aphteuse et le virus est identifié par RT-PCR. Et qui est de sérotypes O proche de celui circulant en Libye (OUMAMMAR ,2015).

Après cette 1^{ère} notification l'organisation mondiale de la santé animale a reçu une série de 7 autres notifications.

- Le 15 Mai qui compte 20 cas de fièvre aphteuse et 459 animales sensibles dans le foyer.
- Le 1^{er} juillet fait un rapport de la situation entre 6 et 23 juin signale qu'il y a 187 bovins et 342 ovins et 72 caprins confirmés atteints et 93 bovins, 31 ovins et 5 caprins présentent des symptômes.
- 22 juillet un rapport porte 37 cas de fièvre aphteuse et 158 suspects (anonyme 3, 2016).

Au total la Tunisie a compté 150 foyers de fièvre aphteuse entre le 20 avril et le 4 novembre de l'année 2014. La maladie émerge tout le pays (figure 8), et l'origine présumée de l'émergence de cette épizootie est le transport illégal des animaux (OIE b, 2014).



Figure 8 : Répartition des foyers de la fièvre aphteuse sur le territoire tunisien dans la dernière épizootie (OIE b, 2014)

1.5.2 La situation en Lybie

La Lybie a connu plusieurs flambées de fièvre aphteuse entre 2011 et 2014, les derniers foyers déclarés sont sur le littoral et proche des frontières sud-est de la Tunisie (figure 9). D'après le rapport de notification de l'OIE de 30/12/2014 où le dernier foyer diagnostiqué est le 19/09/2013 dans la province de Al 'Aziziyah.

Au totale dans cette période il y a la déclaration de 53 foyers de fièvre aphteuse répartis sur 15 provinces du nord du pays, par rapport espèce les foyers sont répartis sur :

- 22 foyers bovins stricts.
- 13 des ovins.
- 18 foyers mixtes des fois ovins/ caprins et autres l'existence des trois espèces ensemble.

Ces foyers sont déterminés d'après des suspicions cliniques et des tests élémentaires puis des teste approfondies en laboratoires qui ont confirmé que les sérotypes responsables sont O Pan Asia 2011 et A Iran 5 2009, et la transmission éolienne s'avère la voie la plus redoutable de cette émergence de virus aphteux (OIE c, 2014).



Figure 9 : Répartition des foyers de la fièvre aphteuse sur le territoire libyen dans la dernière épizootie (OIE c, 2014)

1.5.3 La situation au Maroc

Le Maroc est aussi touché par la fièvre aphteuse en 2015 après l'épizootie de l'Algérie.

La première déclaration de la maladie au Maroc a été faite le 13 novembre 2015 dans la province de Sidi Bennour qui a compté trois foyers et un foyer dans chacune des provinces de Settat, Berrechid et El Jadida (figure 10). Au total le Maroc a compté 6 foyers dans les quels 115 ovins et 82 bovins qui sont détruits. Le sérotype incriminé dans l'apparition de ces foyers est O, et les causes d'apparition sont connues (OIE, 2016)

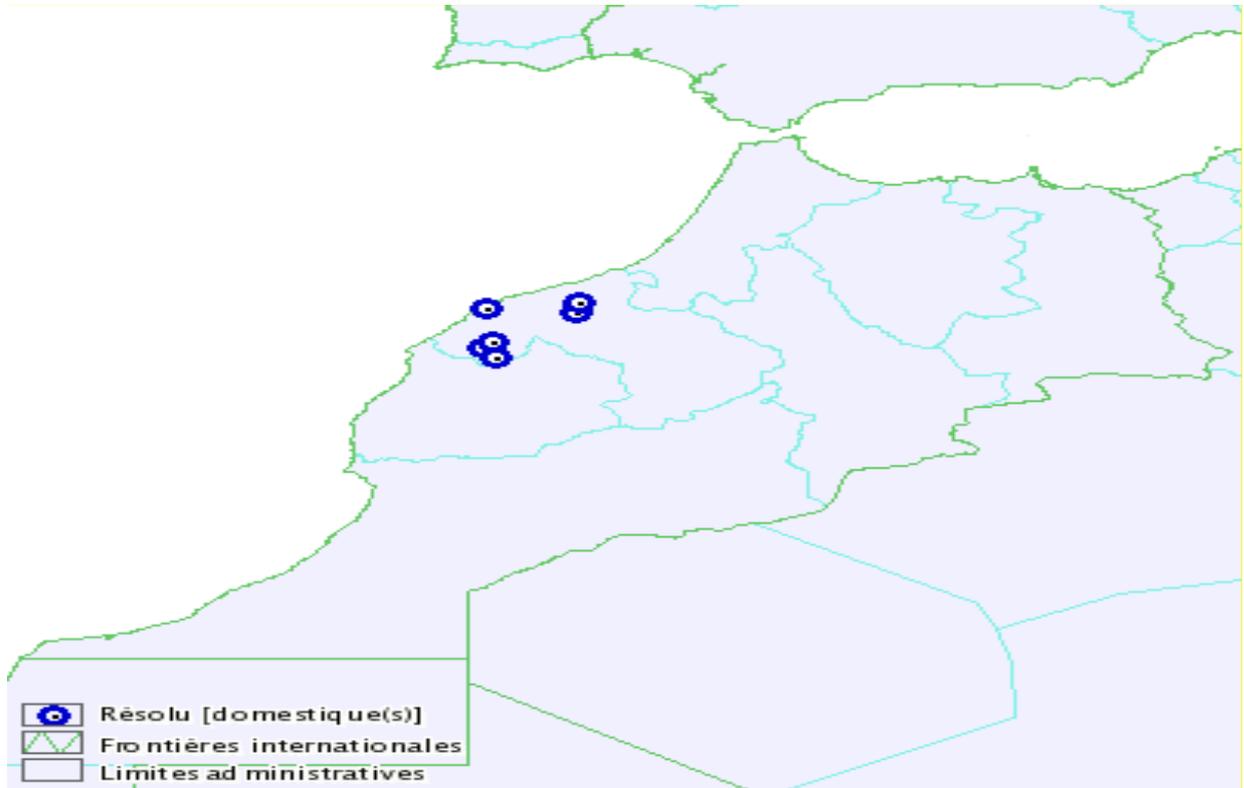


Figure 10 : Répartition des foyers de la fièvre aphteuse sur le territoire marocain dans la dernière épizootie (OIE, 2016)

1.5.4 La situation en Mauritanie

Les informations existantes sont celles rapportées par Moustafa Kardjadj, que la dernière notification du virus aphteux sur le territoire mauritanien date de 2015 où une souche africaine du virus a été identifiée (SAT 2), ce qui est considéré comme une menace de dissémination des souches propres à l'Afrique dans les pays du Maghreb arabe et les pays européens du sud (Kardjadj, 2016)

1.6 HISTORIQUE ET SITUATION DE LA FIÈVRE APHTEUSE EN ALGERIE

L'historique de la fièvre aphteuse en Algérie s'étend à partir de l'année 1966, c'est la 1^{ère} 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 FA après l'année 80 (Senghor, 1982). Cette situation d'indemnité 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 sérotypes O qui est le responsable (Djaileb, 2015).

1.6.1 Le Bilan de la dernière épizootie en Algérie

Selon les informations de la base de données WAHIS du site de l'OIE l'Algérie a compté 431 foyers de fièvre aphteuse repartis en 419 en 2014 et 12 en 2015.

Tableau 04: Répartition temporelle des foyers de la fièvre aphteuse en Algérie et les espèces touchées 2014/2015 (OIE a, 2015)

année	mois	Espèces touchées	Nombre de foyer
2014	juillet	Bovine	42
	Aout	Bovine	375
	septembre	bovine	2
2015	mars	Bovine et petits ruminants	9
	avril	Bovine et petits ruminants	3

1.7 L'IMPACT DE LA FIÈVRE APHTEUSE

1.7.1 L'impact global de la fièvre aphteuse

L'impact global de la fièvre aphteuse est énorme et qui est lié essentiellement au nombre très important des animaux affectés par cette maladie. En générale l'impact de la fièvre aphteuse est subdivisé en pertes directes et pertes indirectes.

La balance des impacts de la fièvre aphteuse n'est pas la même pour toutes les régions du monde et on peut distinguer trois grandes régions :

- 1- Une fraction importante de l'impact global de la fièvre aphteuse tombe sur les plus pauvres communautés du monde, et celles qui ont une relation étroite avec leurs cheptels. En plus la présence de la fièvre aphteuse dans ses élevages a un impact sur

la fertilité et la productivité de ses animaux ce qui met leurs sécurités alimentaires en danger.

- 2- Les pays qui ont un programme de contrôle continu, ou le contrôle et la gestion de la fièvre aphteuse ont des coûts importants. ces programmes de contrôles sont d'un côté difficiles à terminer à cause du risque d'introduction de la maladie des pays voisins, et aussi l'augmentation des mouvements des personnes, les animaux et les produits industrielles amplifient le risque de transmission international de la fièvre aphteuse ; en plus de l'interdiction des pays non indemnes d'exporter leurs animaux et /ou produits d'origine animale à d'autres pays au présent, et même l'opportunité d'accès aux marchés internationaux les plus rentables.
- 3- Dans les pays indemnes de la fièvre aphteuse où la réapparition régulière des épizooties et les coûts de maîtrise et d'obtention à nouveau de statut indemne sont toujours énormes (Rushton et al, 2012).

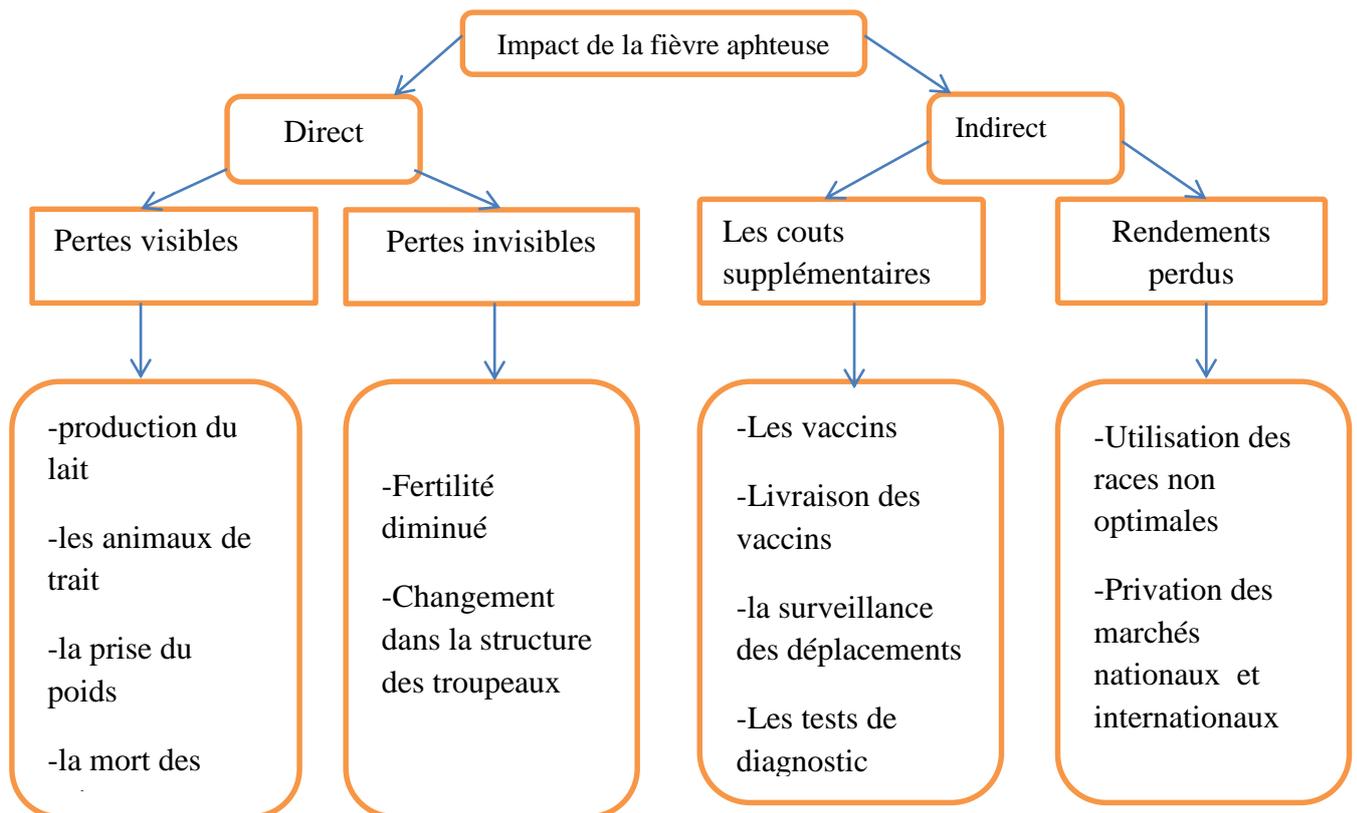


Figure 11 : Structures des pertes causées par la fièvre aphteuse (Rushton et al, 2012).

1.7.2 Impact économique de la fièvre aphteuse

Malgré qu'il existe plusieurs maladies causant plus de mortalité à l'échelle individuelle, et pour apprécier l'impact de la fièvre aphteuse on doit voir la maladie à l'échelle de la population ; où elle est très répandue et la circulation virale est estimée à 77% des troupeaux à l'échelle mondiale (Rushton *et al*, 2012). Dans une population plusieurs espèces sont touchées à chaque épizootie.

- **Impacts Directs**

- **Pertes visibles**

Les pertes liées directement à la fièvre aphteuse renferment

- Réduction de la production laitière, touchant les humains et les veaux en période l'alimentation lacté ; elle est estimée de 33% dans les régions où la maladie est endémique.
- Ralentissement de développement des cheptels
- Mortalité chez les jeunes entre 2%-5%
- Perte des animaux de traits ; et si l'affection dure longtemps la répercussion sur l'agriculture sera sévère (James and Ellis, 1978; Perry *et al*, 1999)
- Les avortements : les avortements sont les plus grandes frayeurs des éleveurs surtout ceux pratiquant l'élevage des veaux.

Malgré que la fièvre aphteuse a un effet bref sur la santé des animaux, mais les cas chroniques réduisent la production laitière à 80% (Bulman & Terrazas, 1976 ; Barasa *et al*. 2008; Bayissa *et al*. 2011).

- **Les pertes invisibles**

La fièvre aphteuse fait encore des problèmes d'infertilité dans les élevages touchés, donc ce n'est pas l'avortement la seule perte inquiétante mais aussi la réduction de capacité de conception chez les femelles.

- **Impacts Indirects**

- **Les coûts des surveillances de la maladie**

Les coûts des mesures de surveillance réalisés par les services vétérinaires, comme la vaccination, la surveillance lors des explosions de la maladie et parfois l'abattage et la rémunération sont nés des taxes et impôts et parfois des caisses d'assurances (élevages assurés).

- L'estimation de nombre des doses vaccinales de la fièvre aphteuse administrés chaque année est de 2.6 milliards doses (Hamond, 2011), avec le prix de fabrication et livraison

de chaque dose entre 0.4 et 3 dollars selon les régions (Tableau 05). (Sutmoller, 2003; Barasa *et al*, 2008; Forman *et al*, 2009).

Tableau 05: le nombre des doses de la fièvre aphteuse utilisées chaque année (Hamond, 2011)

Regions	Millions doses/an	Commentaires
La Chine	1.6 milliards doses	Produit par 5 pays
Amérique du sud	500	Brazil: 350 million doses
Asie (sans la Chine)	200	L'inde : 150 million doses
Moyen orient	20	
La région d'Europe	15	La Turc
L'Afrique	15	

2. EPIDEMIOLOGIE ANALYTIQUE

Dans l'épidémiologie analytique des maladies causées par des agents infectieux, on étudie la chaîne de transmission qui consiste à suivre l'agent pathogène de ces sources les plus probables aux animaux qui vont contracter la maladie (les hôtes) à travers les voies de transmission probables.

2.1 SOURCES DU VIRUS

2.1.1 Animaux infectés

Un animal infecté excrète du virus soit par aérosols soit par des excréments ou sécrétions contenant des particules virales. L'excrétion virale est massive mais variable en intensité et en durée selon la phase du processus d'infection. Un animal excrète essentiellement du virus simultanément à l'expression des premiers symptômes. Dans le cas de la fièvre aphteuse, un animal infecté peut être contaminant 48 heures avant l'apparition des signes cliniques (Alexandersen *et al*. 2003). Certains animaux peuvent également développer une infection inapparente ou sub-clinique (notamment chez les moutons).

2.1.2 Porteurs tardifs (convalescents ou guéris)

Ils peuvent constituer des réservoirs infectieux pendant plusieurs mois (Alexandersen *et al.* 2002). Il n'a cependant jamais été possible de démontrer expérimentalement la transmission d'un animal porteur sain vers un autre animal sensible (Kitching *et al.*, 2005).

La salive, les fluides nasal et lacrymal, le lait et l'air expiré sont des sources majeures hébergeant le virus. Pour ce qui est de l'excrétion par aérosols, un bovin peut excréter jusqu'à 105 particules virulentes par jour et un porc jusqu'à 1 000 fois plus qu'un bovin; sachant que 10 particules peuvent suffire pour infecter un bovin. Un porc élimine l'équivalent de 7×10^4 doses infectantes pour un bovin par minute. Cette excrétion est cependant plus ou moins importante selon le type de virus ; elle est maximale pour les types O et C (Toma *et al.*, 2010). L'urine et les fèces contiennent du virus dans une moindre mesure mais sont à l'origine toutefois d'une contamination massive de l'environnement. L'excrétion dure de 2 à 7 jours, en moyenne, avec des extrêmes de 36 heures à 20 jours (Toma *et al.* 2010).

2.1.3 Produits d'origine animale et sous-produits

La résistance du virus aphteux dans ces produits explique parfois des contagions à longue distance notamment dans les viandes et les abats d'animaux infectés, réfrigérés et congelés ou les eaux grasses (résidus de restauration collective distribués aux porcs). Toutefois, la maturation lactique tue le virus. Le virus peut également résister à certains traitements thermiques du lait (Donaldson, 1997).

2.1.4 Porteurs de germes et environnement

De façon générale, l'environnement extérieur d'un animal infecté va être largement contaminé par l'ensemble des sécrétions et excréctions émises par l'animal. A partir de cela, tout support présent à proximité qu'il soit vivant (personne, animal) ou inanimé (véhicules, litières, locaux, ustensiles, aliments, emballages, terre, eau de boisson,...) peut être porteur du virus.

Le virus étant très résistant mais également très léger et mobile, ces vecteurs passifs du virus sont très nombreux et peuvent être une source potentielle du virus sur de longue distance. Selon les conditions et le milieu, le virus peut survivre dans l'environnement de plusieurs semaines à plusieurs mois (McColl *et al.*, 1995; Bartley *et al.*, 2002).

Classiquement, une partie de l'infectiosité du virus chute rapidement mais une quantité résiduelle arrive à survivre pendant de longues durées (Alexandersen *et al.*, 2003).

2.2 RECEPTIVITE

La réceptivité est variable chez les animaux sensibles d'une espèce à l'autre, où elle est grande chez les bovins et les moutons par voie respiratoire, par rapport aux porcs. Compte tenu du volume d'air inhale par ces espèces en 24 heures, leur degré de risque de contamination par inhalation est très différent et est particulièrement élevé pour les bovins. Toutefois, une barrière physique entre deux cases hébergeant des lots de porcs ou des box séparés pour des veaux peut parfois suffire à préserver de la transmission de la maladie via l'inhalation (Bouma *et al*, 2004; Eble *et al*, 2006).

Tableau 06: Doses minimales de virus de la FA nécessaires pour infecter les différentes espèces selon les voies d'exposition (Donaldson *et al*, 2001; Alexandersen *et al*, 2003)

Espèce animale	Dose minimale ¹	Inhalation		Ingestion
		Taux d'inhalation m ³ /24 heures	Seuil de concentration du nuage infectieux ²	Dose minimale ¹
bovins	10	150	0,07	106
porcs	>800	50	>16	105 – 106
moutons	10	15	0,7	105 – 106

¹ exprimée en doses infectieuses permettant l'expression clinique des animaux, donnée en titre TCID₅₀/ml (50% Tissue Culture Infective)

² Dose qui correspond à la dilution de virus pour laquelle est atteint 50% de lyse cellulaire) ² exprimée en TCID₅₀/m³.

2.3 TRANSMISSION

La fièvre aphteuse possède un caractère de transmission subtile et rapide à des distances plus ou moins vastes, ce qui la rend redoutable, et peut contaminer un ou plusieurs pays et même une région complète d'un continent. Ce caractère est dû à l'excrétion virale durant la période d'incubation. Un nombre important d'espèces réceptives et une panoplie de voies de transmission. La transmission de la fièvre aphteuse peut s'effectuer selon plusieurs modes :

2.3.1 La transmission directe ou la contamination

C'est la principale voie de contamination. Elle s'effectue entre un animal sensible qui est en contact étroit avec un animal excréteur malade ou infecté dans la période d'incubation ou porteur inapparent. La transmission dans ce cas se fait par inhalation des gouttelettes d'aérosols dispersées dans l'air ambiant, par la salive (contact nez à nez), ou par ingestion du lait contaminé, le virus entrant par des micro-abrasions de la muqueuse soit par réception du virus directement dans le tractus respiratoire ensuite il s'installe dans le site de multiplication initiale (Rautureau, 2012).

L'importance de cette voie est liée à l'espèce animale excrétrice, où la multiplication virale et le taux d'excrétion ne sont pas les mêmes chez les espèces sensibles. Chez le porc, l'excrétion virale est mille fois plus élevée que pour le mouton et cent mille fois plus que pour les bovins. Les porcs constituent de véritables bombes à virus, excréteur (dose infectieuse en culture cellules) des particules infectantes par jour et capables d'éliminer simplement en respirant jusqu'à 7000 virus par minute. De plus les porcins sont concentrés en grand nombre dans des porcheries jouant alors le rôle de «soufflet à virus », Ils s'infectent généralement en ingérant de la nourriture contaminée, contrairement aux bovins qui acquièrent principalement le virus par inhalation d'aérosols infectés. Les bovins sont d'ailleurs l'espèce la plus sensible, vraisemblablement parce que leur capacité respiratoire est supérieure à celle du porc et du mouton (Holveck, 2002).

2.3.2 La transmission indirecte à travers les vecteurs vivants ou inanimés

Cette voie s'effectue entre les animaux infectés et les animaux sains à travers les vecteurs. Ces vecteurs qui sont soit vivants (personnes, animaux non sensibles,...) ou inanimés (véhicule, outils...) (Hyslop, 1970. Bouma et al, 2003. Suttmoller et al, 2003).

- **Les personnes**

Les personnels d'étables (le propriétaire et ou les fonctionnaire et les maquignons) qui peuvent être des véhicules de virus par leurs mains souillées ou leurs vêtements, la transmission dans ce cas se fait lorsque ces personnes visitent des fermes infectées le cas de personne qui fait la traite pour plusieurs fermes plus ou moins proches, où des fois le lavage des mains est mal fait ou sans changements des vêtements qui servent d'un véhicule de virus lorsqu'elles sont souillées par les déjections, la contamination se fait par la manipulation des mamelles des vaches infectées qui peuvent avoir des aphtes sur les trayons. Pour le cas des maquignons le risque est multiple et associé à leur comportement avec les animaux par examen de la cavité buccale (pour l'identification de l'âge par la dentition) et aussi à la fréquence élevée de leurs

visites aux lieux de regroupement des animaux (les marchés à bestiaux) qui sont les sources principales de transmission des maladies (Bouma, 2003)

Le vétérinaire joue le rôle de vecteur de virus entre les exploitations lorsqu'il visite plusieurs fermes dans la même journée sans faire la désinfection nécessaire (Saegerman et Leforban, 2014), le vétérinaire peut véhiculer le virus par les mains après avoir examiné des animaux infectés (aphtes buccales) ou par les vêtements où dans les exploitations l'air ambiant est chargé de virus qui vient se déposer sur les objets et personnes à l'intérieur des bâtiments, et aussi par les bottes souillées par les déjections infectées.

- **Les véhicules et le matériel**

Ils sont considérés comme le principal vecteur inanimé du virus aphteux entre les fermes, où le matériel partagé entre les exploitations est un vecteur à courte distance vu que les élevages qui partagent les machines à traire (comme le chariot trayeur) ou le matériel de nettoyage doivent être proches les uns des autres. Contrairement aux véhicules qui peuvent parcourir de longues distances comme celles des collecteurs de lait ou les véhicules de transport des aliments et de bétail, le risque associé à ce type de vecteurs c'est que les roues peuvent véhiculer le virus entre les exploitations visitées (Wee *et al.*, 2008).

2.3.3 La dispersion éolienne

La transmission aérienne a été en réalité souvent sur évaluée lors de différentes études, selon (Gloster *et al.*, 2010) elle se limiterait à un rayon d'une vingtaine de kilomètres. D'autres auteurs lient cette transmission à la souche du virus qui intervient également dans l'éventualité d'une diffusion aérienne. Par exemple, la souche de type O de l'épizootie de 2001 n'aurait pas diffusé à plus de 20 km par voie aérienne même avec des porcs à l'origine de l'excrétion (Donaldson *et al.*, 2001).

La transmission par cette voie est conditionnée par les facteurs climatiques comme le vent et l'hygrométrie. Certaines souches comme celle de (C Noville) peut se propager à plus de 300 kilomètres, surtout si le taux d'hygrométrie est relativement élevé (55% et plus) et la direction et la vitesse du vent qui sont favorables à cette transmission (Gloster *et al.* 1981, 1982; Donaldson *et al.* 1982; Sorensen *et al.* 2000, 2001). A titre d'exemple les foyers apparaissant sur la côte Est de l'île de France ne donnent pas naissance à de grandes épizooties car les vents renvoient le virus vers la mer. Les foyers situés sur la côte Ouest ou dans le centre sont par contre à l'origine d'épizooties importantes (HOLVECK, 2002). En résumé la transmission terrestre est toujours moins importante que celle sur la mer et celle du climat humide plus que climat sec, cela peut s'expliquer par l'existence des microgouttelettes servant de supports pour le

virus de l'ordre de 6 μm de diamètre. Ces particules sont transportées par le vent sur de grandes distances.

Chapitre III : CONTROLE DE LA MALADIE

Le contrôle de la fièvre aphteuse consiste à mettre en place des mécanismes et des méthodes efficaces pour limiter progressivement l'apparition, la propagation, la circulation virale et en fin l'extinction de la maladie. La transmission transfrontalière de la fièvre aphteuse par les différents mécanismes et les facteurs de dissémination, ainsi que l'impact économique très lourds sur tous les pays que ce soit développés ou en voie de développement, et son inscription dans la liste A des maladies à déclaration obligatoire par OIE, obligent les pays à mettre en place des mesures de prophylaxie basant sur des méthodes sanitaires et autres médicales, qui peuvent conjointement aboutir au contrôle de la fièvre aphteuse, ce dernier étant pratiqué sur quatre niveaux différents.

1. PROPHYLAXIE SANITAIRE

Elle est basée sur :

1.1 SURVEILLANCE

La détection précoce de la maladie dans les élevages sources, accompagnée de mesures de contrôle adaptées, est extrêmement importante et réduit significativement le risque de sélectionner des animaux infectés pour l'abattage. Les programmes de surveillance doivent être conçus en fonction de la situation de la maladie dans le pays d'origine et doivent se conformer aux principes cités dans le *Code terrestre* (Pâton, 2010).

1.2 EVITER L'APPARITION DU VIRUS

Consiste à déterminer les issues probables du virus aphteux pour les maîtrisées comme le cas d'introduction des animaux porteurs du virus sur le territoire national à travers le commerce illégal comme le cas de la Tunisie et l'Algérie en 2014 (OIE b, 2014 ; ANONYME 2, 2016) ou le cas des pays développés au cours de la manipulation du virus dans les laboratoires spécialisés comme l'Afssa à Alfort et Lyon (Holveck, 2002).

1.3 TRAÇABILITE DES ANIMAUX

Désigne la possibilité de suivre la trace d'un animal ou d'un groupe d'animaux durant toutes les étapes de la vie dudit animal ou dudit groupe d'animaux (OIE c, 2015). Donc il est nécessaire d'assurer la traçabilité des animaux par :

- Identification des animaux et des exploitations.
- Recensement et agrément des professionnels du commerce d'animaux.
- Tenue de registres des animaux dans les élevages et chez les professionnels du commerce (HOLVECK,2002).

1.4 DETECTION RAPIDE DU VIRUS

Les premières mesures s'inscrivent dans l'extrême urgence et réclament une sensibilisation préalable des éleveurs à la nécessité d'une déclaration immédiate de la moindre suspicion où *Jean-Luc ANGOT* dans un entretien conduit par *Benoît ASSEMA* estime que l'éleveur est responsable de la surveillance de l'état de santé de ses animaux et doit, à ce titre, prévenir son vétérinaire en cas de signe clinique évocateur de la fièvre aphteuse de son part le vétérinaire, qui est titulaire d'un mandat sanitaire délivré par le préfet du département, doit immédiatement mettre en place les mesures appropriées dans l'exploitation et prévenir dans les plus brefs délais l'autorité administrative en cas de suspicion. (ANGOT, 2014) ; aussi la déclaration à la mairie ou aux services compétents est obligatoire (JOURNAL OFFICIEL, 1999).

1.5 DELIMITATION DES ZONES

On distingue qu'au niveau de chaque foyer de la fièvre aphteuse trois zones limites autour de l'exploitation infectée, où les mesures de luttés appliquées sont distinctes (JOURNAL OFFICIEL ,1995). Les limites de ces zones peuvent être repoussées et adaptées en fonction de la réalité géographique du territoire, de la possibilité de diffusion par voie aérienne, de la facilité de contrôle selon les agglomérations et les routes (HOLVECK, 2002). Les trois zones sont :

- Périmètre de foyer de la maladie qui concerne tous les élevages où la fièvre aphteuse a été détectée.
- Périmètre d'infection, qui est la zone immédiatement autour des foyers de l'infection. L'étendue de cette zone varie en fonction de la maladie, la topographie du terrain, les barrières naturelles et les frontières.
- Périmètre de surveillance, qui est une zone beaucoup plus large et peut couvrir parfois toute une wilaya, où on applique la surveillance active dans cette zone (VIJAS, 2010).

1.6 LA QUARANTAINE

Les élevages infectés (zone de foyer) ainsi que des élevages autour de la zone d'infection, dans un périmètre déterminé en fonction de la maladie et du terrain, sont mis en quarantaine. Toutes les sorties et entrées dans cette zone sont strictement interdites ou sujettes à des précautions définies (VIJAS, 2010).

1.7 CONTROLE DES DEPLACEMENTS

Les déplacements sont contrôlés tant pour les animaux que pour les personnes et les véhicules parce que la fièvre aphteuse se transmet par plusieurs voies entre autres :

Les personnes (vétérinaires, voisins) et/ ou matériel (outils, équipements, vêtements, etc) transportent le virus.

Animaux infectés arrivant dans la zone en cas de retour des transhumants dans des zones infectées, les véhicules peuvent aussi le transporter par leurs roues (des négociants, vétérinaires, fournisseurs d'aliments, etc) (COLLINEAU, 2015).

1.8 LES ENQUETES EPIDEMIOLOGIQUES

Une enquête est un outil ou une méthode qui permet d'obtenir des informations sur des problèmes de santé dans une population donnée, dans laquelle on interroge un échantillon des personnes ou on effectue des mesures ou des comptages sur le cheptel appartenant à ces personnes. L'enquête peut être limitée à une interrogative (interview ou écrit) de personnes concernés (ex : les éleveurs) ou peut englober des mesures ou des comptages nécessitant l'emploi de matériel adéquat (ex : tube de prélèvement du sang) (VIJAS, 2010). Le cas des enquêtes sur la fièvre aphteuse et pour déterminer l'origine du foyer, est de prévoir l'extension de l'épizootie afin d'adapter les mesures de lutte à la situation. L'enquête s'appuie sur 2 types de données :

- Recueillies au niveau des exploitations afin de recenser toutes les circonstances présentes dans et autour de l'exploitation pouvant avoir une relation avec l'apparition de la maladie.
- Données météorologiques: l'utilisation d'un modèle prédictif de la dissémination aérienne du virus aphteux à partir d'animaux en fin d'incubation et en phase d'expression clinique permettant de mieux contrôler l'extension de la maladie (HOLVECK, 2002).

1.9 STAMPING-OUT OU ABATTAGE MASSIF

Dans le cadre d'abattage sanitaire qui désigne une politique sanitaire visant à éliminer un foyer en effectuant, sous la supervision de l'autorité vétérinaire, la mise à mort des animaux atteints ou faisant l'objet d'une suspicion dans le troupeau et, si nécessaire, de ceux qui, dans d'autres troupeaux, qui ont été exposés à l'infection soit par contact direct entre animaux soit par contact indirect avec l'agent causal, ce qui inclut tous les animaux sensibles, vaccinés ou non, présents dans les exploitations infectées (OIE c, 2015). Cette procédure a comme but :

- De tarir la source de virus et de rendre ainsi la dissémination maîtrisable.

- Éviter le risque de conserver des animaux porteurs après leur guérison clinique et les complications liées à la fièvre aphteuse ne permettraient pas à l'animal guéri de retrouver un état physiologique normal et il perdrait toute valeur sur le plan économique.
- De recouvrer rapidement son statut zoo-sanitaire (la méthode la plus efficace) (HOLVECK, 2002).

1.10 DESTRUCTION DES CADAVRES

La destruction des carcasses des animaux morts ou abattus dans le cadre des mesures préventives de lutte contre la fièvre aphteuse se fait par équarrissage, incinération ou enfouissement (OIE 2., 2015).

1.11 DESINFECTION

Elle vient après un nettoyage complet, et désigne la mise en œuvre des procédures destinées à détruire les agents infectieux ou parasitaires responsables des maladies animales, elle s'applique aux locaux, véhicules et objets divers qui ont pu être, directement ou indirectement, contaminés (OIE c, 2015).

2. LA PROPHYLAXIE MEDICALE

2.1 VACCINATION

Elle désigne l'immunisation active des animaux sensibles, qui a été obtenue par l'administration, conformément aux instructions du fabricant, et selon les normes fixées par le *Manuel terrestre*, d'un vaccin contenant des antigènes appropriés contre la maladie que l'on cherche à maîtriser (OIE c, 2015).

2.2 IMPORTANCE DE LA VACCINATION

La fièvre aphteuse a été maîtrisée et éliminée avec succès dans plusieurs régions du monde grâce à l'application de mesures de lutte classiques, notamment la vaccination des animaux domestiques. Le recours à des vaccins efficaces a également été le pilier du contrôle des foyers dans les régions non enzootiques. La fièvre aphteuse présente plusieurs caractéristiques qui ne facilitent pas l'utilisation des vaccins pour lutter contre la maladie. D'une part, le virus comporte sept sérotypes, avec une très faible protection croisée entre ces sérotypes, et d'autre part, il existe des variations génétiques et antigéniques à l'intérieur de ces sérotypes. En outre, plus de 70 espèces d'artiodactyles sont sensibles au virus de la fièvre aphteuse, dont un grand nombre d'espèces sauvages vivant en liberté (Brückner, 2012).

2.3 HISTORIQUE DE LA VACCINATION

La vaccination est passée par trois étapes, où elle a été pratiquée le plus souvent par des éleveurs.

2.3.1 L'aphtisation

Consiste à une contamination naturelle des troupeaux dans le but de hâter l'évolution de la maladie par un regroupement des malades et avoir une levée rapide de l'arrêt d'infection. Elle s'est pratiquée par badigeonnage des gencives à l'aide d'un torchon imbibé de lymphes recueillies sur des aphtes récents, d'un animal malade ou par inoculation sous-cutanée du sérum sanguin virulent issu d'animaux en phase d'ascension thermique (HOLVECK, 2002).

2.3.2 Hémoprévention

Elle consistait à protéger les animaux en produisant une immunisation passive, par l'injection en sous-cutanée du sérum hyper-immun pris sur des animaux en période de convalescence et sert à protéger surtout les jeunes.

2.3.3 Hémophtisation (hémovaccination)

Consiste à inoculer en même temps du sérum immun et du sang laqué mais des difficultés sont rencontrées surtout de trouver une correspondance entre la souche inoculée et le sérum administré d'une part et d'autre part de trouver la quantité du sérum suffisante pour la protection des gros bovins (HOLVECK, 2002).

2.4 LES VACCINS

Les vaccins produits actuellement sont des vaccins inactivés qui visent à induire plus précocement l'immunité à l'animal receveur sans risque d'accident vaccinal conduisant à la production de la maladie comme c'est le cas, ils n'induisent qu'une immunité contre la souche vaccinale que ce soit pour les vaccins monovalents ou multivalents.

La qualité du vaccin aujourd'hui est liée essentiellement à l'inactivation du virus par la destruction chimique de son génome d'ARN par différents agents comme le formol. Ce génome sans son unité de pilotage il perd son pouvoir infectieux et sa capacité à se multiplier ; Il conserve son pouvoir antigénique et immunogène, propriété de la protéine VP1 de sa capside. L'animal qui reçoit le vaccin peut donc produire des anticorps spécifiques du type viral existant sans risque de déclencher la maladie. C'est avec cette forme de virus inactivé que la fabrication des vaccins est autorisée par les instances internationales (CHARBONNIER et LAUNOIS, 2011).

Actuellement, des pays fabriquent des vaccins avec des virus atténués, c'est-à-dire des virus vivants dont on a seulement diminué la virulence par passages successifs dans des hôtes peu sensibles comme les lapereaux. Certes, l'efficacité immunogène avec un virus inactivé est moins bonne que celle obtenue avec un virus simplement atténué mais les risques d'une mutation réverse qui redonnerait à ce dernier des pouvoirs infectieux et pathogènes sont écartés.

Pour compenser le pouvoir immunogène amoindri de l'acteur viral, et stimuler la production d'anticorps spécifiques chez l'animal à protéger, les chercheurs ont ajouté des adjuvants aux vaccins.

2.5 LA FABRICATION DU VACCIN

Elle passe par trois étapes

2.5.1 La multiplication du virus

Adopter pour lutter contre la fièvre aphteuse exigeait une production à l'échelle industrielle. Dans les années 1938, la difficulté était de disposer d'une source abondante de virus. Une première méthode développée par Waldmann, s'inspire de la technique de l'aphtisation.

Elle consiste à inoculer le virus dans l'épithélium lingual de bovins vivants indemnes de la maladie afin d'obtenir des aphtes puis à récolter ensuite l'épithélium et la lymphe infectée pour fabriquer le virus. Après abattage des animaux, chaque langue permettait la préparation entre 40 à 50 doses d'un volume d'environ 60 ml chacune. Il n'était bien sûr que monovalent puisque il était préparé à partir d'un seul type viral, celui le plus communément rencontré sur le terrain.

A partir de 1970, la multiplication du virus sur des lignées de cultures de cellules en suspension comme la lignée BHK 21, sigle signifiant en anglais *Baby Hamster Kidney*, (c'est-à-dire cellules de rein de hamster nouveau-né, clone 21), est réalisée en milieu confiné au sein de véritables réacteurs biologiques.

Cette technique permet la réalisation de toutes les étapes de production, de la croissance des cellules pour la multiplication virale, à l'inactivation, la formulation et en fin le conditionnement en doses prêtes à être utilisées, dans des conditions maximales de biosécurité qui rendent rares les fuites virales indésirables, telles qu'elles existaient jusqu'à la fin des années 1980 (CHARBONNIER et LAUNOIS, 2011).

2.5.2 L'inactivation du virus

Le formol, inactivant de première génération dont on connaissait depuis les années 1950 l'action neutralisante incomplète sur les virus cibles, est remplacé par des inactivants de

deuxième génération du type éthylène imine- binaire ou BEI (*Binary-Ethylène-Imine*) dont l'activité chimique et le mode d'application garantissent une inactivation totale de l'infectiosité des particules virales (CHARBONNIER et LAUNOIS, 2011).

2.5.3 La purification du vaccin

En ce début de 21^{ème} siècle, la production industrielle du vaccin s'accompagne de contrôles très stricts de son innocuité.

Une purification très poussée par les méthodes de l'ultrafiltration et de la chromatographie de ses antigènes permet d'éliminer toutes les protéines indésirables autres que celles de la capsid du virus, responsables de l'immunité. Il s'agit des protéines cellulaires allergènes issues de son milieu de culture et des protéines virales structurales ou NSP (*Non-Structural Proteins*), synthétisées lors de la multiplication du virus aussi bien *in vivo* lors d'une infection que *in vitro* lors de sa production sur cellules.

La suppression de ces dernières dans sa composition évite la formation chez l'animal qui le reçoit d'anticorps dirigés contre les protéines non structurales du virus et permet ainsi de distinguer sérologiquement un animal vacciné qui ne développe pas d'anticorps anti-NSP et un animal infecté qui en développe.

2.5.4 Les adjuvants et valences

De nombreux adjuvants sont utilisés dans le but de renforcer la réponse immunitaire et de fabriquer un seul vaccin qui induit une immunité contre plusieurs souches virales. Le plus utilisé c'est l'hydroxyde d'aluminium pour les vaccins monovalents puis la saponine qui est une molécule végétale pour les vaccins trivalents et enfin l'utilisation des adjuvants huileux en double émulsion pour réduire le volume du vaccin administré de 15ml à 2ml à l'heure actuelle (CHARBONNIER et LAUNOIS, 2011).

Chapitre IV Les niveaux de contrôle de la fièvre aphteuse

1. A L'ECHELLE INTERNATIONALE

L'organisation mondiale de la santé animale a adopté un programme ou plutôt une approche de lutte progressive contre la fièvre aphteuse qui a été mise au point par la FAO en vue d'aider les pays dans lesquels la fièvre aphteuse demeure endémique à faire progressivement reculer cette maladie et à réduire sa charge virale. La finalité de cette approche est de permettre au pays membre d'acquiescer un statut lui permettant l'accès aux différents marchés internationaux dans le cadre d'exportation des animaux et des produits d'origine animale, et pour avoir un tel statut (un pays indemne de fièvre aphteuse) chaque pays doit répondre aux conditions suivantes :

- Célérité et régularité dans la déclaration des maladies, d'où l'existence des délégués de l'OIE dans chaque pays membre qui ont le droit d'établir des contacts avec le siège central de l'organisation dans le cadre du suivi d'état sanitaire dans ces pays, et aussi la possibilité d'auto-déclarer leur pays ou une zone de leur territoire indemne au regard de certaines maladies inscrites sur la liste de l'OIE qui n'ont pas d'une procédure de reconnaissance spécifiques (OIE, 2013)
- Existence d'un système efficace de surveillance sanitaire et d'un dispositif réglementaire complet de prévention et de lutte contre la maladie (OIE b, 2015)
- « Où la vaccination n'est pas pratiquée » : absence de foyers de fièvre aphteuse et de toute vaccination depuis minimum 1 an et aucun animal vacciné ne doit avoir été importé depuis la cessation.
- « Où la vaccination est pratiquée » : absence de foyers de fièvre aphteuse au cours des dernières années et une documentation doit prouver que le pays:
 - o pratique la vaccination systématique
 - o dispose d'un système de surveillance intensive et répétée, en vue de détecter une éventuelle activité virale (HOLVECK, 2002).

Pour qu'un pays arrive à ces étapes avancées il doit passer par une échelle progressive des procédures par laquelle il passe de stade **0** où le risque de fièvre aphteuse n'est pas maîtrisé, et absence des données fiables au stade **5** où le pays arrive à supprimer durablement la circulation du virus et les incursions donc il met un terme aux vaccinations (pays indemne sans vaccination) (Rushton et al., 2012) ; chaque étape a des objectifs à atteindre pour passer à la suivante :

➤ **Étape 1:**

Objectif : Bien comprendre l'épidémiologie de la fièvre aphteuse dans le pays et mettre au point une approche fondée sur le risque en vue d'atténuer l'impact de la maladie

➤ **Étape 2:**

Objectif de l'étape: Mettre en œuvre des mesures de lutte fondées sur les risques afin de réduire l'impact de la fièvre aphteuse sur un ou plusieurs secteurs d'élevage et/ou une ou plusieurs zones

➤ **Étape 3:**

Objectif de l'étape: Réduction progressive des poussées épidémiques puis élimination de la circulation du virus de la fièvre aphteuse parmi les animaux domestiques dans au moins une zone du pays.

➤ **Étape 4:**

Objectif de l'étape: "Maintenir une "tolérance zéro" de la fièvre aphteuse dans la zone/le pays concerné et obtenir à terme la reconnaissance par l'OIE du statut de (zone exempte de fièvre aphteuse avec vaccination)

➤ **Étape 5:**

Objectif de l'étape: "Maintenir une "incidence zéro" de la fièvre aphteuse dans la zone/le pays et obtenir à terme la reconnaissance par l'OIE du statut de (zone exempte de fièvre aphteuse sans vaccination)

Les objectifs des étapes citées ci-dessus correspondent à l'objectif général de chaque étape concernée ; Mais pour accéder à chaque étape il y'aura des conditions minimales conjointes à remplir et dans chacune des Réalisations principales à accomplir pour pouvoir atteindre ses objectifs (Rushton et *al*, 2012) (figure 12).



Figure 12 : Étapes de l'approche progressive de la lutte contre la fièvre aphteuse (Rushton et al, 2012)

2. A L'ECHELLE REGIONALE

Consiste à l'ensemble des méthodes et mesures adoptées par des pays appartenant à une zone géographique bien déterminée pour limiter l'apparition et/ou la dissémination de la fièvre aphteuse à travers leurs territoires, elle est basée sur l'action conjointe et simultanée. Après l'échange d'information et les expériences dans le but de boucler les portes d'entrées de la maladie sur les frontières terrestres et maritimes. Elle peut s'étendre sur le continent (Afrique, Europe) ou une partie bien déterminée comme la Méditerranée, ou une partie du continent comme l'Afrique du nord.

Exemple des mesures prises à l'échelle continental :

En l'Europe : un arrêt progressif de la vaccination contre la fièvre aphteuse par les pays européens en 1991, cet arrêt est justifié par des motifs sanitaires d'une part et commerciaux et économiques d'autre part ou le territoire européen a été indemne depuis 1989. Aussi le coût de vaccination prophylactique est élevé en comparaison avec d'autres méthodes de contrôle sanitaire et l'absence d'un test fiable distingue les animaux vaccinés et les animaux infectés (avant la découverte des tests de détection des NSP). Les pays qui ne vaccinent pas leurs animaux ferment leur frontière aux animaux vaccinés (Rautureau, 2012).

2.1 POUR LE CONTINENT AFRICAIN

Il n'y a pas de stratégie standard à appliquer pour le contrôle de la fièvre aphteuse en Afrique. Des décisions peuvent être prises pour un contrôle plus efficace et qui dépend d'une approche abord le système écologique de la région, l'identification des zones d'enzooties primaires, les pratiques d'agriculture et l'élevage, le climat et les mouvements des animaux pour l'adaptation d'une approche participative de contrôle (Marée et al., 2014). Malgré la pauvreté de la plupart des pays africains et la diversité des écosystèmes sur tout le continent ils entrent dans l'approche progressive élaborée par la FAO afin d'obtenir un statut leur permettant d'avoir une opportunité d'accès aux marchés internationaux rentables. Le classement des pays d'Afrique selon leurs progressions depuis 2009 illustré (Figure 13,14).

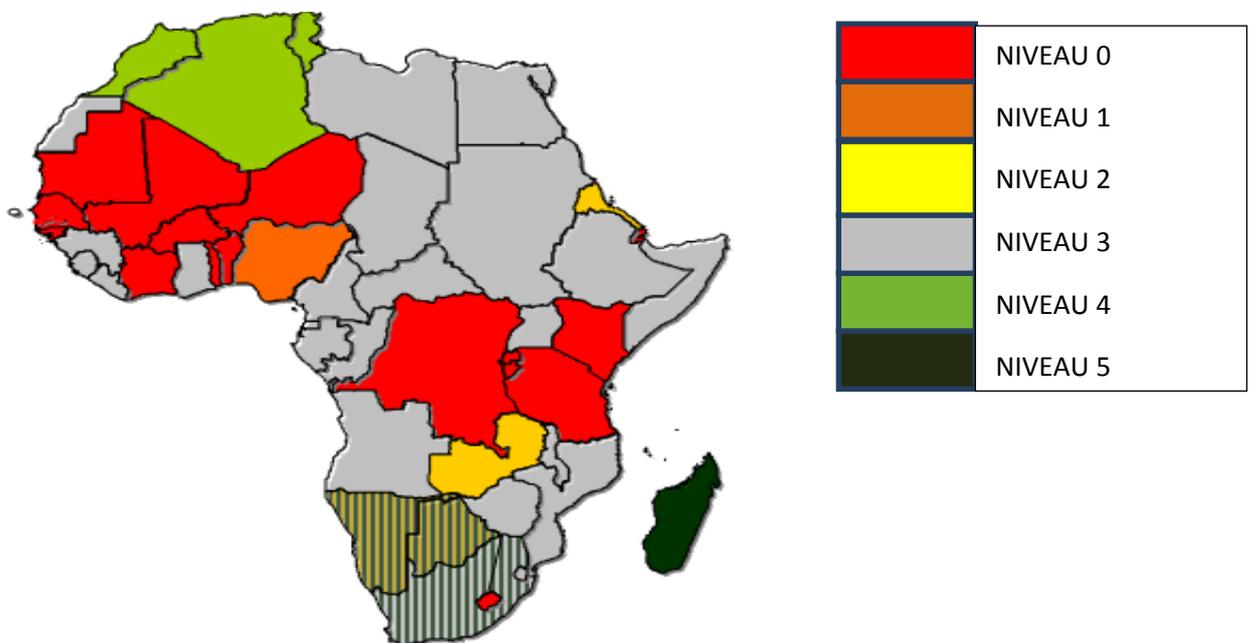


Figure 13 : Le statut des pays africains vis-vis l'approche de lutte progressive en 2009

(Domenech et al, 2009)

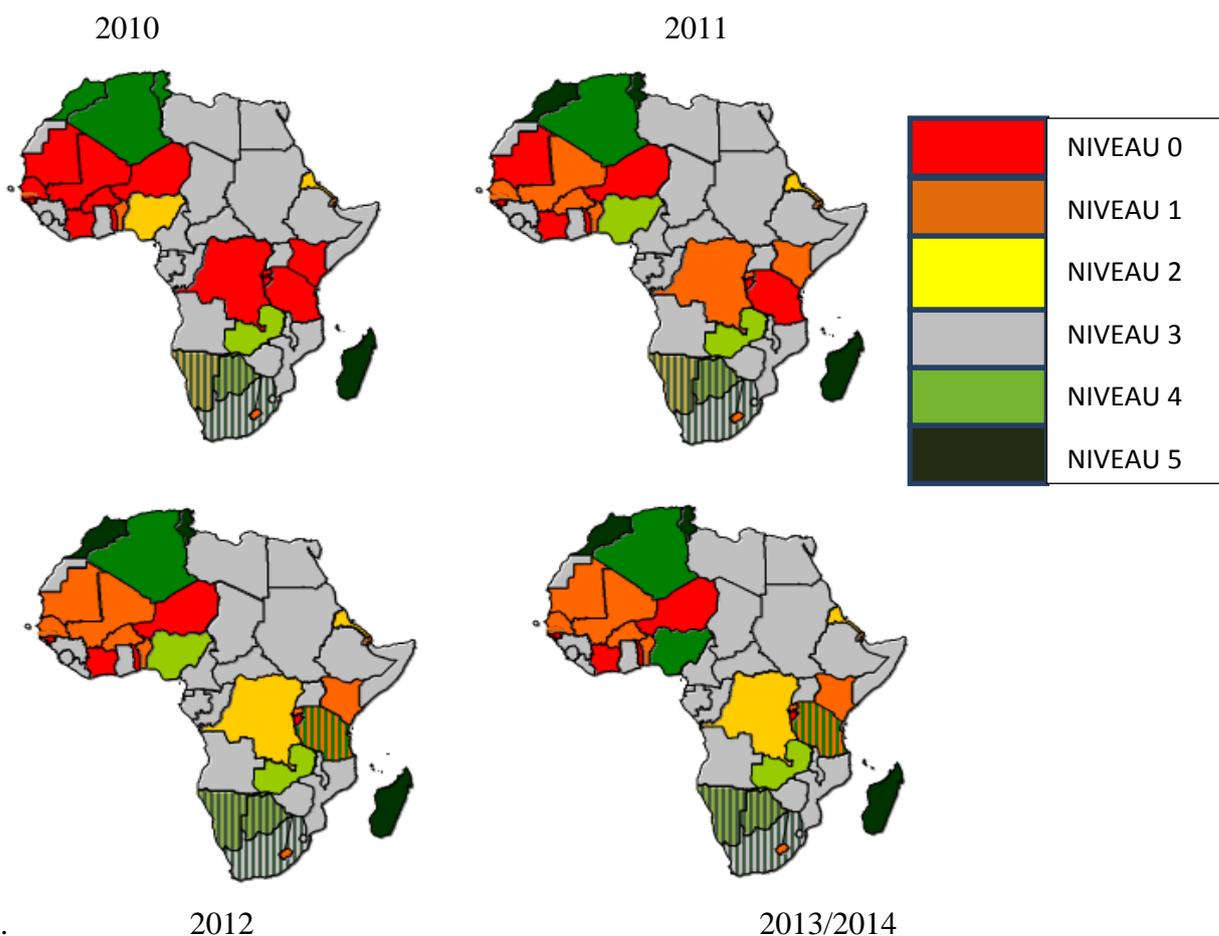


Figure 14 : Perspective de progression de statut des pays africains vis à vis l’approche de lutte progressive entre 2010 et 2014 (Domenech et al, 2009)

2.2 POUR LA REGION DE LA MEDITERRANEE

Dans le cadre de la coopération entre la FAO et Eu FMD (La commission européenne du contrôle de la fièvre aphteuse), Pour renforcer le réseau euro-méditerranéen de lutte contre la fièvre aphteuse par le renforcement des méthodes et mécanismes de lutte dans les pays sud de la Méditerranée, il y’a l’élaboration d’une stratégie de lutte contre la fièvre aphteuse revête une vision maghrébine, par les pays de l’Union Maghrébine Arabe (le Maroc, l’Algérie, la Tunisie, la Mauritanie et la Libye). Vu que cette région possède plus de 5 millions de bovins et plus de 60 millions petits ruminants et des centaines de milliers de dromadaires, une convention portant sur la médecine vétérinaire et la coopération dans le domaine de la santé animale a été signée entre les gouvernements de ces pays. Aussi une Commission ministérielle spécialisée chargée de la sécurité alimentaire, au sein de laquelle a été mis en place, une commission vétérinaire maghrébine permanente en vue de se prémunir contre les maladies animales (Bouguedour, 2009).

2.3 LA STRATEGIE DE SURVEILLANCE ET DE LUTTE DANS LA REGION DU MAGHREB

2.3.1 Stratégie de prévention médicale

- Campagnes annuelles de vaccination gratuite pour les éleveurs;
- Tunisie et Libye vaccinations bovin et petits ruminants.
- Algérie vaccination bovins.
- Maroc vaccination bovins jusqu'en 2006, puis arrêt.
- Mauritanie absence de prophylaxie.
- Approches de prévention différentes choix des valences vaccinales et des espèces vaccinées différentes.
- Sérotype O sur BV Au Maroc (Arrêt de la vaccination).
- Sérotypes O et A Sur BV en Algérie.
- Sérotypes O, A, SAT2 sur BV EtO, SAT2 OV/CP En Tunisie et Sérotypes O, A, SAT 2 et C sur les BV en Libye (Bouguedour, 2009).

2.3.2 Surveillance épidémiologique

- Prospection régulière et permanente des élevages pour la recherche clinique des maladies transfrontalières dont la Fièvre aphteuse.
- Renforcement du contrôle des mouvements d'animaux.
- Enquête par sondage sérologique chez les bovins, petits ruminants et autres espèces.
- Interdiction des mouvements d'animaux de l'extrême Sud vers le Nord du pays (système de zonage).
- Instauration d'un système de contrôle de la circulation des animaux et de certification à l'intérieur de la zone Sud (Bouguedour, 2009).

Aussi 13 projets et initiatives au bénéfice du Maghreb ont été signés entre autres 6 projets de la FAO dans l'intervalle entre 1996 jusqu'au 2010 qui ont pour but de développement de l'élevage et l'amélioration et le renforcement des programme de contrôle visant les maladies hautement pathogènes comme la fièvre aphteuse (Bouguedour, 2009). Et le dernier consiste une demande d'évaluation de programme vétérinaire de surveillance par l'OIE qui a été validé dans la session normale de février 2012 (OIE, 2012).

3. A L'ECHELLE NATIONALE

L'Algérie est un pays qui possède des longues frontières, et elle a connu la fièvre aphteuse sur plusieurs épisodes précédant celle de 2014, où la plus dernière a été déroulée en 1999, après laquelle le gouvernement algérien a pris en compte la lutte contre la fièvre aphteuse comme menace de nos élevages domestiques. Pour cette raison des mesures rigoureuses ont été prises en vue de limiter l'apparition de cette maladie sur le territoire national. D'où l'élaboration des textes réglementaires et d'un plan d'urgence spécifique à l'épizootie de fièvre aphteuse de 1999. Ces mesures ont abouti en 2012 à la validation d'un programme de contrôle de la fièvre aphteuse en Algérie par l'OIE (DJAILEB., 2015).

La réalisation de ces mesures est sous la responsabilité du système national de surveillance épidémiologique et d'information qui a pour rôle de la réalisation des instructions décrites dans la réglementation législative algérienne ; ce système comporte tous les acteurs du réseau d'épidémiologie du ministre à l'éleveur.

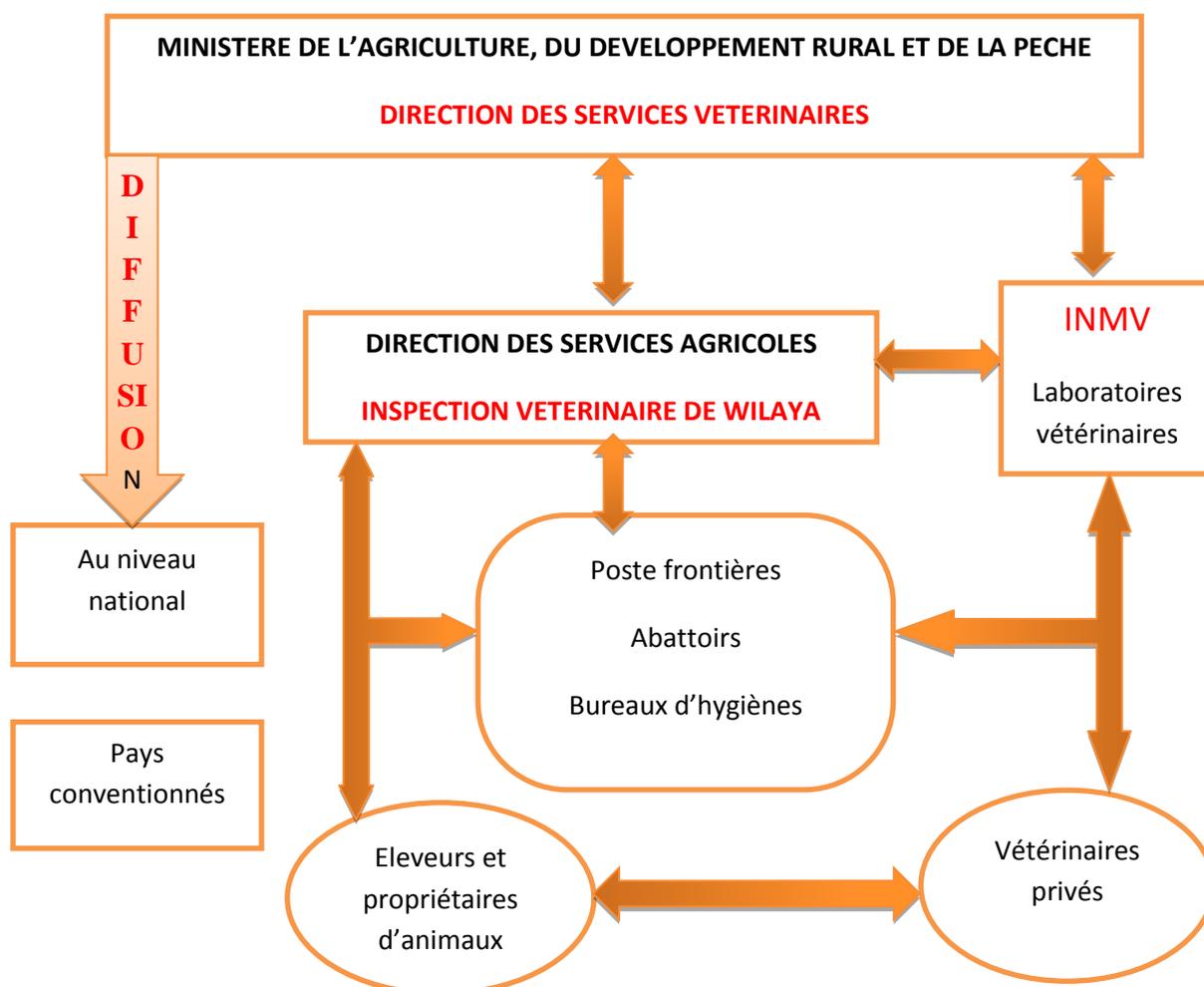


Figure 15 : Système de surveillance épidémiologique et d'information en Algérie (DJAILEB., 2015).

Les mesures de lutte sont de types médicaux, sanitaires et administratifs et ont été suivies. Après l'évolution de l'épizootie dans la Tunisie c.-à-d. avant la déclaration de la maladie sur le territoire national.

3.1 AVANT EPISODE DE FIEVRE APHTEUSE EN TUNISIE

Des campagnes de vaccination annuelle des bovins contre la Fièvre aphteuse sont pratiquées depuis 1999 par l'utilisation des vaccins bivalents contre les sérotypes A et O (Bouguedour, 2009). Avec la mise en place d'un mandat sanitaire depuis 2004 où le coût du vaccin et l'acte vaccinal sont pris en charge par le Fonds de la Promotion Zoo-sanitaire et de la Protection Phytosanitaire (FPZPP), la vaccination reste gratuite pour les éleveurs (DJAILEB, 2015).

En plus, une enquête sérologique chez les bovins et les petits ruminants en 2012 (aucune circulation virale n'a été détectée) a été réalisée en vue de répondre au questionnaire de validation du programme de lutte contre la fièvre aphteuse par l'OIE (OIE b, 2015).

3.2 DES MESURES ONT ETE PRISES APRES L'EPISODE DE FIEVRE APHTEUSE EN TUNISIE

- Diffusion de l'information aux 48 wilayas.
- Mise en place d'une cellule de veille et de suivi.
- Mobilisation de l'ensemble des vétérinaires fonctionnaires et praticiens privés.
- Signalement de toute éventuelle suspicion par les moyens les plus rapides et l'application immédiate des mesures édictées par l'arrêté interministériel relatif à la fièvre aphteuse.
- Suspension immédiate de toute importation d'animaux et produits animaux à partir de la Tunisie (DJAILEB, 2015).
- Lancement d'une campagne de revaccination massive des bovins âgés de plus de 6 mois, contre la fièvre aphteuse.
- Lancement d'une procédure d'urgence pour l'acquisition de 900 000 doses de vaccin.
- Renforcement de la séro-surveillance au niveau des zones sentinelles des wilayas frontalières à la Tunisie.
- Elargissement de la séro-surveillance des élevages retenus comme sentinelles situés sur les axes de déplacement les plus importants.

- Implication des associations professionnelles et syndicales de l'agriculture et de l'élevage dans le processus de prévention, par la sensibilisation des éleveurs.
- Communiqué de presse adressé aux populations locales et aux éleveurs et la multiplication des campagnes de vulgarisation à travers les différents supports médiatiques nationales et local, afin d'informer les populations du danger de l'introduction de cette maladie (Boughalem, 2014).

Après la déclaration du premier foyer de la fièvre aphteuse dans la wilaya de Sétif qui a été confirmé par Le laboratoire central vétérinaire par le test ELISA et PCR/temps réel, en date du 25/07/2014.

- L'OIE a été informé le 27/07/2014.
- Le séquençage de la souche a été effectué par le laboratoire de Brescia et le laboratoire de Pirbright.
- La souche isolée est « O ».

Ce séquençage a montré que la souche isolée est très proche de la souche isolée en Tunisie (Boughalem, 2014).

3.3 DISPOSITIF DE LUTTE MIS EN PLACE

Il a été procédé par :

- La mise en place de cellules de crise au niveau central et local.
- La fermeture des marchés à bestiaux et interdiction de déplacement des animaux au niveau de la wilaya de Sétif et des wilayas limitrophes et les animaux ne peuvent se déplacer que vers un abattoir le plus proche sous couvert de certificat sanitaire vétérinaire.
- Ces mesures ont été étendues sur tout le territoire national à partir du 30 juillet 2014.
- Application de désinfectant et la chaux vive au niveau des entrées des exploitations.
- Mobilisation de l'ensemble des vétérinaires praticiens privés et fonctionnaires à l'effet de la prospection et de la recherche de signes cliniques de la maladie avec déclaration immédiate de toute suspicion.
- Transmission d'un bulletin d'information récapitulatif quotidien à l'autorité vétérinaire nationale.

- Tous les médias ont été utilisés pour sensibiliser les éleveurs et plusieurs conférences de presse ont été organisées pour l'application des mesures édictées par les services vétérinaires.
- Implication des services de sécurité pour l'exécution du programme.
- Abattage et/ou à la destruction de tous les animaux sensibles sous contrôle des services vétérinaires.
- Une désinfection des exploitations suivie d'un vide sanitaire a été effectuée au niveau de ces exploitations.
- Une indemnisation sur le Fonds de la promotion zoo sanitaire a été déclenchée.
- Autour de ces exploitations, une vaccination péri-focale a été opérée, avec désinfection des lieux ainsi que la surveillance intensive de ces élevages.
- Une campagne de vaccination des animaux ayant échappé à la précédente campagne de vaccination a été lancée à partir du 15/08/2014 (Boughalem, 2014).

4. A L'ECHELLE LOCALE ET DU TROUPEAU

Consiste à des mesures qui ont été prises à l'échelle des wilayas pour limiter l'extension de la fièvre aphteuse et l'apparition des nouveaux foyers, et à l'échelle des troupeaux pour éviter l'introduction de la maladie au sein des élevages.

Un arrêté de wilaya portant déclaration de la fièvre aphteuse signé par le wali énonce toutes les mesures réglementaires à appliquer notamment la fermeture des marchés à bestiaux et des souks hebdomadaires d'animaux (DJENNA, 2014). Les mesures prises en cas d'apparition des foyers de fièvre aphteuse décrites dans l'arrêté interministériel (JOURNAL OFFICIEL, 1999) relatives aux mesures de lutte applicables en cas de fièvre aphteuse sont les suivantes.

4.1 DANS LE FOYER

- Séquestration des animaux
- Recensement des animaux des différentes espèces sensibles
- Mise en place de pédiluve
- Interdiction d'entrée et de sortie des animaux
- Interdiction d'entrée de personnes étrangères à l'exploitation
- Interdiction d'entrée des véhicules
- Identification des animaux malades
- Prélèvements de sang, d'aphtes ou de lambeaux de langue
- Ordre d'abattage des bovins malades dans un abattoir agréé (deux désignés à cet effet à Constantine et trois à Oum El Bouaghi)

- Vide sanitaire.

4.2 AUTOUR DU FOYER SUR UN RAYON DE 3 KM (PERIMETRE INFECTE)

- Recensement des élevages
- Interdiction du mouvement des cheptels
- Interdiction de sortie des cheptels
- Désinfection autour des élevages et barrières sanitaires

4.3 A DIX KILOMETRE DU FOYER (ZONE D'OBSERVATION INTENSE)

- Vaccination centripète autour du foyer
- Règlementation du mouvement des cheptels
- Interdiction d'entrée et de sortie des personnes étrangères
- Interdiction d'entrée de véhicules
- Désinfection autour des élevages et barrières sanitaires.

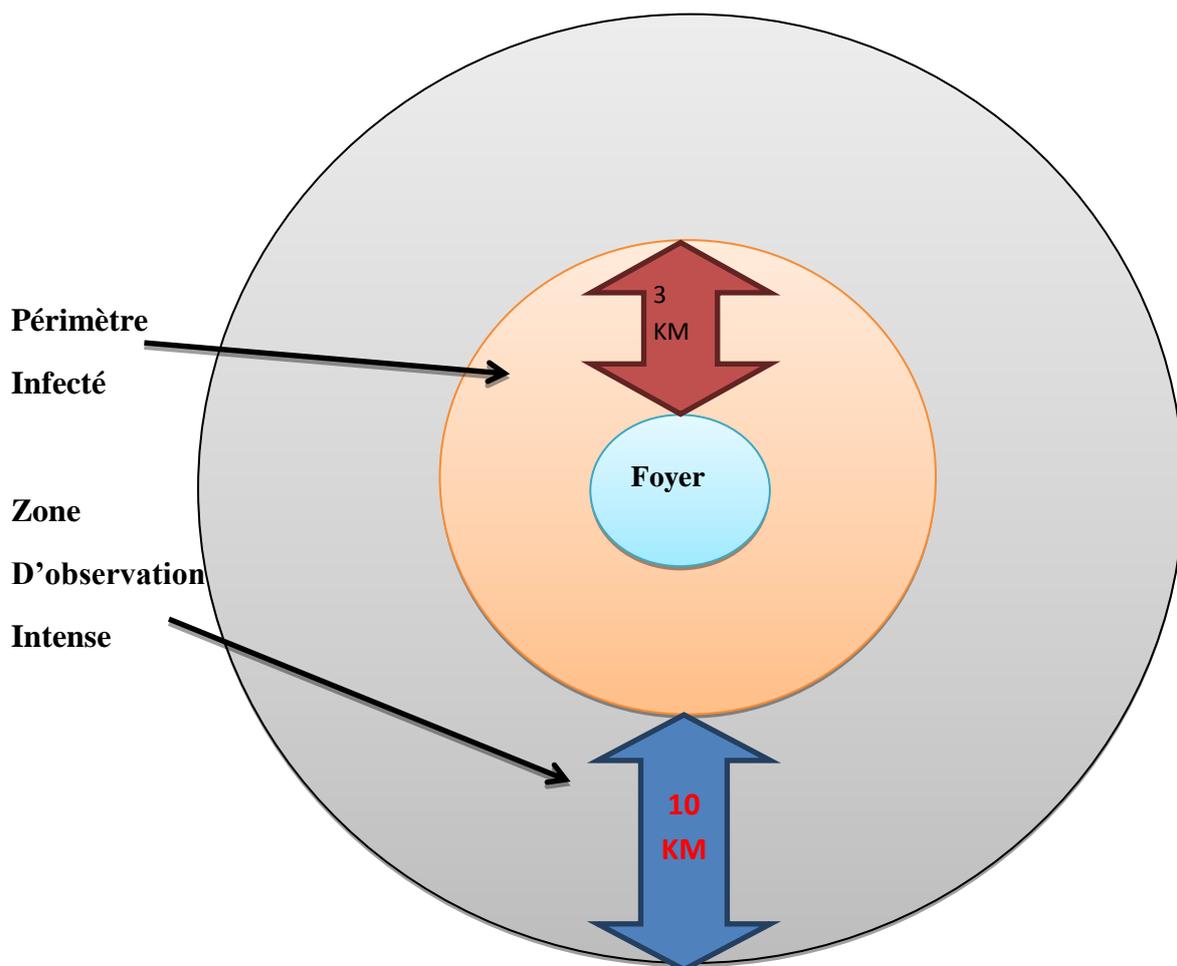


FIGURE 16 : Délimitation des zones autour du foyer de la fièvre aphteuse
(OUMAMMAR.I ,2015)

1. PROBLEMATIQUE

La fièvre aphteuse est une maladie des animaux à onglons pairs, elle s'est propagée récemment dans tout le Maghreb arabe (Tunisie, Maroc et Algérie). La dernière épizootie en Algérie a générée des conséquences désastreuses tant chez les éleveurs et les agriculteurs que les citoyens (boucheries, restaurateurs, marchés à bestiaux, etc...).

Selon la base de données de l'organisation mondiale de la santé animale (2014) l'Algérie durant cet épisode de fièvre aphteuse a sacrifié 6508 bovins, 1572 ovins et 200 caprins dans le cadre de l'abattage sanitaire (OIEa, 2014). L'épizootie s'est propagée en deux vagues successives de 2014 à 2015 ; une première vague a touché le nord du pays (du 23/7/2014 au 12/10/2014) et une deuxième vague (du 02 mars 2015 au 03 mai 2015) qui a concerné même des wilayas du sud (El Oued, Saida, Sidi Bel abbes et El Bayadh) (OIE a, 2015).

2. OBJECTIFS

Du fait que la fièvre aphteuse s'est propagée sur l'ensemble du territoire algérien et que ce fléau n'a pu être endigué, une étude analytique de cette situation a été réalisée pour enlever le voile sur les causes d'introduction et d'extension de cette maladie. Les objectifs définis dans cette étude sont :

- Recueil des données relatives à la fièvre aphteuse auprès de différentes structures du ministère de l'agriculture.
- Enquête auprès des éleveurs de la wilaya d'Oum El Bouaghi pour déterminer les facteurs à l'origine de l'apparition de la maladie et de son extension.
- Analyse des textes règlementaires et leurs applications en cas d'apparition de cette maladie.

3. MONOGRAPHIE D'OUM EL BOUAGHI

3.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA WILAYA D'OUM EL BOUAGHI

La wilaya d'Oum El Bouaghi se situe au nord de l'Algérie dans la région des Hauts plateaux constantinois au centre des wilayas de l'Est Algérien et s'étend sur une superficie de 7638, 13 km². Elle se localise à 500 Kilomètres d'Alger, la wilaya s'élève à 800 m du niveau de la mer (cf. fig.17).

La wilaya est limitée (ANDI, 2013) :

- au Nord par la wilaya de Guelma.
- au Nord Est par la wilaya de Souk Ahras.

Partie pratique

- au Nord-Ouest par la wilaya de Constantine,
- à L'Ouest par la wilaya de Mila,
- à L'Est et au sud-Est par la wilaya de Tébessa,
- au Sud-Ouest par la wilaya de Batna,
- au Sud par la wilaya de Khenchela.



Figure 17 : Les limites géographiques de la wilaya d'Oum El Bouaghi (Boughalem, 2015)

3.2 LE RELIEF

Le Tell et les Aurès entourent Oum El Bouaghi :

- au nord de la wilaya, on distingue les versants méridionaux du Tell.
- au centre, c'est la haute plaine, dont l'altitude varie de 700 à 900 mètres.
- la partie Est de l'Aurès est parsemée de petits massifs montagneux isolés, comme le djebel Sidi Rgheiss (1.635 mètres d'altitude), le djebel Rherour (1.273 mètres) et le djebel Amama 1.337 mètres).
- au sud, la wilaya est jalonnée par des dépressions endoréiques (Garet) ou Sebkhha (lac salé). Les Garets sont moins salées que les Sebkhhas (ANDI, 2013).

Le point culminant de la wilaya est le Djebel Guerioune (1.729 mètres d'altitude) près d'Aïn M'Lila. La majorité des oueds sont endoréiques ; ils coulent en direction des lacs salés et non vers la mer Méditerranée, sauf l'oued Settara et les affluents du Rhummel.

3.3 LE CLIMAT

Le climat est de type semi-aride continental ; les hivers sont froids avec une température moyenne entre 5 à 8 C⁰ et des épisodes neigeux parfois pouvant durer jusqu'à 9 jours successives, ce qui a été observé en février 2013 (SMO, 2015). Les étés sont très chauds et secs du fait de

Partie pratique

l'éloignement de la mer mais avec des orages qui se forment grâce aux gouttes froides en altitude ou des débordements orageux en provenance des Aurès par marais barométrique. Souvent, ils sont accompagnés de grêle et de fortes précipitations brèves et locales qui peuvent se manifester de manière violente même au mois de juillet et en début d'août ; c'est ce qui fait la particularité de cette région, car les autres régions de l'Algérie sont soumises à une aridité estivale continue (cf. figure 18, annexe 01).

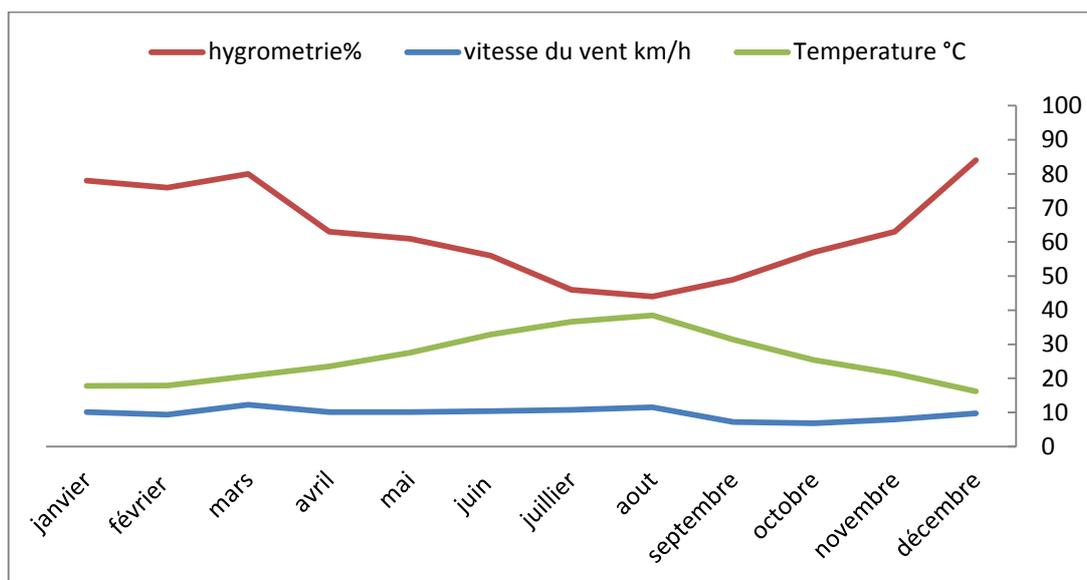


FIGURE 18 : la variation de la température, l'hygrométrie et la vitesse du vent dans la wilaya d'Oum El Bouaghi en 2014 (SMO, 2014)

3.4 LA PLUVIOMETRIE

La pluviométrie est irrégulière, les pluies sont issues des perturbations venues du nord-ouest ou des dépressions méditerranéennes. La pluviométrie est entre 350 à 500 mm /an de précipitations (ANDI, 2013). C'est l'une des régions les plus arrosées en juillet de toute l'Algérie avec une moyenne de 9 mm de précipitations pour ce mois à Oum el Bouaghi et 19 mm à Meskiana (cf. figure 18, annexe 01).

3.5 LA VEGETATION

La couverture végétale est xérophile (adaptée à l'aridité). L'arbre est presque absent avec une présence remarquable des plantes steppiques qui s'adaptent bien. En revanche, les cultures de blé et de l'orge peuvent se faire sans irrigation sur ces vastes hautes plaines.

3.6 L'ELEVAGE BOVIN

L'élevage bovin dans la wilaya d'Oum El Bouaghi ne cesse de croître atteignant en 2015 plus de 62.000 têtes (Tableau07), du fait des encouragements et les crédits octroyés par l'état algérien pour développer la production animale et les productions céréalières, (FNDA, ANSEJ, programme lait, etc...).

Tableau 07: évolution du nombre des bovins dans la wilaya d'Oum El Bouaghi entre 2010 et 2015 (DSA d'Oum El Bouaghi, 2016)

Années	2010	2011	2012	2013	2014 /2015
Nombre de bovins	42.053	42.693	46.215	49.846	62.022

4. MATERIEL ET METHODES

4.1 MATERIEL

4.1.1 Recueil des informations

Le recueil des données est fait auprès des différents services de l'agriculture de la wilaya d'Oum EL Bouaghi afin de voir la répartition du cheptel bovin et la géo-localisation des fermes touchées par la fièvre aphteuse durant l'épizootie de 2014 (cf. Annexe 02). Les données climatiques recueillies auprès de la station météorologique de la wilaya d'Oum El Bouaghi permettront de déterminer l'existence d'une influence des paramètres climatologiques sur la dissémination du virus aphteux (cf. Annexe 01).

4.1.2 Questionnaire

Un questionnaire a été établi et qui comprend 41 questions réparties sur 8 sections :

- Dix questions concernant des informations générales sur les fermes.
- Deux questions sur la localisation des fermes.
- Trois sur le fonctionnement des fermes.
- Cinq questions sur le déplacement du personnel.
- Cinq questions concernant le déplacement des animaux.
- Sept questions sur le déplacement des véhicules.
- Six questions concernant les facteurs de protection des fermes de la fièvre aphteuse.
- Le reste des questions concerne des informations sur les fonctionnaires des fermes et leurs compétences.

Cette enquête comporte des questions ouvertes, des questions fermées, des questions à choix multiples et des questions de type grille (cf. Annexe 03).

La répartition des exploitations dans la région d'étude est au hasard pour les témoins. Les exploitations sont regroupées, en 12 groupes selon leur localisation régionale. La distribution des élevages enquêtés sont relatés dans le tableau 08.

Partie pratique

Tableau 08: Répartition des élevages bovins enquêtés dans la wilaya d'Oum El Bouaghi

Daira	Commune	Nombre de foyers	Nombre des élevages témoins
Ain Kercha	Harmlia	1	2
Ain M'Lila	Ouled Hamla	1	1
	Ouled Gacem	0	1
	Ain M'Lila	1	8
Ksar Sbahi	Ksar Sbahi	1	0
Ain Fekroune	Ain Fekroune	1	0
F'kirina	F'kirina	1	0
Ain El Beida	Ain El Beida	1	0
Souk Naaman	Bir Chouhada	6	2
	Ouled Zouai	5	3
Sigus	Sigus	1	1
Oum El Bouaghi	Oum El Bouaghi	1	3
Total des élevages enquêtés dans la wilaya d'Oum El Bouaghi		20	21

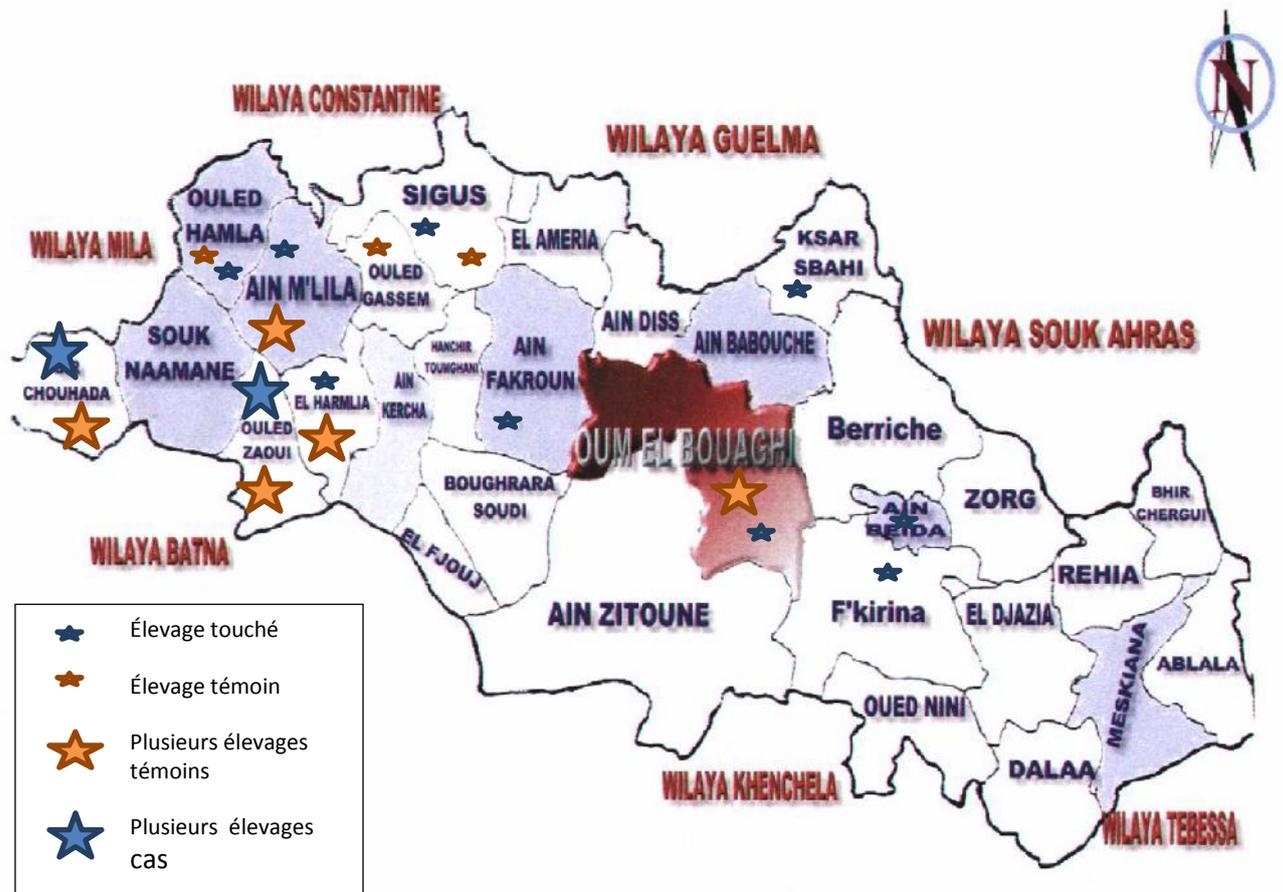


Figure 19 : Répartition des élevages enquêtés dans la wilaya d’Oum El Bouaghi (les foyers de la fièvre aphteuse et les témoins) 2016.

4.2 METHODES

4.2.1 Déroulement de l’investigation

L’investigation est passée par deux volets :

Le premier volet consiste en une enquête au niveau des différents services du ministère de l’agriculture (la chambre d’agriculture, la DSA) et la station météorologique de la wilaya d’Oum El Bouaghi dans le but de recueillir des informations concernant :

- Le nombre et la répartition des élevages bovins dans la wilaya.
- Le nombre et la répartition des différents foyers de la [fièvre](#) aphteuse déclarés en 2014 (cf. Annexe 02).
- Les données climatiques de la wilaya d’OEB enregistrées par la station météorologique, (la température, l’humidité et la vitesse des vents) durant la période de survenu de la maladie.

Partie pratique

Le deuxième volet consiste en une enquête rétrospective de type cas /témoin sur les foyers de la fièvre aphteuse dans la wilaya d'Oum El Bouaghi, dans laquelle on a effectué des visites ponctuelles dans les élevages qui ont été déclarés touchés par la fièvre aphteuse durant l'épizootie de 2014, et des élevages n'ont pas contracté la maladie durant la même période, afin de déterminer les facteurs de risque de transmission les plus incriminés. Cette enquête a été précédée par une pré-enquête pour valider notre questionnaire, et qui a touché 13 élevages.

4.2.2 Choix des fermes

L'étude a porté sur :

- Les 20 élevages de bovins déclarés touchés par la fièvre aphteuse durant l'épizootie de 2014 par les services de la DSA, ces foyers sont repartis sur 11 communes de la wilaya d'Oum El Bouaghi.
- Vingt et un autres élevages ont été aussi enquêtés ; ces derniers n'ont pas contracté la maladie, et qui sont utilisés pour but de déterminer les facteurs de risque les plus incriminés dans la dissémination de la fièvre aphteuse.

Les critères de choix des exploitations sont :

- Des élevages bovins situés sur le territoire géographique de la wilaya d'Oum El Bouaghi
- Les fermes ont été déclarées infectées par la fièvre aphteuse (les cas).
- Les fermes n'ont pas été déclarées infectées durant cette période (Témoins).
- Des élevages témoins sont de la même population et presque les mêmes régions que les fermes infectées.
- L'accessibilité des fermes.
- L'accord des propriétaires (certains propriétaires ne sont pas coopératifs).

L'enquête proprement dite a été effectuée en 2 Mois de l'année 2016 ; avec l'aide des vétérinaires étatiques (la subdivision ou du bureau d'hygiène) ou des praticiens privés pour bien localiser les fermes déclarées infectées. Une interview avec les propriétaires des élevages pour répondre aux questions de l'enquête, ainsi des observations de la localisation et le pourtour des fermes ont été effectués.

4.2.3 L'analyse statistique

L'analyse statistique descriptive a été réalisée avec le logiciel Microsoft Excel, et le logiciel SPSS en utilisant le test de Khi deux, pour les statistiques analytiques afin de déterminer l'association des facteurs étudiés dans le questionnaire avec la fièvre aphteuse.

5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

5.1 RESULTATS DESCRIPTIFS

5.1.1 Evolution et densité du cheptel bovin dans la wilaya d'Oum El Bouaghi

Après 2010, l'état algérien accentue les subventions (ANSEJ et FNDA) et l'importation des bovins laitiers et du matériel d'élevage dans le but de réduire la facture d'importation et d'atteindre d'auto satisfaction en matières agricoles, il est constaté une augmentation de l'effectif bovin dans la région. Avec les différentes campagnes d'information et de vulgarisation, ainsi que le soutien et le suivi de la part des structures concernées du ministère de l'agriculture et du développement rural, un net regain est constaté en 2013 et durant la campagne 2014/2015 (cf. figure 20). Selon les informations recueillies au niveau du ministère de l'agriculture et du développement rural (service d'épidémiologie) que les données relatives à l'effectif bovin durant l'année 2014 n'ont pu être effectuées du fait que tous les efforts étaient orientés vers la lutte contre l'épizootie de la fièvre aphteuse.

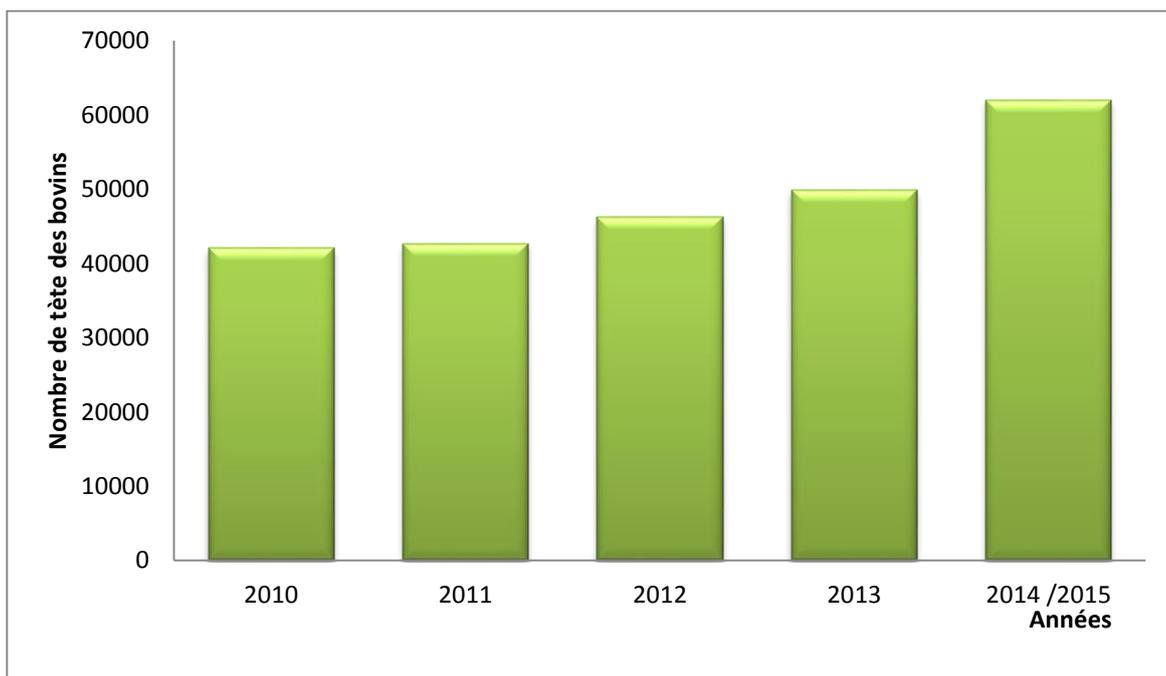


Figure 20 : Evolution du nombre des bovins dans la wilaya d'Oum El Bouaghi entre 2010 et 2015

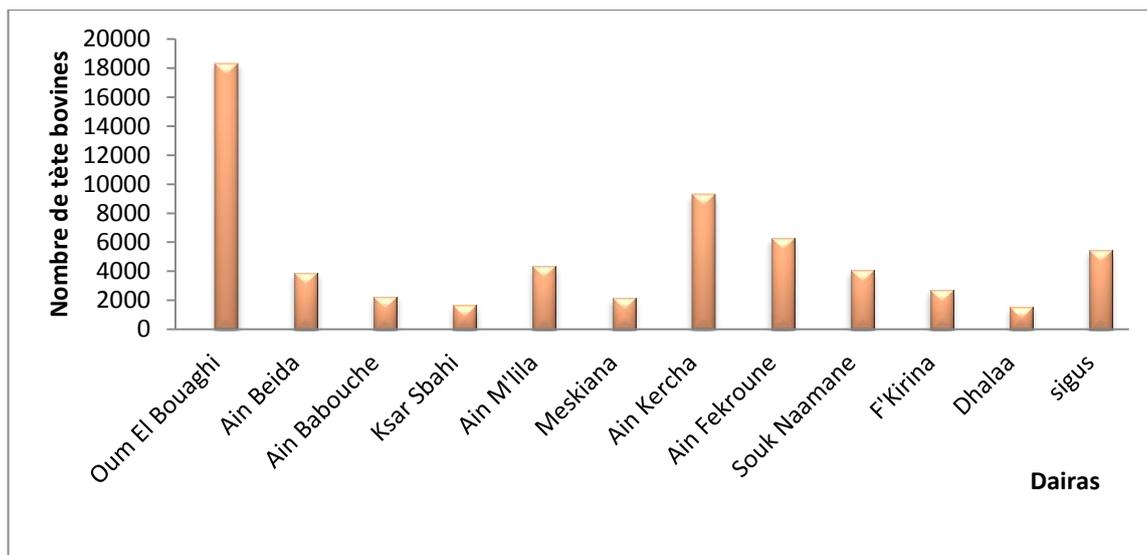


Figure 21 : Répartition géographique du cheptel bovin dans la wilaya d'Oum El Bouaghi 2014/2015

Les principales daïras caractérisées par vocation (production agricole) ont vu un développement rapide de l'élevage bovin. Ce qui s'explique d'abord par le fait qu'elles soient du monde rural et leurs productions principales est la céréaliculture. Pour cela Oum El Bouaghi et Ain Kercha ont respectivement un effectif bovin de (18.352, 9.310) (cf. figure 21).

Ain M'Lila et Ain Beida et Ain Fekroune ont vus un développement dans le domaine de l'industrie et le commerce. Pour cela l'effectif de bovins est moins important que dans les autres daïras. Il est connu que les jeunes ont tendance de s'orienter plus vers le secteur de l'industrie et le commerce que vers l'agriculture (moins astreignant, moins risqué et plus de chance de réussite)

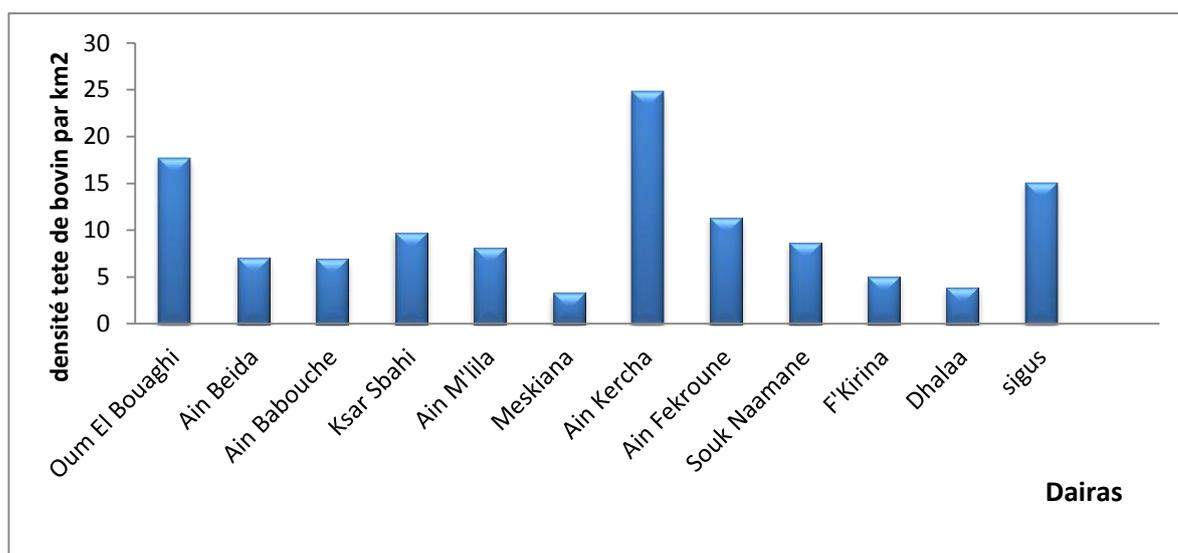


Figure 22 : Densité des bovins dans la wilaya d'Oum El Bouaghi 2014/2015

Partie pratique

La densité des bovins dans les daïras de la wilaya d'Oum El Bouaghi montre une nette différence de concentration où la daïra de Ain Kercha représente la densité la plus élevée suivie par la daïra du chef-lieu de la wilaya puis la daïra de Sigus, ceci peut être expliqué par le nombre important des bovins dans les daïras de Ain Kercha et d'Oum El Bouaghi et à la faible surface de la daïra de Sigus (malgré chaque daïra ne compte qu'un seul foyer de fièvre aphteuse). Cette variation peut être expliquée par l'éloignement et la taille importante des exploitations, inversement à la daïra de Souk Naaman où un nombre faible des bovins s'est réparti sur un nombre élevé d'exploitations et leur rassemblement (dans la commune d'Ouled Zouai les 5 foyers dans un rayon de 200 mètres, et dans la commune de Bir Chouhada les 6 foyers dans un rayon d'un kilomètre).

5.1.2 Les abattoirs et les tueries dans la wilaya d'Oum El Bouaghi

Tableau 09: Répartition des abattoirs et des tueries dans la wilaya d'Oum El Bouaghi (DSA d'OEB).

Commune	Nombre de tueries de viandes rouges	Nombre d'abattoirs et des tueries de viandes blanches
Oum El Bouaghi	1 fonctionnelle	4 (dont 01 abattoir)
Ain Beida	1 fonctionnelle	3
Ain Babouche	1 Non fonctionnelle	0
Ksar Sbahi	1 Non fonctionnelle	0
Ain M'Lila	2 (abattoir régional en construction) (la tuerie fonctionnelle)	3 (dont 01 abattoir)
Meskiana	1 fonctionnelle	0
Ain Kercha	1 Non fonctionnelle	0
Ain Fekroune	1 fonctionnelle	0
Ouled Hamla	1 Non fonctionnelle	0
Berriche	1 Non fonctionnelle	0
Dhalaa	2 (dont 01 fonctionnelle)	0
Sigus	1 Non fonctionnelle	1
El Harmlia	0	1
TOTAL	14	12

Partie pratique

Les tueries et abattoirs sont répartis selon l'importance des élevages et la population. Les principales villes telles Oum El Bouaghi, Ain M'Lila et Ain Beida ont compté respectivement 05, 05, 04 lieux d'abattage (tueries et abattoirs). La wilaya n'est dotée que des tueries pour les viande rouge, parmi lesquelles seules 06 sont fonctionnelles (tableau 09). Ces tueries diffèrent des abattoirs par le manque de certains critères parmi lesquels on peut citer :

- Equipement et le machinisme (lieu d'examen anté-mortem, la chambre froide et le véhicule adapté de transport de viande, la technique de marche en avant...etc.)
- L'importance du nombre des animaux abattus.

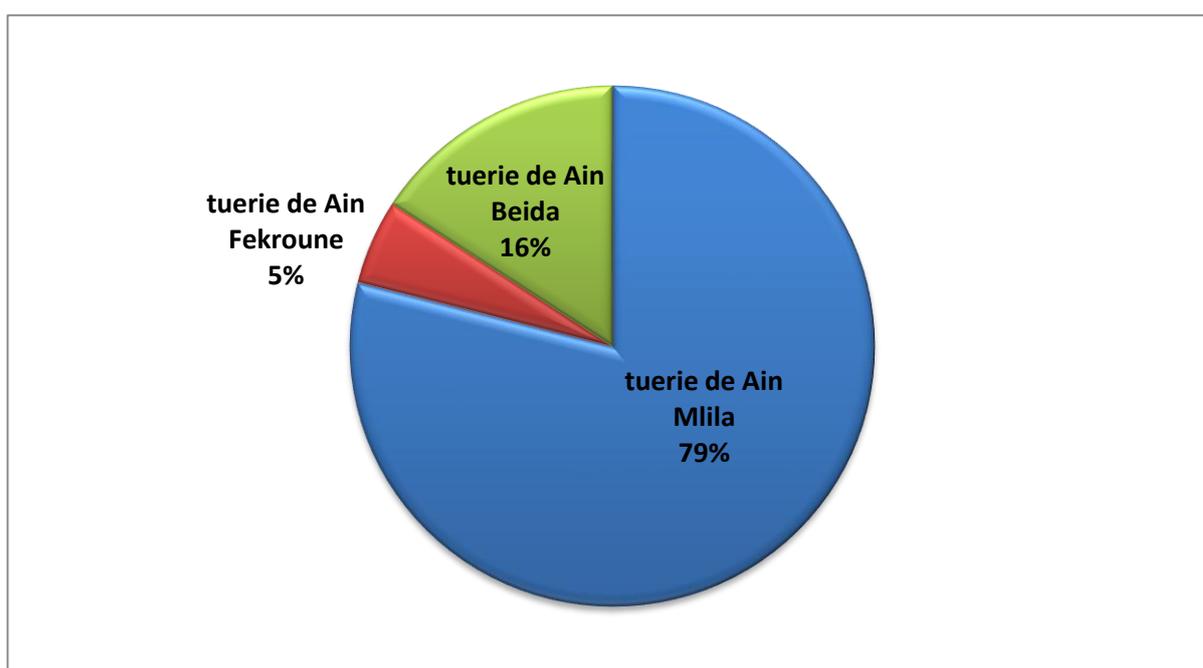


Figure 23 : Destinations des animaux proviennent des foyers de la fièvre aphteuse pour l'abattage sanitaire en 2014(DSA D'OEB).

L'abattage sanitaire des bovins provenant des élevages déclarés infectés est effectué dans trois tueries de viande rouge dans la wilaya d'Oum El Bouaghi. Où le critère de la distance entre le foyer et le lieu d'abattage est largement respecté (la destination des animaux aux lieux d'abattage les plus proche). L'abattage sanitaire des animaux de 18 foyers est fait dans les tueries d'Ain M'Lila, Ain Beida et Ain Fekroune, seul le foyer du chef-lieu de la wilaya d'Oum el Bouaghi est une découverte d'abattoir et celui d'Ain Kercha a été mis sous surveillance (des animaux vaccinés). Les bovins abattus dans cette épizootie sont ceux présentant des signes cliniques de la fièvre aphteuse, ou ceux qui n'ont pas présenté les symptômes mais qui ont été en

Partie pratique

contact avec des animaux malades, et n'ont pas été vaccinés contre la maladie durant la première campagne de 2014.

5.1.3 Résultats de l'enquête

Les résultats de cette enquête sont illustrés sous forme graphique, montrant l'importance des facteurs étudiés dans les foyers de la fièvre aphteuse comme étude descriptive, puis un tableau récapitulatif des résultats de l'étude analytique, concernant l'association de ces facteurs avec l'apparition de la fièvre aphteuse au sein de ces élevages. L'étude d'association de ces facteurs avec la fièvre aphteuse est établie à travers la valeur P (seuil de signification) avec une marge d'erreur acceptable de 5 %.

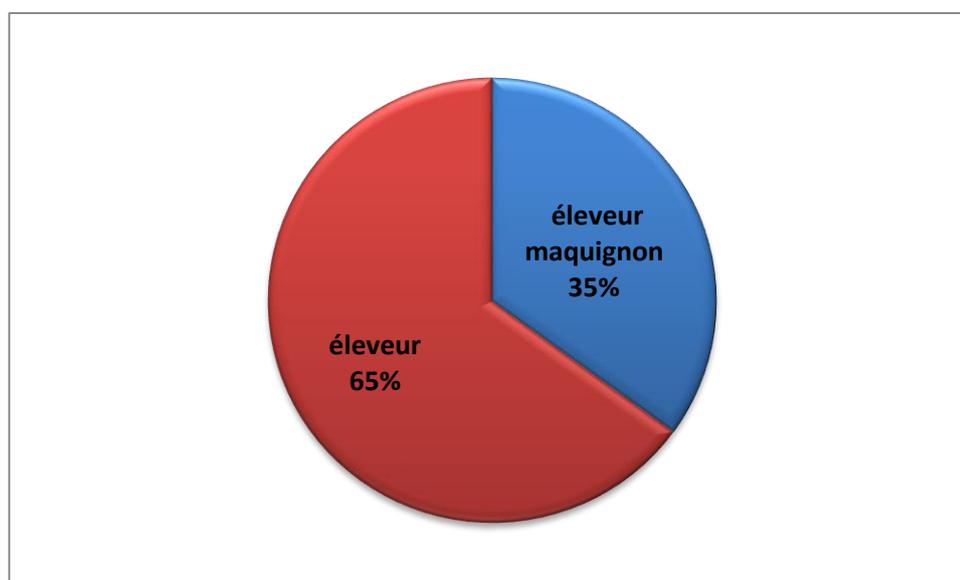


Figure 24 : La fonction principale des propriétaires des élevages touchés par la fièvre aphteuse.

L'étude descriptive montre que les deux tiers des foyers occupés par des éleveurs dont la fonction principale est l'élevage des bovins, et un tiers par des éleveurs maquignons pratiquant le commerce des bestiaux comme fonction principale (figure 24). Et vu que le rendement insuffisant de la production animale de cette catégorie des éleveurs, ils cherchent une autres source d'argents dans la marge de commerce des animaux (bovins et/ ou ovins). Le risque associé a cette categorie réside dans la fréquence des visites aux lieux de regroupements des animaux.

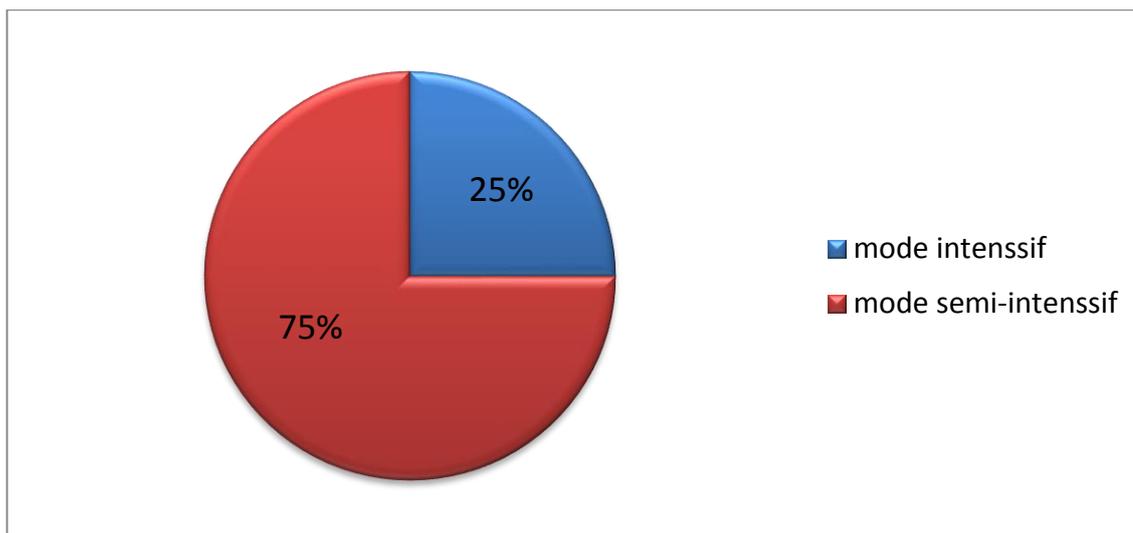


Figure 25 : Le mode d'élevage pratiqué dans les élevages touchés par la fièvre aphteuse.

Le mode d'élevage des cheptels infectés par la fièvre aphteuse dans la wilaya d'Oum El Bouaghi est largement dominé par le mode semi-intensif avec un pourcentage de 75% des cheptels infectés, et 25% pratiquent le mode intensif où le séjour des animaux est en stabulation permanente (figure 25). Les élevages pratiquent le pâturage avec complément de la ration des animaux par des rations de soutien.

Le mode d'élevage intensif est rencontré dans les élevages strictement à viande, et le mode extensif est carrément absent puisque il ne convient pas aux élevages modernes (haute production laitière et veaux de boucherie de haute qualité).

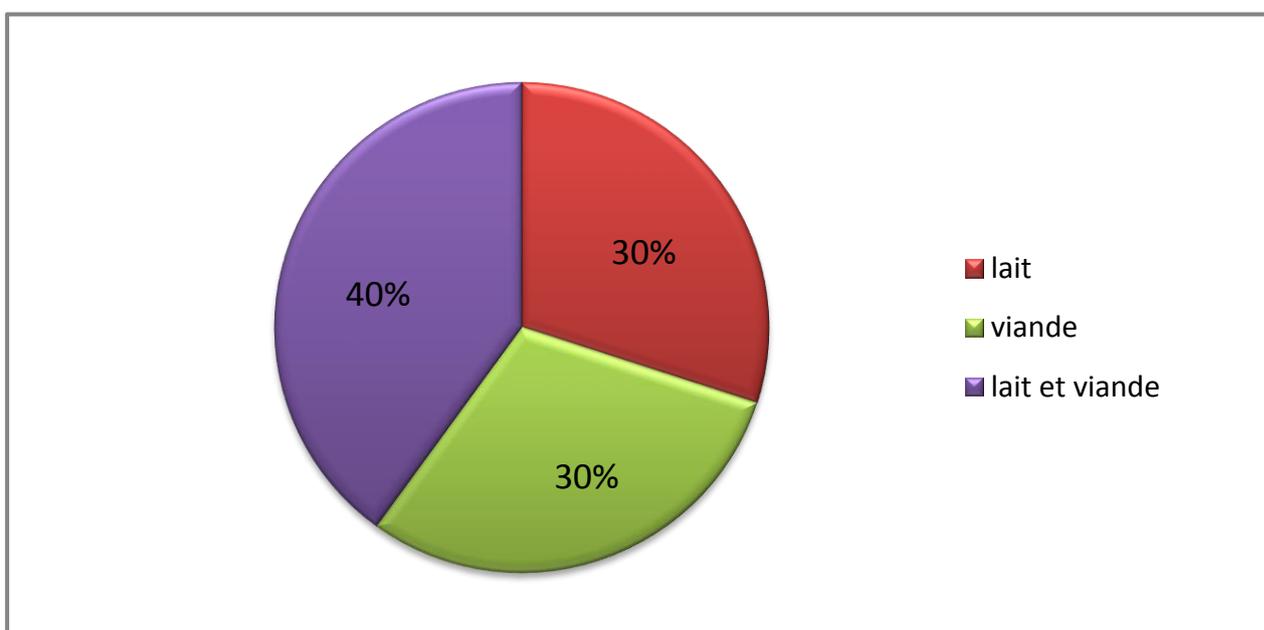


Figure 26 : Type de production des élevages touchés par la fièvre aphteuse à Oum El Bouaghi.

Partie pratique

La répartition des foyers touchés par la fièvre aphteuse selon le type de production montre une légère différence où 40% est occupée par des élevages à production mixte (laitière et engraissement des veaux) et les élevages qui ne font qu'un seul type de production (strictement lait, engraissement) représentent 30% pour chaque type (figure 26), cette différence peut être expliquée par la réunion des facteurs de risque propre à l'élevage laitier et ceux de l'élevage d'engraissement, on peut citer à titre d'exemple le risque associé aux mouvements des véhicules et des personnes et la fréquence de leurs visites (le collecteur, les maquignons).

- **Le déplacement des animaux et existence des animaux sensibles**

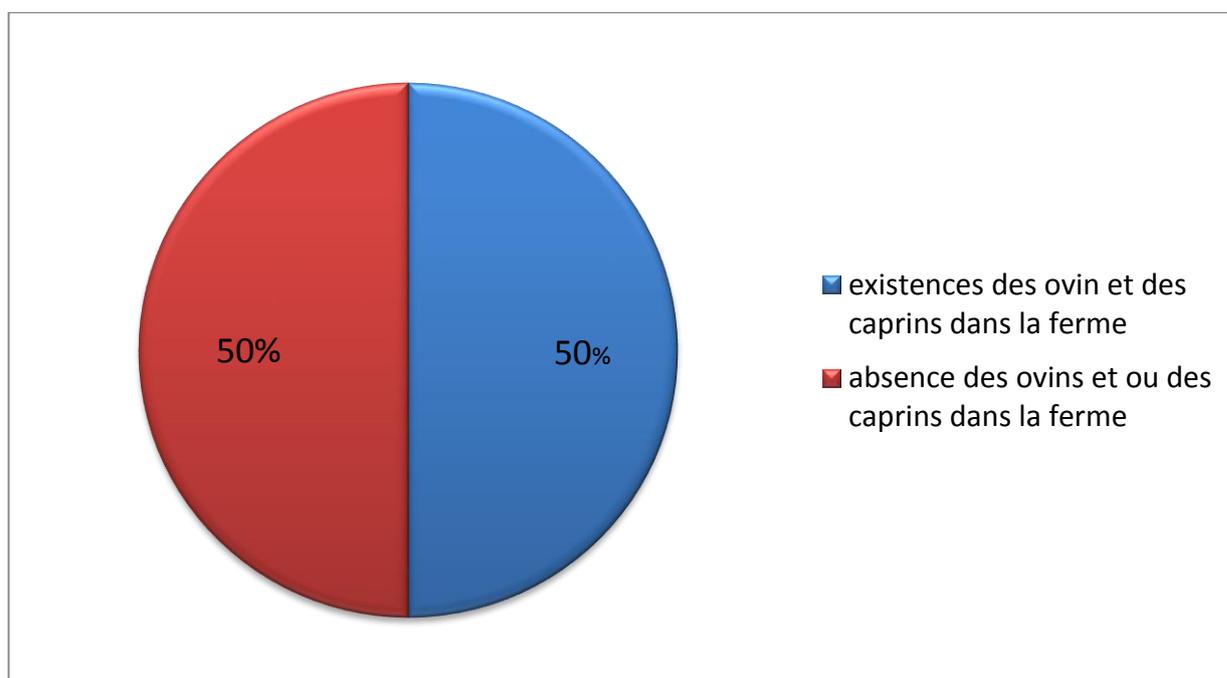


Figure 27 : Répartition des élevages touchés par la fièvre aphteuse à Oum El Bouaghi selon l'existence ou l'absence des petits ruminants.

L'étude descriptive des élevages infectés par la fièvre aphteuse montrent que 50% d'entre eux possèdent des petits ruminants (ovins et /ou caprins) et l'autre moitié n'ont pas ce type d'animaux (figure 27). Où les petits ruminants sont considérés comme des introducteurs du virus aphteux suite à leur expression discrète des signes cliniques de la maladie. Ce qui indique d'une manière indirecte que les petits ruminants ne sont pas la cause d'introduction de la maladie dans ces élevages infectés.

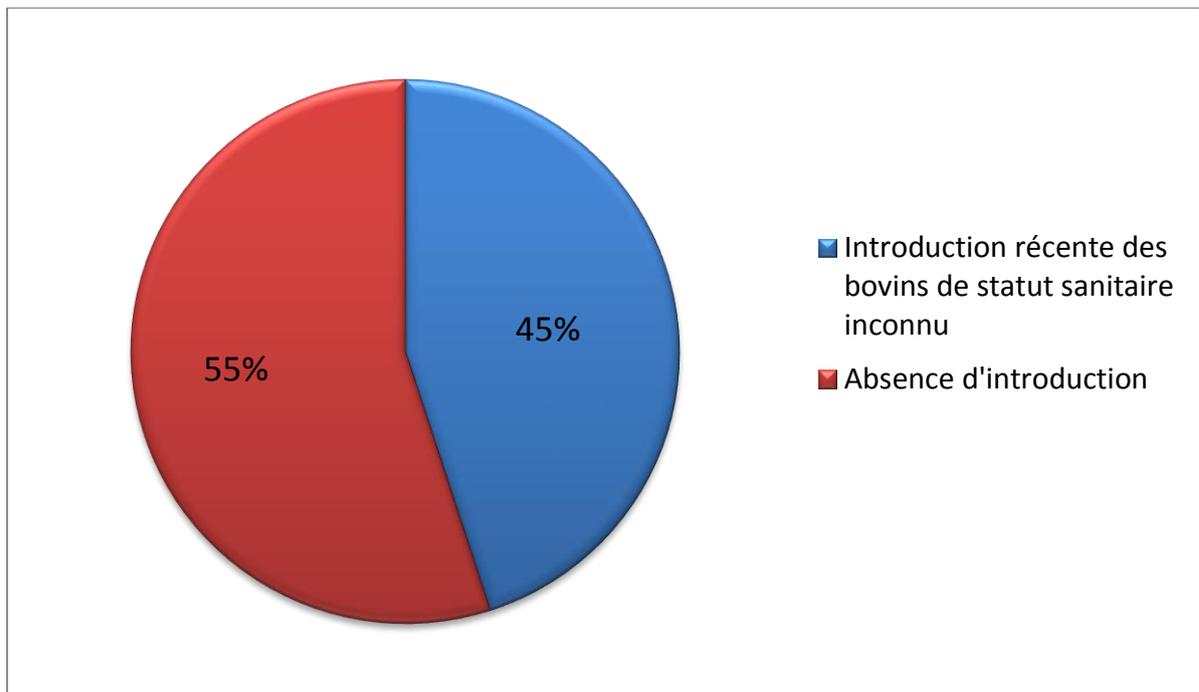


Figure 28 : Répartition des élevages touchés par la fièvre aphteuse en fonction de l'introduction récente des animaux dans la ferme

Une grande fraction des élevages où la fièvre aphteuse a été répondeur introduit des animaux de statut sanitaire inconnu (45%), pour la substitution de leurs cheptels ou pour une raison d'insémination naturelle (figure 28). Ce qui constitue un risque d'introduction du virus par des animaux porteurs avant l'expression des signes cliniques (excrétion durant la période d'incubation). L'incrimination de ce facteur est fortement supposée le temps qu'on a su que 04 élevages parmi ceux qui ont contracté la fièvre aphteuse avaient des animaux présentant les signes de la maladie durant la semaine qui suit l'introduction des nouveaux animaux.

Partie pratique

- **Le déplacement du personnel**

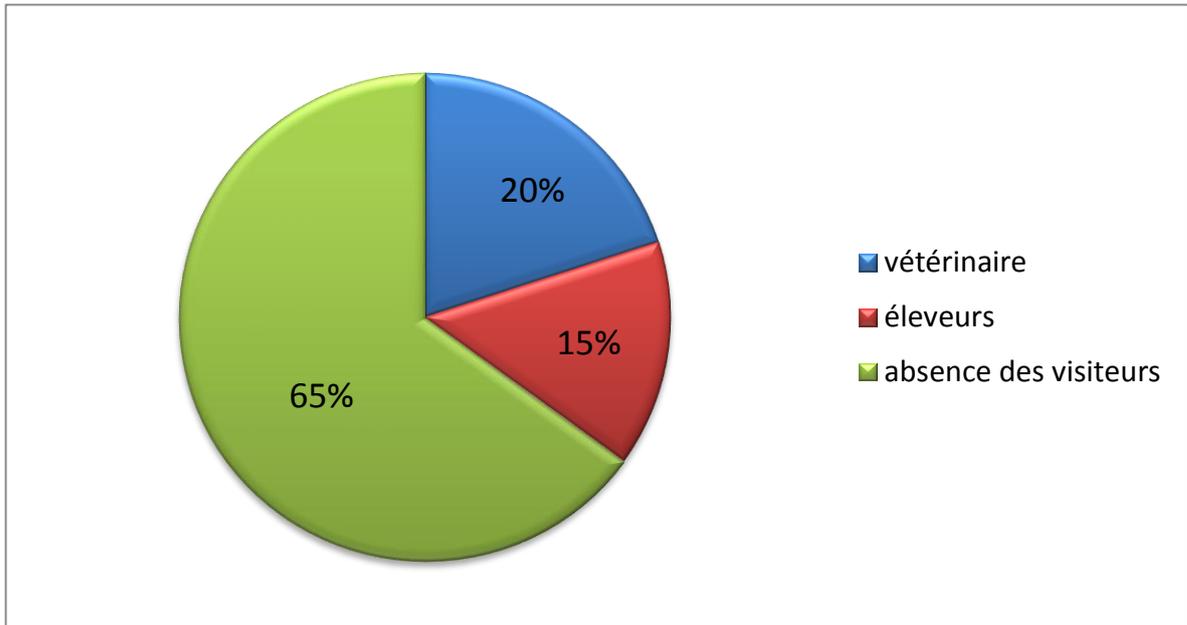


Figure 29 : Les personnes qui ont visité les fermes infectées par la fièvre aphteuse dans la période de risque.

L'introduction du virus aphteux dans les fermes est possible par les vecteurs mécaniques vivants comme l'éleveur, les fonctionnaires d'autres fermes, les maquignons et les vétérinaires. Dans cette étude seules 35 % des fermes ont été visité par des personnes étrangères (20% des vétérinaires et 15% des éleveurs) (figure 29), malgré ce pourcentage réduit le risque de dissémination existe autant que ces personnes peuvent visiter plusieurs fermes dans le même jour et ne prennent aucune mesure de prévention par le changement et la désinfection des vêtements (le virus aphteux peut être transporté par les bottes et les vêtements).

Partie pratique

- **Le déplacement des véhicules**

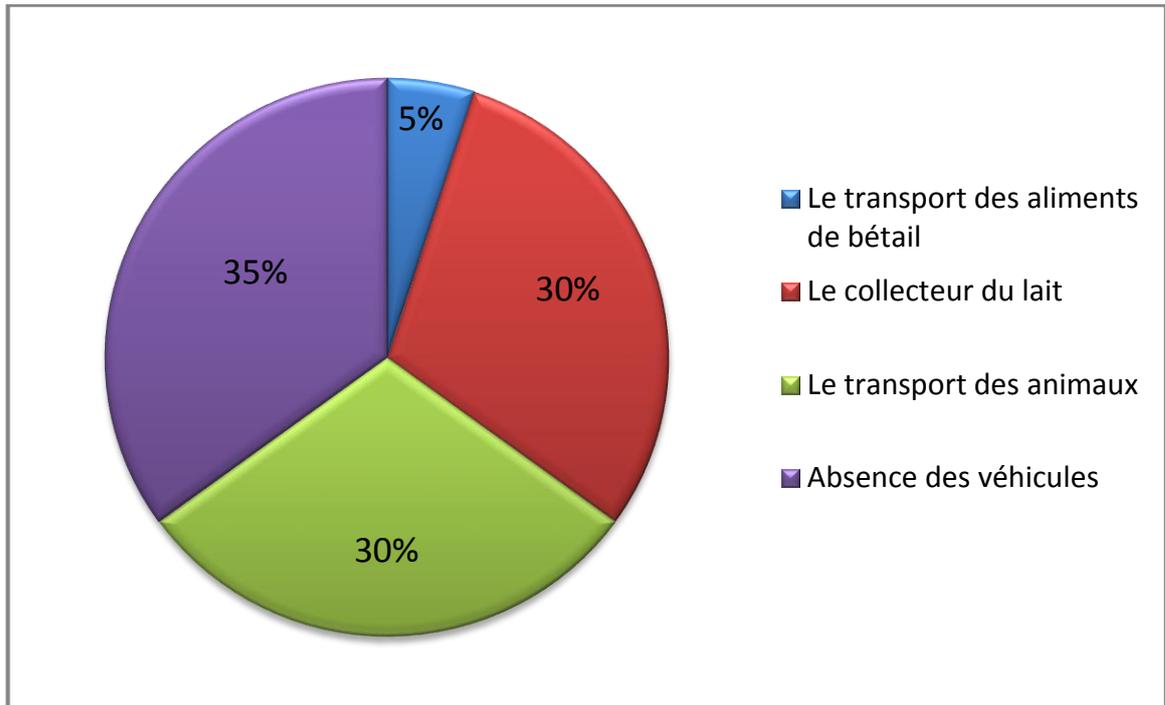


Figure 30: Les véhicules qui ont visité les fermes touchées par la fièvre aphteuse.

L'introduction et la dissémination de la fièvre aphteuse dans les élevages peut se faire par les roues des véhicules de transport. Les résultats de la présente enquête montre que les deux tiers des élevages (65%) déclarés infectés par la fièvre aphteuse ont été visités par des véhicules (5% visités par des camions qui transportent l'aliment de bétail, 30% ont été visités par le collecteur du lait, et 30% ont été visités par les camions de ventes des animaux), et seul 35% ne sont pas visités par des véhicules (figure30). Ces résultats sont apparus liés aux pratiques d'élevage (type de production).

Partie pratique

- **La localisation et le fonctionnement de la ferme**

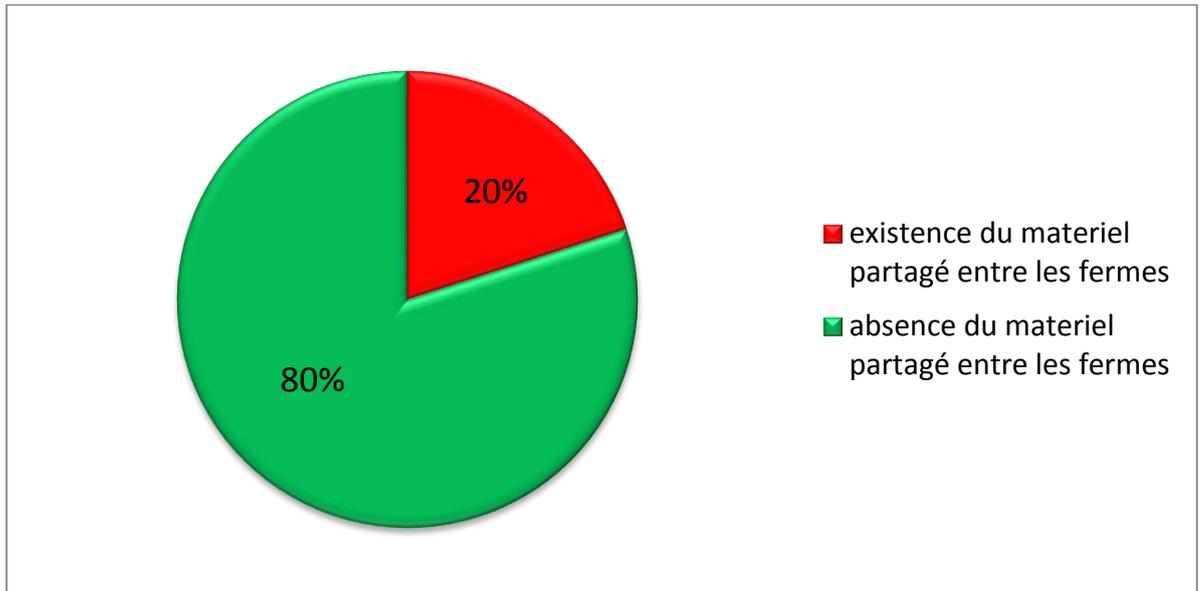


Figure 31 : Répartition des élevages touchés par la fièvre aphteuse en fonction de l'existence du matériel partagé entre les fermes

Le matériel utilisé dans la ferme (matériel du nettoyage, de la traite, etc...) peut être un véhicule du virus entre les élevages, et participe à la dissémination de la fièvre aphteuse. Ce type de facteur existe dans 20% des foyers, qui sont des élevages proches et de la même famille (les foyers d'Ouled Zouai).

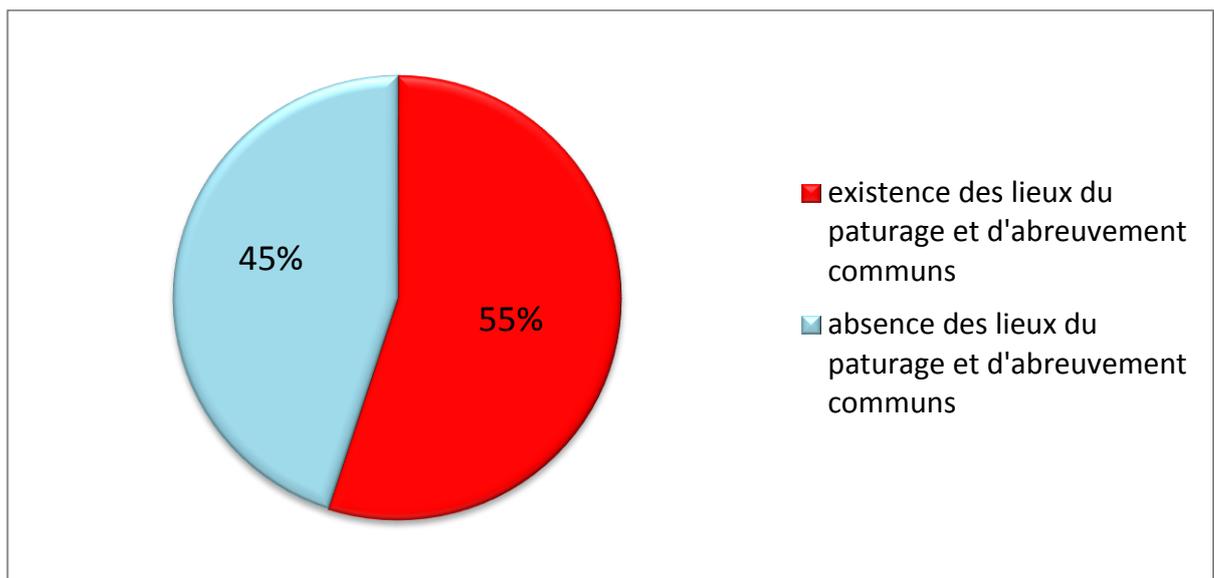


Figure 32 : Répartition des élevages touchés par la fièvre aphteuse en fonction de l'existence des lieux du pâturage et d'abreuvement communs

Partie pratique

Les lieux de pâturages et d'abreuvement communs comme les rivières, les oueds et les jachères sont considérés comme lieux d'excrétion et de dissémination du virus surtout en cas de localisation buccale après éclatement des aphtes de la langue et de la gencive, et surtout lorsque le nombre des élevages partageant le même pâturage est important (55%) (Figure 32).

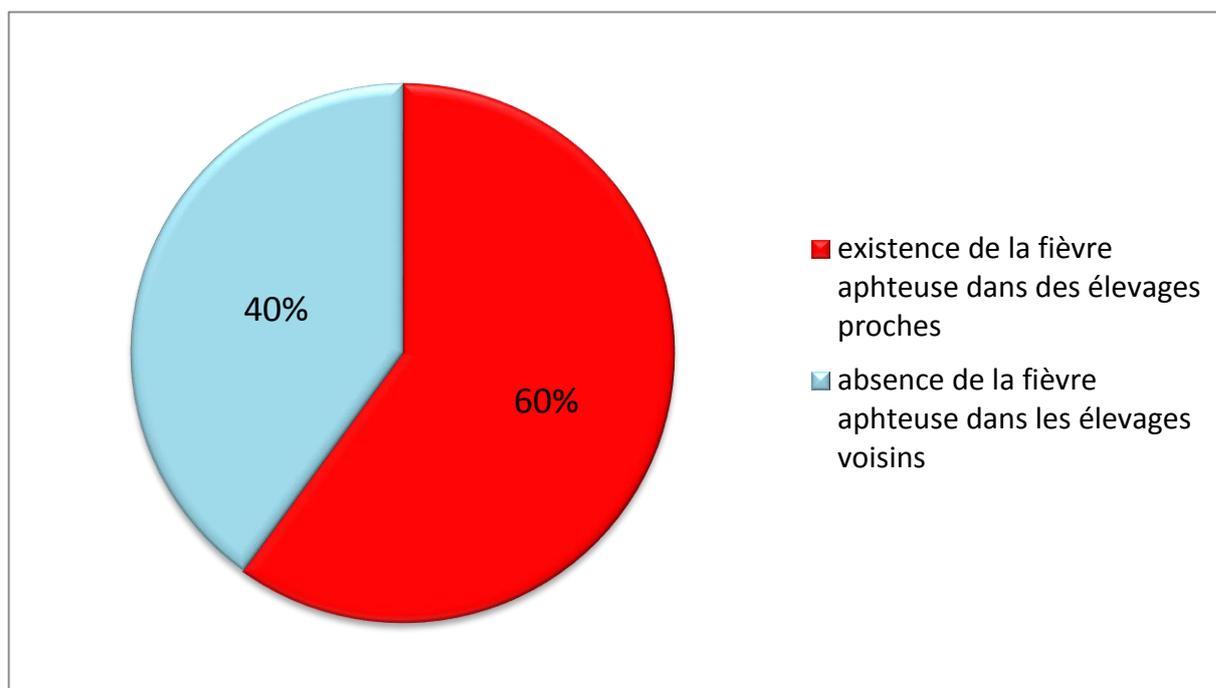


Figure 33 : Répartition des élevages touchés par la fièvre aphteuse en fonction de l'existence ou l'absence de la maladie aux alentours des fermes

L'existence de la fièvre aphteuse dans des élevages proches des fermes indemnes constitue un facteur de risque très important vu que la transmission aérienne à courte distance est possible dans cette région (selon les données climatiques), et les résultats (figure 33) montre que 60% des élevages touchés par la fièvre aphteuse dans la wilaya d'Oum El Bouaghi ont des élevages infectés à une distance qui ne dépasse pas un kilomètre.

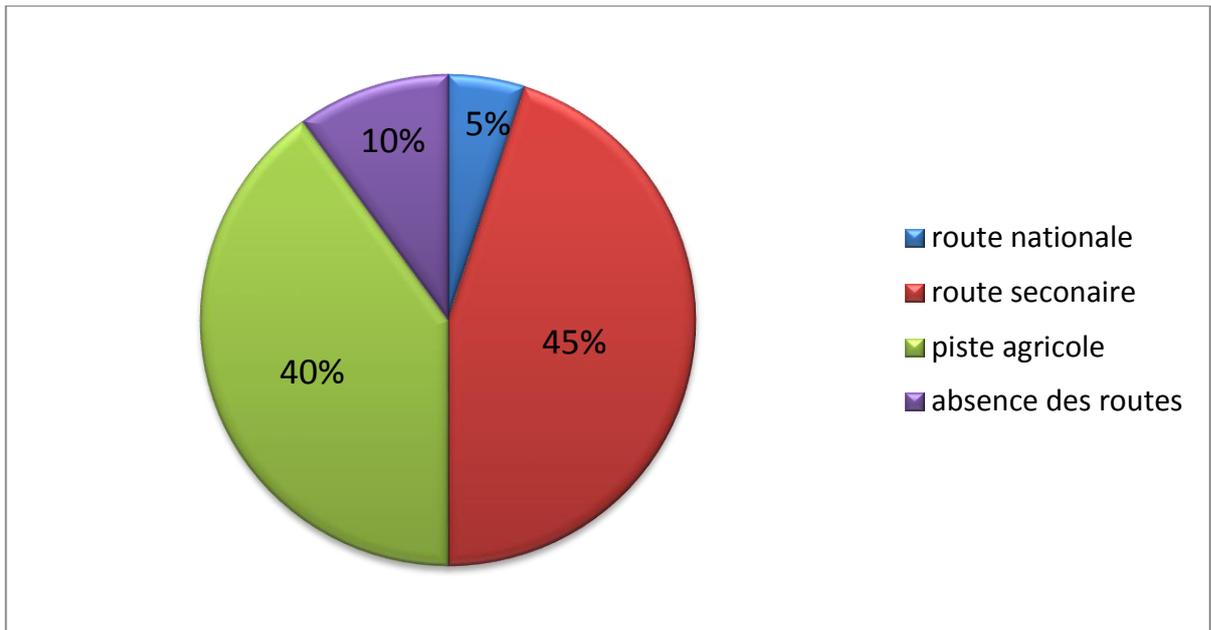


Figure 34 : Répartition des élevages touchés par la fièvre aphteuse en fonction du type de routes avoisinantes

Le transport routier des animaux porteurs du virus constitue un risque de dissémination de la fièvre aphteuse notamment avec l'existence d'excrétion par voie respiratoire, le risque augmente pour les routes principales où la circulation des véhicules est très importante (5% route nationale, 45% route secondaire), ou le cas des pistes agricoles présentes dans 40% des foyers, et qui sont utilisées surtout par des véhicules agricoles (figure 34).



Figure 35: Le foyer d'Ain Kercha très proche de la route nationale (RN 100).

Partie pratique

- **Les facteurs protecteurs**

Les facteurs protecteurs sont des précautions utilisées d'une manière systématique pour éviter l'introduction d'un agent pathogène dans les élevages, ils sont en nombre de deux :

1. La prophylaxie médicale par l'immunisation active des animaux par l'utilisation des vaccins.

2. Sanitaire par la mise en quarantaine des animaux nouvellement introduits, et l'utilisation des rotoluves et des pédiluves pour éviter l'introduction du germe par les véhicules et ou par les personnes ou la construction des clôtures autour de leurs bâtiments d'élevages.

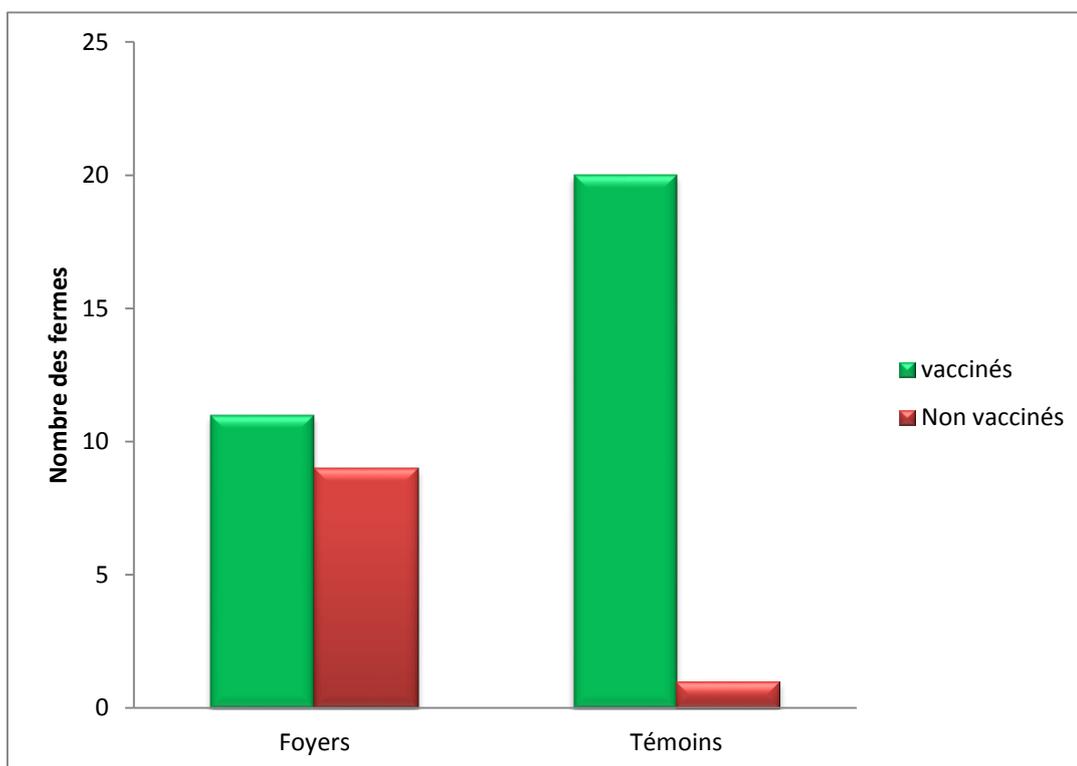


Figure 36 : Répartition des fermes enquêtées en fonction de la vaccination contre la fièvre aphteuse dans les 6 derniers mois.

Les facteurs de protection consistent à une vaccination contre la fièvre aphteuse par des vaccins correspondants à la souche virale circulante comme le cas d'épizootie 2014 où le vaccin utilisé est bivalent A et O (figure 37), où on a constaté que 95% des cheptels témoins sont vaccinés ce qui explique l'absence de la maladie. 45% des élevages touchés ne sont pas vaccinés et 55% des élevages foyers sont vaccinés et contractés la maladie ce qui révèle un taux d'échec vaccinal élevé qui peut être lié à une mauvaise conservation des vaccins avant leurs utilisations ou à une réponse immunitaire insuffisante (figure 36).



Figure 37 : Les vaccins utilisés pour la vaccination des bovins contre la fièvre aphteuse en Algérie 2014

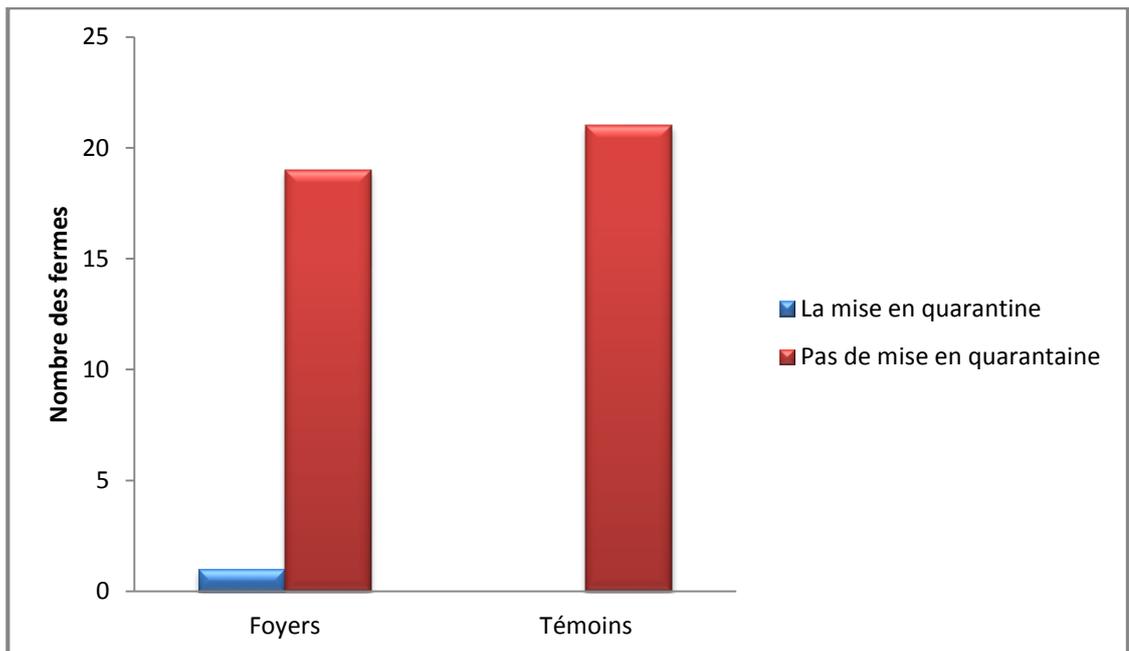


Figure 38 : La mise en quarantaine des animaux nouvellement introduits dans les élevages enquêtés (infectés et sain)

La mise en quarantaine est considérée comme l'une des mesures sanitaires les plus efficaces dans la lutte contre les maladies, mais elle n'est pas pratiquée par la plupart des éleveurs (figure 38), le manque de pratique de quarantaine est dû à l'ignorance ou à la mauvaise appréciation de son rôle de protection, et même celui qui pratique ce genre de mesure minimise sa durée à une semaine (la durée déterminée par les maquignons des vices rédhibitoires).

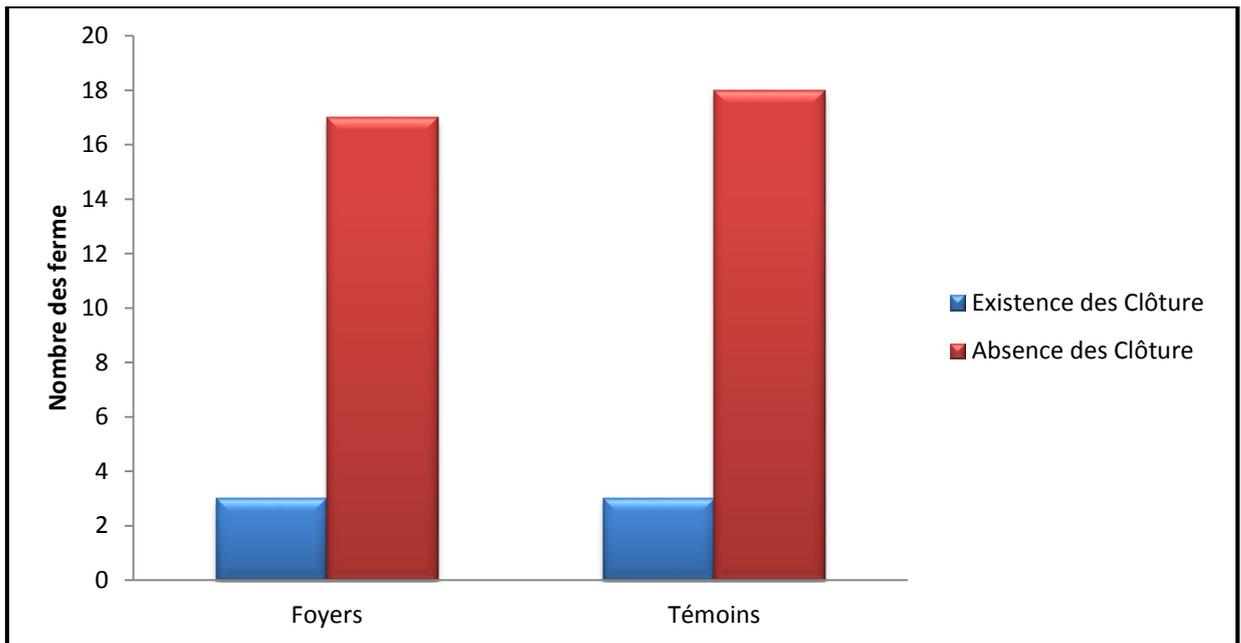


Figure 39: État sanitaire des fermes en fonction de l'existence de clôture

La clôture ouverte, malgré qu'elle présente un moyen peu efficace contre les maladies à transmission aérienne mais elle minimise le risque de contacts avec d'autres animaux venant de l'extérieur, elle n'est utilisée que par 6 élevages parmi les élevages enquêtés (figure 39).



Figure 40 : Clôtures à Ain M'Lila et à Oum El Bouaghi

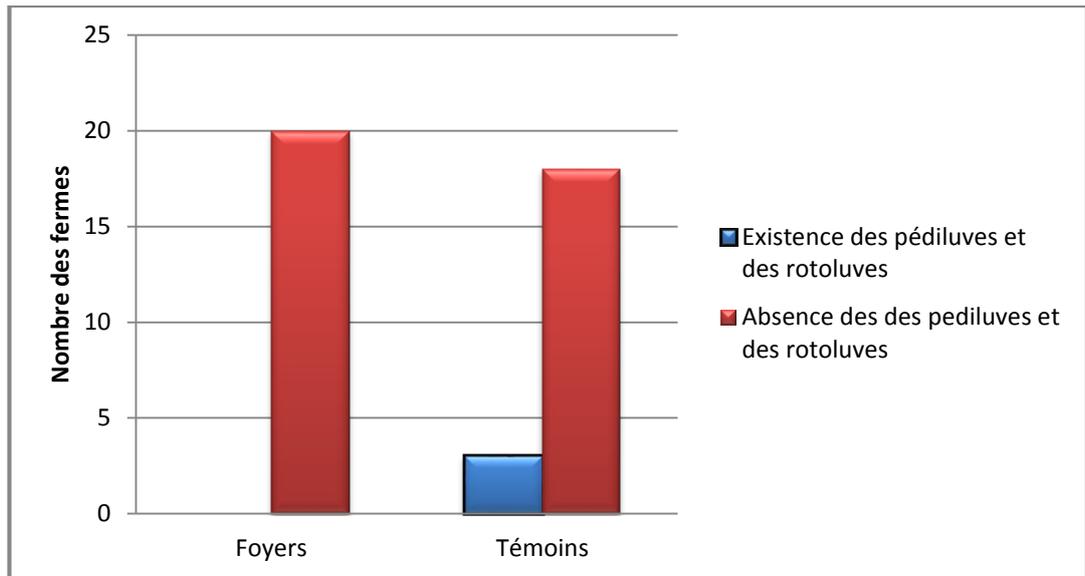


Figure 41: Rotoluve et ou pédiluves à l'entrée des bâtiments dans les fermes enquêtées (infectées par la fièvre aphteuse, et saines)

Les rotoluves et les pédiluves sont carrément absents dans les élevages déclarés infectés, tandis que dans les élevages non infectés, ils existent dans 02 élevages seulement parmi les élevages choisis comme témoins (figure 41). Ce qui représente un faible pourcentage environ 5% pour une mesure sanitaire primordiale.



Figure 42 : Absence de pédiluve a l'entrée d'une exploitation d'engraissement qui a été infectée à F'kirina.

- **Les facteurs associés aux exploitations**

Les facteurs associés sont liés principalement aux personnels que ce soit les propriétaires ou les vachers. Le niveau d’instruction et l’ancienneté dans les pratiques d’élevage peuvent avoir une influence sur les méthodes de protection contre les maladies.

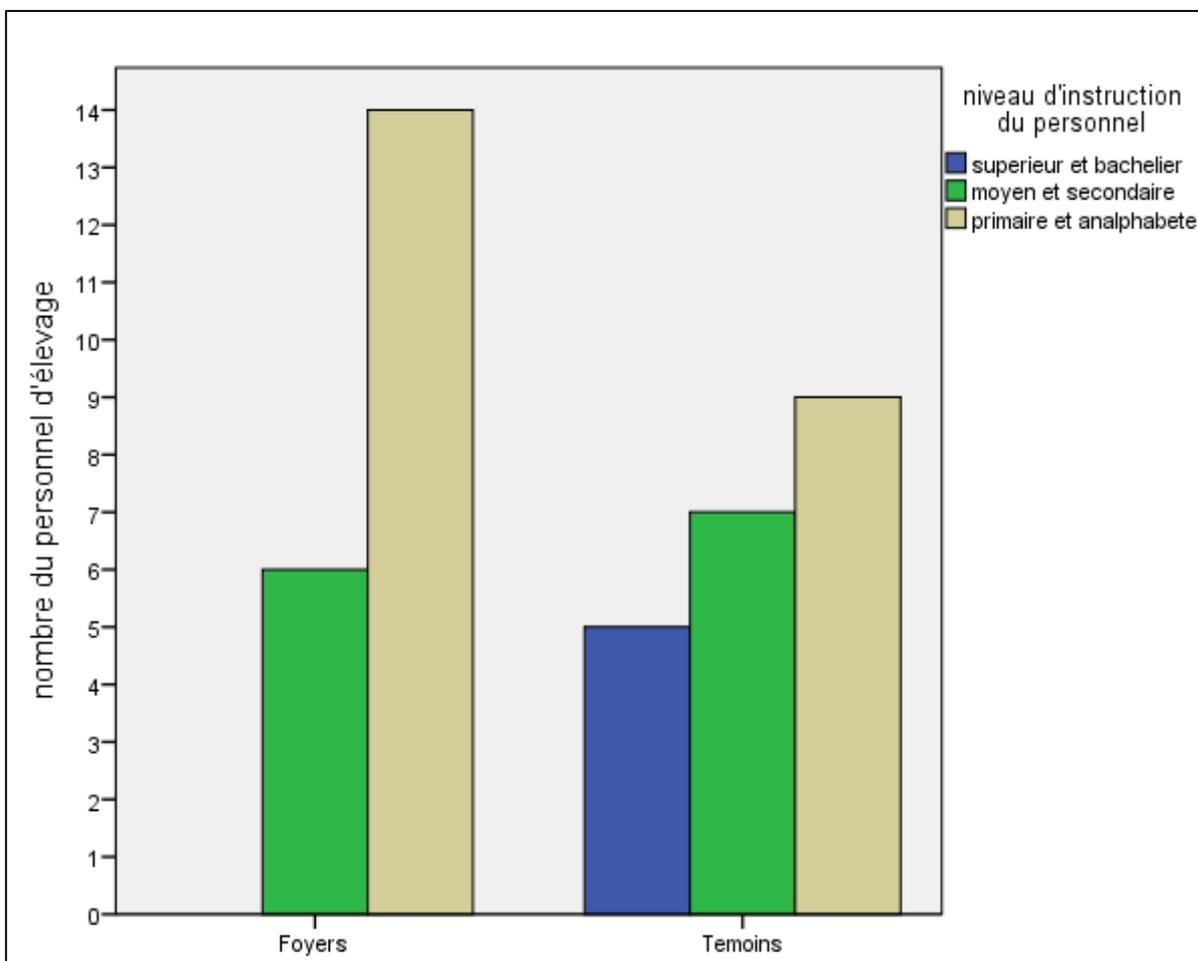


Figure 43 : Relation entre l’existence de la fièvre aphteuse et le niveau instructif du propriétaire de l’élevage

Le niveau instructif joue un rôle dans la compréhension et la gestion des situations sanitaires, aussi dans la protection des élevages contre les maladies. On a constaté que les propriétaires des élevages infectés par la fièvre aphteuse sont considérés comme non ou mal instruits, où la fraction la plus importante est constituée par les analphabètes et qui ont un niveau primaire d’étude (70%), et l’absence totale de la catégorie des propriétaires instruits (niveau supérieur et bachelier) (figure 43), ce qui montre une association possible entre le niveau d’instruction et les bonnes pratiques d’élevage.

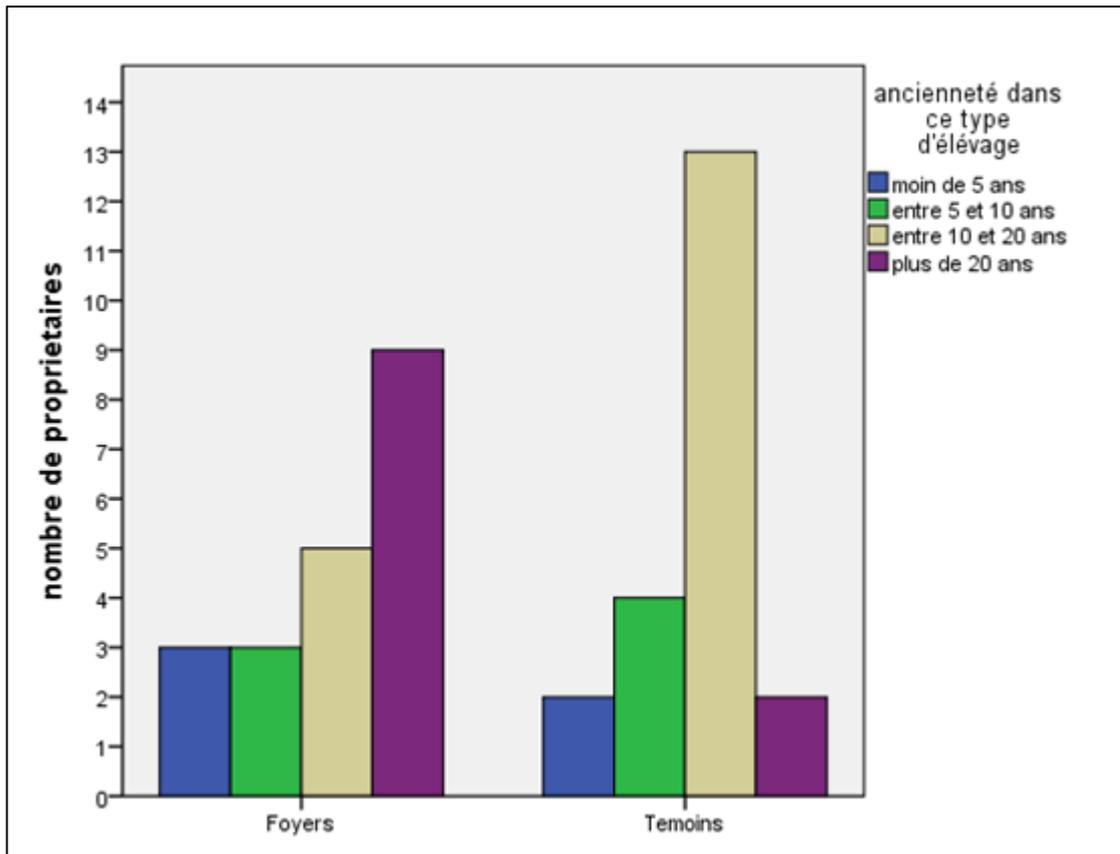


Figure 44 : Relation entre l'existence de la fièvre aphteuse et l'ancienneté du propriétaire dans ce type d'élevage

La figure ci-dessus montre que la catégorie des personnes qui ont une ancienneté entre 10 à 20 ans a fortement influencé l'absence de la maladie qui peut coïncider avec une pratique d'élevage basée sur les connaissances cumulé et la formation professionnelle, tandis que les connaissances pratiques seules n'aboutis pas à des résultats escomptés et ceci est montré à travers la catégorie (plus de 20 ans d'ancienneté) qui a contracté plus de maladie que les autres catégories (figure44).

5.2 RESULTATS ANALYTIQUES : sont illustrés dans le tableau 10

Tableau 10 : Tableau récapitulatif des résultats analytiques univariés

Facteurs	% des élevages positifs pour la FA	Odds ratio (rapport de cote)	intervalle de confiance a 95%	p value *
fonction principal éleveur	65%	0,7429	0,1986 à 2,779	0,658
fonction principal maquignon	35%			
mode d'élevage semi intensif	46,87 %	0,7059	0,1596 à 3,1223	0,645
mode d'élevage intensif	55,55%	1,4167	0,3203 à 6,2663	
production lait	30 %	0,2143	0,0573 à 0,8008	0,054
production viande	60 %	1,8214	0,4275 à 7,7611	
mixte	72,72%	4	0,8795 à 18,1921	
existence des animaux sensibles dans la ferme	52,53%	1,3333	0,3893 à 4,5661	0,64
absence des animaux sensible	45,45%	1		
introduction des animaux du statu immunitaire inconnu	69,23%	3,4773	0,8567 à 14,1134	0,07
pas d'introduction des animaux	39,28%	1		
déplacement des personnes dans la ferme	53,84%	1,3462	0,3598 à 5,0359	0,658
pas de déplacement des personnes dans la ferme	46,42%	1		
déplacement des vétérinaires	50%	1,0588	0,1873 à 5,9855	0,658
déplacement des éleveurs	57,14%	1,5	0,2905 à 7,7442	
déplacement des véhicules dans la ferme	44,82%	0,7429	0,1986 à 2,779	0,431
pas de déplacement des véhicules dans la ferme	58,33%	1		
le collecteur	30%	0,1714	0,0446 à 1,6585	0,431
camion d'aliment	/	/	/	
camion de vente des animaux	0	8,5714	0,9268 à 79,275	
matériel partagé	80%	5	0,5074 à	0,136
pas de matériel partagé	44,44%	1	49,2678	
pâturages communs	73,33%	5,1944	1,2798 à 21,083	0,017*
pas de pâturages communs	34,61%	1		
existence de la maladie aux alentours de la ferme	52,17%	1,3636	0,3952 à 4,7048	0,623
pas de maladie aux alentours de la ferme	44,44%	1		
route nationale	25%	0,3158	0,03 à 3,322	0,219
secondaire	69,23%	3,4773	0,8567 à 14,1134	

Partie pratique

piste	38,09%	0,4103	0,1169 à 1,4397	
existence des routes au voisinage de la ferme	47,36%	0,45	0,0376 à 5,3926	
pas des routes au voisinage de la ferme	66,66%	1		
fait la vaccination contre la FA	35,48%	0,0611	0,0068 à 0,5477	0,03*
n'ont pas fait la vaccination contre la FA	90%			
mise en quarantaine		/	/	0,30
existence de rotoluve et pédiluve		/	/	0,157
existence de clôture autour de la ferme	50%	1,0588	0,1873 à 5,9855	0,94
pas de clôture autour de la ferme	48,57%			
Niveau primaire et analphabète		3,1111	0,8572 à 11,2912	0,046
Niveau moyenne et secondaire		0,8571	0,2294 à 3,2031	0,046
Niveau bachelier et supérieur		/	/	0,046
Anc moins de 5 ans		1,6765	0,2495 à 11,2663	0,040
Anc entre 5 et 10 ans		0,75	0,1453 à 3,8703	0,040
Anc entre 10 et 20ans		0,2051	0,0536 à 0,7847	0,040*
Anc plus de 20 ans		7,7727	1,4162 à 42,6611	0,040*

*** : les valeurs acceptables de P (inférieur à 5 %)**

Après l'analyse statistique par le logiciel SPSS les calculs de l'Odds Ratio (OR) et pour savoir s'il est significatif ou non, on a estimé son intervalle de confiance(IC). Si l'intervalle de confiance contient la valeur de 1, il n'est pas significatif.

Si l'intervalle de confiance ne contient pas le 1. Il y a deux possibilités :

- IC de l'OR >1 la variable étudiée est un facteur de risque
- IC de l'OR <1 donc la variable étudiée est un facteur de protection

Les résultats analytiques (tableau 10) montrent que le pâturage commun constitue le facteur de risque le plus probable dans la transmission de la fièvre aphteuse entre les élevages avec un Odds ratio de 5,1944, dans un intervalle de confiance estimé entre 1,2798 et 21,083; et la vaccination des bovins un facteur protecteur contre l'infection par ce virus avec un Odds ratio de 0,0611 et un intervalle de confiance estimé entre 0,0068 à 0,5477 ; et l'ancienneté dans la pratique d'élevage avec deux catégories opposées, la première entre 10 et 20 ans intercale comme facteur protecteur avec un Odds ratio de 0,2051 et un intervalle de confiance entre 0,0536 et 0,7847 et la deuxième plus de 20 ans comme facteur de risque avec un Odds ratio de 7,7727 et un intervalle de confiance entre 1,4162 et 42,6611 .

6. DISCUSSION

La présente étude cas-témoins a été menée pour déterminer les facteurs de risque associés à la transmission de la fièvre aphteuse entre les fermes au cours de l'épizootie de l'Algérie en 2014, elle a été réalisée dans la wilaya d'Oum El Bouaghi.

La région d'étude est une zone caractérisée par un cheptel bovin en perpétuelle évolution d'une année à l'autre accentué par les différentes campagnes d'information et de vulgarisation, ainsi que le soutien et le suivi de la part des structures concernées du ministère de l'agriculture et du développement rural, ce cheptel est caractérisé aussi par la répartition non homogène de ces troupeaux qui est due essentiellement à la nature et les capacités de production de chaque région.

Aussi elle est caractérisée par un climat favorable à la survie du virus de la fièvre aphteuse où la température moyenne est inférieure à 30° C durant la période de survenue de la maladie, aussi une faible vitesse du vent favorable à sa transmission par voie aérienne (Alexandersen *et al*, 2003; Schijven *et al*, 2005), cette transmission est possible à de courtes distances. La transmission du virus à de longues distances est limitée par le taux d'humidité inférieur au seuil minimal (55%) (Alexandersen et Mowat, 2005).

La fièvre aphteuse se propage rapidement dans la région où la densité des animaux est très élevée (Muroga *et al*, 2012) ce qui n'est pas le cas dans notre étude où la maladie a touché plus d'élevages dans des daïras de faible densité mais caractérisé par des élevages regroupés (06 foyers, 05 foyers et 02 foyers), dont la distance sépare entre les foyers les plus éloignés de chaque groupe ne dépasse pas un kilomètre. La transmission aérienne peut être influencée par les distances longues parcourues par les véhicules de transport des animaux vers les abattoirs et/ou vers les marchés à bestiaux à travers des routes nationale ou secondaire (Hamoonga, 2014; Jemberu *et al*, 2015), ce qui n'est pas le cas dans la présente étude où la daïra de Ain M'Lila (le lieu d'abattage des animaux provient de 14 foyers dans la wilaya) elle ne compte que 02 foyers, et l'étude analytique n'a pas montrée l'association entre la fièvre aphteuse et le transport routier des animaux.

La transmission directe par contact peut survenir lorsque les élevages pratiquant le mode semi-intensif utilisent des pâturages communs avec un ou plusieurs troupeaux où le contact étroit conduit à la transmission de la maladie (Donaldson *et al*, 1987), en concordance avec les résultats de la présente étude dont l'analyse statistique montre l'association entre l'existence de la fièvre aphteuse et la pratique du pâturage collectif dans 55% des élevages infectés.

Partie pratique

La cohabitation des bovins avec des animaux sensibles (ovins et caprins) peut entraîner une contamination surtout que les petits ruminants ont des symptômes discrets dans l'expression de la fièvre aphteuse (Alexandersen et *al*, 2003), ce qui n'est pas montré dans cette étude où il n'y a pas de différence entre les élevages qui ont des petits ruminants et qui n'ont pas ce type d'élevages chez les fermes déclarées infectées. Aussi l'introduction des animaux de statut sanitaire inconnu (statut vaccinal inconnu, absence des signes cliniques) peut être considéré comme un facteur de risque, à cause de l'existence d'excrétion virale durant la période d'incubation (Brown, 2004; Orsel et *al*, 2009). L'étude descriptive et les réalités du terrain ont montré que parmi les élevages déclarés infectés une large fraction a introduit des animaux avant qu'ils soient déclarés infectés, c'est le cas dans 04 élevages parmi eux où les premiers symptômes de la maladie sont vus sur les animaux nouvellement introduits.

Les mouvements des personnes et des véhicules sont des voies importantes d'introduction du virus de la fièvre aphteuse (Bouma et *al*, 2003, Suttmoller et *al*, 2003, Wee et *al*, 2008), et le partage du matériel utilisé dans les fermes peut servir d'un support mécanique pour la transmission du virus entre les fermes (Binti Senawi, 2012), mais ils s'avèrent non significatifs dans l'étude statistique.

La vaccination constitue la méthode de contrôle la plus efficace contre les flambées aphteuses, surtout lorsqu'elle est pratiquée par des vaccins fabriqués à partir des souches circulantes, sinon l'animal vacciné envers un sérotype de virus peut présenter dans la même période un tableau clinique de FA, dû à un autre sous-type du même sérotype ou un autre sérotype viral (Houndjè et *al*, 2013). Ça est bien exprimé dans notre étude où les élevages vaccinés dans les 06 mois précédents l'épizootie n'ont pas contracté la fièvre aphteuse.

Les méthodes de contrôle sanitaire comme la mise en quarantaine et la construction des clôtures et l'utilisation des rotoluves et ou pédiluves, malgré leur importance, comme actions menées pour contrôler les mouvements des animaux, et éviter le contact entre les animaux domestiques et les animaux sauvages (le cas des clôtures) (HOUNDJÈ et *al*, 2013), restent peu ou pas pratiquées.

Concernant le niveau instructif et l'ancienneté dans l'élevage les résultats descriptifs ont montré l'absence de la catégorie des éleveurs instruits (bachelier, niveau supérieur) parmi les élevages infectés, ce qui indique l'effet du niveau d'instruction comme facteur protecteur, malgré l'étude analytique ne montre pas cette association, contrairement à l'ancienneté dans l'élevage qui s'avère avoir une association dans deux catégories opposées, l'une joue le rôle d'un

Partie pratique

facteur protecteur (entre 10 et 20 ans), et la deuxième un facteur de risque (plus de 20 ans), qui peuvent avoir une relation avec la connaissance des facteurs de risque et de protection où seules les connaissances cumulées (l'expérience) ne suffisent pas à la protection contre cette maladie.

CONCLUSION

Une étude cas-témoins a été menée pour étudier les facteurs de risques associés à la transmission de la fièvre aphteuse entre les fermes pendant l'épidémie algérienne de 2014 dans la wilaya d'Oum El Bouaghi, les résultats descriptifs ont montré que le climat de la wilaya est favorable à la transmission du virus aphteux même à des courtes distances, la répartition anarchique de l'élevages bovins contrôlés par la nature de la région, et la culture de la population, engendre un aspect d'agglomération (regroupement d'élevages) et des pratiques d'élevages (pâturage, partage du matériel et introduction des animaux sans mise en quarantaine) favorisent la transmission de la maladie.

Les méthodes de lutte sanitaire comme la quarantaine, construction des clôtures, le pédiluve et les rotoluves sont rarement pratiqué. La vaccination constitue la seule méthode de lutte efficace pratiquée.

La capacité intellectuelle des éleveurs ou les propriétaires joue un rôle non négligeable, qui peut faire face à ce fléau par l'éducation des bonnes pratiques d'élevage (instruction) avec l'expérience acquise avec le temps (les connaissances cumulées).

L'étude analytique montre que le rôle du pâturage partagé entre plusieurs exploitations et l'ancienneté plus de 20 ans comme facteurs de risque de transmission de la fièvre aphteuse entre les élevages, et la vaccination et l'ancienneté entre 10 et 20 ans comme facteurs protecteurs.

RECOMMANDATIONS.

- ✱ L'utilisation des différents supports médiatiques dans les campagnes de sensibilisation et de vulgarisation.
- ✱ Créer des ateliers de formation des éleveurs et des vachers en coopération avec le ministère de la formation professionnelle.
- ✱ Les aides étatiques visent les régions à vocation de céréaliculture afin de limiter le chômage et éviter l'exode rural.
- ✱ Créer la motivation, l'initiative et l'esprit de concurrence entre les jeunes éleveurs dans la transparence et la crédibilité.
- ✱ Faciliter et accentuer les contacts entre les acteurs administratifs et les acteurs du terrain (vétérinaires praticiens, les techniciens d'élevage et les éleveurs), pour une meilleure circulation des informations.
- ✱ Favoriser la confiance entre les propriétaires et les acteurs du secteur étatique du ministère de l'agriculture et de développement rural dans le cadre de lutte collective contre les maladies à déclaration obligatoire.
- ✱ La sensibilisation doit viser les responsables, les vétérinaires et les éleveurs de l'intérêt de la vaccination comme moyen de contrôle et de lutte contre la fièvre aphteuse en Algérie.
- ✱ La lutte contre la fièvre aphteuse doit se faire à l'échelle régionale et non seulement nationale le temps que les dernières épizooties propagent toute la région du Maghreb arabe.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ABD EL WAHED, A., A. EL-DEEB, M. EL-THOLOTH, H. ABD EL KADER, A. AHMED, S. HASSAN, B. HOFFMANN, B. HAAS, M. A. SHALABY, F. T. HUFERT, AND M. WEIDMANN, 2013: A portable reverse transcription recombinase polymerase amplification assay for rapid detection of foot-and-mouth disease virus. PLoS ONE 8, e71642. Africa, the Middle East and Southeast Asia. Rev. Sci. tech. Off. int. Epiz , 30 (1), 63-85
2. AGENCE NATIONALE DE DEVELOPPEMENT DE L'INVESTISSEMENT (ANDI), 2013. wilaya d'Oum El Bouaghi 15 p.
3. ALEXANDERSEN S. MOWAT N. 2005 Foot-and-Mouth Disease: Host Range and Pathogenesis Springer-Verlag CTMI (2005) 288:9—42
4. ALEXANDERSEN, S., OLEKSIEWICZ, M. B. AND DONALDSON, A. I. 2001. The early pathogenesis of 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
5. ALEXANDERSEN, S., ZHANG, Z., DONALDSON, A.I., 2002. Aspects of the persistence of foot-and-mouth disease virus in animals--the carrier problem. *Microbes Infect* 4, 1099-1110.
6. ALEXANDERSEN, S., ZHANG, Z., DONALDSON, A.I., GARLAND, A.J., 2003. The pathogenesis and diagnosis of foot-and-mouth disease. *J Comp Pathol* 129, 1-36.
7. AMARAL-DOEL C.M., OWEN N.E., FERRIS N.P., KITCHING R.P., DOEL T.R 1993. Detection of foot-and mouth disease viral sequences in clinical specimens and ethyleneimine-inactivated preparations by the polymerase chain reaction. *Vaccine*,11, 415-421
8. ANGOT JEAN-LUC, chef des services vétérinaires français et directeur général adjoint de l'alimentation dans un entretien LA LIRECn°44 - septembre 2014 disponible sur le site internet lirec@inhesj.com)
9. ARMSTRONG R.M., SAMUEL A.R., CARPENTER W.C., KANT R., KNOWLES N.J 1994. A comparative study of serological and biochemical methods for strain differentiation of foot-and mouth disease type A virus. *Vet. Microbial.* 39, 285-298.
10. ARZT, J., J. M. PACHECO, G. R. SMOLIGA, M. T. TUCKER, E. BISHOP, S. J. PAUSZEK, E. J. HARTWIG, T. DE LOS SANTOS, and L. L. RODRIGUEZ, 2014: Foot-and-mouth disease virus virulence in cattle is co-determined by viral replication dynamics and route of infection. *Virology*, 452–453, 12–22.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

11. ARZT, J., JULEFF, N., ZHANG, Z., RODRIGUEZ, L.L., 2011. The pathogenesis of foot-and mouth disease I: viral pathways in cattle. *Transbound. Emerg. Dis.* 58, 291–304.
12. BACHRACH, H. L. 1968. Foot-and-mouth disease. *Annu. Rev. Microbiol.* 22:201–244.
13. BARASA M., CATLEY A., MACHUCHU D., LAQUA H., PUOT E., TAP KOT D. & IKIROR D. (2008). Foot-and-Mouth Disease Vaccination in South Sudan: Benefit–Cost Analysis and Livelihoods Impact. *Transboundary and Emerging Diseases*, 55, 339–351.
14. BARNETT, P. V., D. W. GEALE, G. CLARKE, J. DAVIS, and T. R. KASARI, 2015: A review of OIE country status recovery using vaccinate- to-live versus vaccinate-to-die foot-and-mouth disease response policies i: benefits of higher potency vaccines and associated NSP diva test systems in post-outbreak surveillance. *Transbound. Emerg. Dis.* 62, 367–387.
15. BARTLEY, L.M., DONNELLY, C.A., ANDERSON, R.M., 2002. Review of foot-and-mouth disease virus survival in animal excretions and on fomites. *Vet Rec* 151, 667-669.
16. BASAGOUDANAVAR, S. H., M. HOSAMANI, R. P. TAMIL SELVAN, B. P. SREENIVASA, P. SARAVANAN, B. K. CHANDRASEKHAR SAGAR, and R. VENKATARAMANAN, 2013: Development of a liquid-phase blocking ELISA based on foot-and-mouth disease virus emptycapsid antigen for seromonitoring vaccinated animals. *Arch. Viral.* 158, 993–1001.
17. BAYISSA B., AYELET G., KYULE M., JIBRIL Y. & GELAYE E. (2011). Study on seroprevalence, risk factors, and economic impact of foot-and-mouth disease in Borena pastoral and agro-pastoral system, southern Ethiopia. *Tropical animal health and production*, 43 (4), 759-766.
18. BISWAL, J. K., S. JENA, J. K. MOHAPATRA, P. BISHT, and B. PATTNAIK, 2014: Detection of antibodies specific for foot-and mouth disease virus infection using indirect ELISA based on recombinant nonstructural protein 2B. *Arch. Viral.* 159, 1641–1650.
19. BOUGHALEM K., 2014. Dispositif de contrôle de la Fièvre Aphteuse Epizootie 2014 (Algérie) conférence REMESA_2014_Tunis_FMD_Algeria 25 diapos
20. BOUGHALEM, 2015.Fièvre Aphteuse (Algérie). Conférence REMESA Héaklion 2015 FMD Algeria 14 diapos.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

21. BOUGUEDOUR. R, 2009. Réseau Euro–Méditerranéen De Lutte Contre La Fievre Aphteuse *Vision du Maghreb*. 38th General Session of the Eu FMD – 28-30 April 2009. FAO, Rome diapos 5P.
22. BOUMA A, ELBERS AR, DEKKER A, DE KOEIJER A, BARTELS C, VELLEMA P, VAN DER WAL P, VAN ROOIJ EM, PLUIMERS FH, DE JONG MC 2003: The foot-and-mouth disease epidemic in The Netherlands in 2001. *Prev Vet Med* 2003, 57:155–166.
23. BOUMA, A., DEKKER, A., DE JONG, M.C., 2004. No foot-and-mouth disease virus transmission between individually housed calves. *Vet Microbiol* 98, 29-36.
24. BROCCHI, E., I. E. BERGMANN, A. DEKKER, D. J. PATON, D. J. SAMMIN, M. GREINER, S. GRAZIOLI, F. DE SIMONE, H. YADIN, B. HAAS, N. BULUT, V. MALIRAT, E. NEITZERT, N. GORIS, S. PARIDA, K. SØRENSEN, AND K. DE CLERCQ, 2006: Comparative evaluation of six ELISAs for the detection of antibodies to the non-structural proteins of foot-and-mouth disease virus. *Vaccine*, 24, 6966 6979.
25. BROWN, F., 2004. Foot and mouth disease current perspectives. *Horizon Bioscience* Norfolk, England
26. BRÜCKNER G.K. 2012; L'importance de la vaccination en fonction des espèces : le cas des petits ruminants Vers le contrôle de la fièvre aphteuse à l'échelle mondiale *Bull_-1-FRANÇAIS* 80 P.
27. CARLA BRAVO DE RUEDA, ALDO DEKKER, PHAEDRA L. EBLÉ, MART C.M. DE JONG., 2014 .Identification of factors associated with increased excretion of foot-and-mouth disease virus Central in *Preventive Veterinary Medicine* 113 p 23– 33).
28. CHARBONNIER GEORGETTE, MICHEL LAUNOIS., 2011, La fièvre aphteuse ou la maladie des pieds et de la bouche *LIVRE* édition CIRAD 130 P.
29. CHEN, H. T., J. ZHANG, Y. S. LIU, AND X. T. LIU, 2011: Detection of foot-and-mouth disease virus RNA by reverse transcription loop-mediated isothermal amplification. *Viral. J.* 8, 510.
30. CHEN, T. H., F. LEE, Y. L. LIN, C. H. PAN, C. N. SHIH, M. C. LEE, AND H. J. TSAI, 2013: Development of a Luminex assay for the detection of swine antibodies to non-structural proteins of foot-and-mouth disease virus. *J. Immunol. Methods* 396, 87–95.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

31. COLLINEAU LUCIE., 2015. Cartographie du risque de transmission de la fièvre aphteuse. Conférence sur L'Approche progressive de la lutte contre la Fièvre Aphteuse. Nouakchott, du 4 au 8 Mai 2015 21 diapos.
32. COUACY-HYMAN ET G.-L. APLOGAN, O. SANGARE, Z. COMPAORE, J. KARIMU, K.A. AWOUEME, A. SEINI, V. MARTIN & J.-F. VALARCHER 2006. Étude rétrospective de la fièvre aphteuse en Afrique de l'Ouest de 1970 à 2003 Revu. SCI. Tech. Off. Int. Epiz., P1013.
33. DANIEL L. GROOMS AND DARYL V. NYDAM, 2008. Blackwell's five-minute veterinary consult. Ruminant. 1st edition 2518 p.
34. DING, Y. Z., J. H. ZHOU, L. N. MA, Y. N. QI, G. WEI, J. ZHANG, AND Y. G. ZHANG, 2014: A reverse transcription loop-mediated isothermal amplification assay to rapidly diagnose foot-and mouth disease virus C. J. Vet. Sci. 15, 423–426.
35. DJAILEB ISMA DALILA 2015. ; Dispositif de surveillance et de lutte contre la Fièvre Aphteuse en Algérie Atelier sous régional/OIE « Epidémiologie et surveillance des maladies animales en Afrique du Nord et au Moyen Orient ». Tunis, les 1-2 Décembre 2015 P 38.
36. DJENNA.D., 2014. Point de situation sur la fièvre aphteuse Constantine 2014. dossier fièvre aphteuse 12p.
37. DOMENECH JOSEPH, BERNARD VALLAT ,2012., The fight against epizootics in the 21st Century C. R. Biologies 335 (2012) 356–369
38. DOMENECH JOSEPH, SUMPTION KEITH, AND LUBROTH JUAN, 2009.The global control of FMD challenges, opportunities and lessons learnt from the Global Rinderpest Eradication Campaign. OIE/FAO Global FMD Conference 2009 June 26th 2009 – Paraguay 67 diapos.
39. DOMINGO E., MATEU M. G., MARTÍNEZ M. A., DOPAZO J., MOYA A., SOBRINO F. - GENETIC VARIABILITY AND ANTIGENIC DIVERSITY OF FOOT-AND-MOUTH DISEASE VIRUS 1990. *In: Applied Virology Research*. E. Kurkstak, R. G. Marusyk, S. A. Murphy, M. H. V. Van- Regenmortel (Ed.), Plenum Publishing Co., New York, 233-266.
40. DONALDSON, A. I., FERRIS, N. P. AND GLOSTER, J. (1982). Air sampling of pigs infected with foot-and-mouth disease virus: comparison of Litton and cyclone samplers. *Research in Veterinary Science*, 33, 384–385

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

41. DONALDSON, A. I., AND R. F. SELLERS.2000. Foot-and-mouth disease, p. 254–258. In W. B. Martin and I. D. Aitken (ed.), Diseases of sheep. Blackwell Science, Oxford, United Kingdom.
42. DONALDSON, A.I., 1987. Investigations to determine the minimum aerosol doses of foot-and-mouth disease virus to infect sheep and cattle In, In: *Aerosols. Their generation, behavior and applications*, Loughborough University of Technology, 31st March-1st April 1987, pp. 121-123.
43. DONALDSON, A.I., 1997. Risks of spreading foot and mouth disease through milk and dairy products. *Rev Sci Tech* 16, 117-124.
44. DONALDSON, A.I., ALEXANDERSEN, S., SORENSEN, J.H., MIKKELSEN, T., 2001. Relative risks of the uncontrollable (airborne) spread of FMD by different species. *Vet Rec* 148, 602-604.
45. EBLE, P., DE KOEIJER, A., BOUMA, A., STEGEMAN, A., DEKKER, A., 2006. Quantification of within- and between-pen transmission of Foot-and-Mouth disease virus in pigs. *Vet Res* 37, 647-654.
46. ELNEKAVE, E., H. SHILO, B. GELMAN, AND E. KLEMENT, 2015: The longevity of anti NSP antibodies and the sensitivity of a 3ABC ELISA - A 3 years follow up of repeatedly vaccinated dairy cattle infected by foot and mouth disease virus. *Vet. Microbiol.* 178, 14–18.
47. FORMAN S., LE GALL F., BELTON D., EVANS B., FRANÇOIS J.L., MURRAY G., SHEESLEY D(2009). Moving towards the global control of foot and mouth disease: an opportunity for donors. *Rev. Sci. tech. Off. Int. Epiz.* 28 (3), 883-96.
48. GAO, M., R. ZHANG, M. LI, S. LI, Y. CAO, B. MA, AND J. WANG, 2012: An ELISA based on the repeated foot-and-mouth disease virus 3B epitope peptide can distinguish infected and vaccinated cattle. *Appl. Microbial. Biotechnology.* 93, 1271–1279.
49. GEERING, W. A. 1967. Foot and mouth disease in sheep. *Aust. Vet. J.* 43: 485–489.
50. GLOSTER, J., BLACKALL, J., SELLERS, R. F. AND DONALDSON, A. I. 1981. Forecasting the spread of foot-and-mouth disease. *Veterinary record*, 108, 370–374
51. GLOSTER, J., SELLERS, R. F. AND DONALDSON, A. I. 1982. Long distance transport of foot and-mouth disease virus over the sea. *Veterinary Record*, 110, 47–52
52. GLOSTER, J., JONES, A., REDINGTON, A., BURGIN, L., SORENSEN, J.H., TURNER, R., DILLON, M., HULLINGER, P., SIMPSON, M., ASTRUP, P., GARNER, G., STEWART, P., D'AMOURS, R., SELLERS, R., PATON, D., 2010.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Airborne spread of foot-and-mouth disease--model intercomparison. *Vet J* 183, 278-286.
53. GOURREAU J.M, 1999. La fièvre aphteuse : diagnostic clinique et différentiel. *Bull. GTV*, 1999, **4**, 271-275.
54. GOURREAU Jean-Marie 2010. GUIDE PRATIQUE de diagnostic et de gestion DES ÉPIZOOTIES Fièvre Aphteuse, p49.
55. GOURREAU J-M 2008. La fièvre aphteuse, livre MALADIES DES BOVINS, 4^{ème} édition février 2008 ,797P
56. HAMMOND JEF M, NIGEL FERRIS, YANMIN LI, NICK KNOWLES, DONALD KING AND DAVID J PATON 2009. The global situation of foot and mouth disease occurrence an overview of the current situation, FAO/OIE global conference on foot and mouth disease: presentation 51diapos.
57. HAMOND J. 2011. FMD Vaccine: Practical Applications from an International Perspective-FMDV Vaccine to Live. An event organised by NFUS, Moredun and Scottish Government, 15 March 2011.
58. HAMOONGA R., M.A. STEVENSON, A. ALLEPUZ, T.E. CARPENTER, Y. SINKALA 2014, Risk factors for foot-and-mouth disease in Zambia, 1981–2012. *Preventive Veterinary Medicine, Volume 114, Issue 1, 1 April 2014, Pages 64-71*
59. HENDERSON, R.J., 1969. The outbreak of foot-and-mouth disease in Worcestershire. An epidemiological study;
60. HENDERSON, W. M. 1948. Further consideration of some of the factors concerned in intracutaneous injection of cattle. *Journal of Pathology and Bacteriology*, 60, 137–139
61. HOLVECK THIERRY 2002. La fièvre aphteuse thèse 115.57-61.
62. HOUNDJE E. KPODEKON M, MOUTOU FR, BLAISE-BOISSEAU S, BAKKALI - KASSIMI L., BERKVENS D, ZIENTARA ST, SAEGERMAN CL. 2013. Principales caractéristiques épidémiologiques et impact économique de la fièvre aphteuse en Afrique : synthèse bibliographique *Ann. Méd. Vét.*,157, 120-134
63. Hyslop N. StG. (1970). The epizootiology and epidemiology of foot and mouth disease. *Adv. vet. SCI.*, 14, 261-307.
64. JAMALIAH BINTI SENAWI.2012.epidemiology of foot and mouth disease in cattle in Pahang, Malaysia these 175 pages
65. JAMES A.D. & ELLIS P.R. 1978. Benefit-cost analysis in foot-and-mouth disease control programmes. *British Veterinary Journal*, 134 (1), 47-52.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

66. JAWORSKI, J. P., D. COMPAIRED, M. TROTTA, M. PEREZ, K. TRONO, AND N. FONDEVILA, 2011: Validation of an r3AB1-FMDV-NSP ELISA to distinguish between cattle infected and vaccinated with foot-and-mouth disease virus. *J. Viral. Methods* 178, 191–200.
67. JOURNAL OFFICIEL ,1995. Décret exécutif n° 95-66 du 22 Février 1995 fixant la liste des maladies animales à déclaration obligatoire et les mesures générales qui leurs sont applicables, modifié et complété.
68. JOURNAL OFFICIEL ,1999. Arrêté interministériel du 18dhou el kaada 1419 correspondant au 06 mars 1999, relatif aux mesures spécifiques de lutte contre la fièvre aphteuse page 22 et 23.
69. KARDJADJ MOUSTAFA 2016, Foot-and-mouth disease (FMD) in the Maghreb and its threat to southern European countries. *Trop Anim Health Prod* DOI 10.1007/s11250-016-1176-5
70. KASANGA, C. J., W. YAMAZAKI, V. MIOULET, D. P. KING, M. MULUMBA, E. RANGA, J. DEVE, C. MUNDIA, P. CHIKUNGWA, L. JOAO, P. N. WAMBURA, AND M. M. RWEYEMAMU, 2014: Rapid, sensitive and effective diagnostic tools for foot-and-mouth disease virus in Africa. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 81, E1–E5.
71. KIM Y-J., REMOND M .2000. Le virus de la fièvre aphteuse *Virologie*, 1, 5,393-404
72. KITCHING, R.P., 2005. Global epidemiology and prospects for control of foot-and-mouth disease. *Curr. Top. Microbial. Immunol.* 288, 133–148.
73. KITCHING, R.P., HUTBER, A.M., THRUSFIELD, M.V., 2005. A review of foot-and-mouth disease with special consideration for the clinical and epidemiological factors relevant to predictive modelling of the disease. *Vet J* 169, 197-209.
74. KNIGHT-JONES T. J. D, ROBINSON L, CHARLESTON B, RODRIGUEZ L. L, GAY C. G, SUMPTION K. J AND VOSLOO W. 2016. Global Foot-and-Mouth Disease Research Update and Gap Analysis: 4 – Diagnostics. Blackwell Verlag GmbH. *Transboundary and Emerging Diseases*. 63 (Suppl. 1) (2016) 42–48
75. KNIGHT-JONES T. J. D, ROBINSON L, CHARLESTON B, RODRIGUEZ L. L, GAY C. G, SUMPTION K. J AND VOSLOO W. 2016. Global Foot-and-Mouth Disease Research Update and Gap Analysis: 1 - Overview of Global Status and Research Needs Blackwell Verlag GmbH • *Transboundary and Emerging Diseases*. 63 (Suppl. 1) (2016) 3–13
76. KO, Y. J., H. S. LEE, J. H. PARK, K. N. LEE, S. M. KIM, I. S. CHO, H. D. JOO, S. G. PAIK, D. J. PATON, AND S. PARIDA, 2012: Field application of a recombinant

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- protein-based ELISA during the 2010 outbreak of foot-and-mouth disease type A in South Korea. *J. Viral. Methods* 179, 265–268.
77. LI, Y., K. G. SWABEY, D. GIBSON, P. J. KEEL, P. HAMBLIN, G. WILSDEN, M. CORTEYN, AND N. P. FERRIS, 2012: Evaluation of the solid phase competition ELISA for detecting antibodies against the six foot-and-mouth disease virus non-O serotypes. *J. Viral. Methods* 183, 125–131.
78. MADHANMOHAN, M., S. B. NAGENDRAKUMAR, K. MANIKUMAR, S. YUVARAJ, S. PARIDA, AND V. A. SRINIVASAN, 2013: Development and evaluation of a real-time reverse transcription-loop-mediated isothermal amplification assay for rapid serotyping of foot-and-mouth disease virus. *J. Viral. Methods* 187, 195–202.
79. MAREE FRANCOIS F, CHRISTOPHER J KASANGA KATHERINE A SCOTT PAMELA A OPPERMAN, MELANIE CHITRAY, ABRAHAM K SANGULA, RAPHAEL SALLU YONA SINKALA PHILEMON N WAMBURA DONALD P KING DAVID J PATON, MARK M RWEYEMAMU, 2014 . Challenges and prospects for the control of foot-and-mouth disease: an African perspective. *Veterinary Medicine: Research and Reports* 2014:5 119–138.
80. McCOLL, K.A., WESTBURY, H.A., KITCHING, R.P., LEWIS, V.M., 1995. The persistence of foot-and- mouth disease virus on wool. *Aust Vet J* 72, 286-292.
81. MEYER R, BROWN C, HOUSE C, HOUSE J, MOLITOR T, 1991. Rapid and sensitive detection of foot and- mouth disease virus in tissues by enzymatic RNA amplification of the polymerase gene. *J. Viral. Meth*, 34, 161-172.
82. MOHAPATRA, A. K., J. K. MOHAPATRA, L. K. PANDEY, A. SANYAL, AND B. PATTNAIK, 2014: Diagnostic potential of recombinant nonstructural protein 3B to detect antibodies induced by foot-and-mouth disease virus infection in bovines. *Arch. Viral.* 159, 2359–2369.
83. MUROGA N, HAYAMA Y, YAMAMOTO T, KUROGI A, TSUDA T, TSUTSUI T 2010: The Foot and- Mouth Disease Epidemic in Japan. *J Vet Med Sic* 2012, 74(4):399–404.
84. NARDO, N.J. KNOWLES & D.J. PATON 2011. Combining livestock trade patterns with phylogenetics to help understand the spread of foot and mouth disease in sub-Saharan natural inoculation and exposure systems. *Vet. Microbiol.* 178, 50–60.
85. OIE, 2013. Résolution N 29 adoptée en Mai 2013 a la 81^{eme} session générale de l'organisation mondiale de la santé animale.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

86. OIE a, 2014. Rapport de suivi n°6 (rapport final) de l'évolution de la fièvre aphteuse en Algérie 2014, Référence OIE : 16420, Date du rapport : 29/10/2014, Pays : Algérie 72 pages.
87. OIE b, 2014. Rapport de suivi (rapport final) de la situation de fièvre aphteuse en Tunisie, Référence OIE : 16569, Date du rapport : 24/11/2014, Pays : Tunisie P 26
88. OIE c, 2014. Rapport de suivi (rapport final) de la situation de fièvre aphteuse en Libye, Référence OIE : 16879, Date du rapport : 30/12/2014, Pays : Libye P 12
89. OIE a, 2015. Rapport de suivi n°10 (rapport final) de l'évolution de la fièvre aphteuse en Algérie 2015 Référence OIE : 17849, Date du rapport : 07/06/2015, Pays : Algérie P5.
90. OIE b, 2015. Questionnaire sur le programme officiel de contrôle de la fièvre aphteuse (6p) Article 1.6.11 *Code sanitaire pour les animaux terrestres – 2015*
91. OIE c, 2015. Glossaire. Code sanitaire pour les animaux terrestres - 20/07/2015
92. OIE, 2016. Rapport de suivi (rapport final) de l'évolution des foyers de la fièvre aphteuse au Maroc Référence OIE : 19472, Date du rapport : 07/01/2016, Pays : Maroc P 4.
93. OLEKSIEWICZ, M. B., DONALDSON, A. I. AND ALEXANDERSEN, S. 2001. Development of a novel real-time RT-PCR assay for quantitation of foot-and-mouth disease virus in diverse porcine tissues. *Journal of Virological Methods*, 92, 23–35
94. ORSEL, K., BOUMA, A., DEKKER, A., STEGEMAN, J.A., DE JONG, M.C.M., 2009. Foot and mouth disease virus transmission during the incubation period of the disease in piglets, lambs, calves and dairy cow. *Préventive Veterinary Medicine* 88, 158-163.
95. OUMAMMAR.I, 2015. le spectre de la fièvre aphteuse conférence fait le 11/ 6 /2015 pour le contacte lidialili21@yahoo.fr
96. PÂTON D.J., SUMPTION K.J. & CHARLESTON B. 2009. Options for control of foot-and-mouth disease: knowledge, capability and policy. *Philos. Trans. roy. Soc. Lond., B, biol. Sci.*, 364(1530), 2657-2667
97. PÂTON, M SINCLAIR, R RODRIGUEZ 2010. Appréciation qualitative du risque de propagation de la fièvre aphteuse associé au commerce international de la viande de bœuf désossée (facteur de risque lié à la marchandise) *Commission des normes sanitaires de l'OIE pour les animaux terrestres / février 2010*, 727-788.
98. PERRY P.B, KALPRAVIDH W., COLEMAN P.G., HORST H.S, MCDERMOTT J.J., RANDOLPH T.F. & GLEESON L.J. 1999. The economic impact of foot-and-

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- mouth disease and its control in South-East Asia: a preliminary assessment with special reference to Thailand. *In* The economics of animal disease control (B.D. Perry, Ed.). *Rev. SCI. Tech. Off. Int. Epiz.*, 18 (2), 478-497.
99. RAUTUREAU SEVERINE, 2012. Simulations d'épizooties de fièvre aphteuse et aide à la décision : approches épidémiologique et économique. Sante publique et épidémiologie. Université Paris Sud – Paris XI, French. <NNT : 2012PA11T002>. <tel-00709417> 35. 261
100. ROEDER P.L., LE BLANC SMITH P.M, 1987. Detection and typing of foot and- mouth disease virus enzymelinked immunosorbent assay: a sensitive, rapid and reliable technique for primary diagnosis. *Res. Vet. Sic*, 43, 225-232.
101. Rueckert R. R. - Picornaviridae: the viruses and their replication. *In*: Fields Virology. Fields B. N., Knipe D.M., Howley P.M., Chanock R.M., Melnick J.L., Monath T.P., Roizman B. (Ed.), Lippincott Raven Publishers, Philadelphia, 1996, 609-654.
102. RUSHTON JONATHAN, 2012. Theo Knight-Jones, Alex Donaldson, Peter de Leeuw, Giancarlo Ferrari, Joseph Domenech:supporting document the impact of foot and mouth disease. *Globale Foot and Mouth Disease* p 250,
103. RUTWAZA BERNARDIN, 1988. Contribution à l'étude de la fièvre aphteuse en Afrique cas particulier du Rwanda ; thèse 137 p.
104. RWEYEMAMU M.P., MACKAY D., SUMPTION K., BROWNLIE J., LEFORBAN Y., VALARCHERJ.-F., KNOWLES N.J., SARAIVA V. Epidemiological patterns of foot and mouth disease worldwide. *Transbound. Emerg. Dis.*, 2008, 55, 57-72.
105. SAEGERMAN CLAUDE, LEFORBAN YVES, 2014. LA FIEVRE APHTEUSE, Manuel de médecine des bovins 91-98.
106. SCHIJVEN, J., RIJS, G.B.J., HUSMAN, A.M.R., 2005. Quantitative Risk Assessment of FMD Virus Transmission via Water. *Risk Analysis* **25**, 13-25.
107. SEIFERT H.S.H, 1996 Tropical animal health. Kluwer: Dordrecht, 1996. 548 p.
108. SENGHOR EL HADJI AMADOU, 1982. contribution à l'étude de la fièvre aphteuse sa progression en Afrique ses caractéristiques au Sénégal 117 p.
109. SHARMA, G. K., J. K. MOHAPATRA, L. K. PANDEY, S. MAHAJAN, B. S. MATHAPATI, A. SANYAL, and B. PATTNAIK, 2012: Immunodiagnosis of

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- foot-and-mouth disease using mutated recombinant 3ABC polyprotein in a competitive ELISA. *J. Viral. Methods* 185, 52–60.
110. SMO, 2015. Données de la station Météorologique d'Oum El Bouaghi entre 2013 ET 2015.
111. SORENSEN, J. H., JENSEN, C. O., MIKKELSEN, T., MACKAY, D. K. AND DONALDSON, A. I. 2001. Modelling the atmospheric dispersion of foot-and-mouth disease virus for emergency preparedness. *Physics Chemistry Earth*, 26, 93–97
112. SORENSEN, J. H., MACKAY, D. K., JENSEN, C. O. AND DONALDSON, A. I. 2000. An integrated model to predict the atmospheric spread of foot-and-mouth disease virus. *Epidemiology and Infection*, 124, 577–590
113. SRISOMBUNDIT, V., N. TUNGTHUMNIYOM, W. LINCHONGSUBONGKOCH, C. LEKCHAROENSUK, L. SARIYA, P. RAMASOOTA, AND P. LEKCHAROENSUK, 2013: Development of an inactivated 3C (pro)-3ABC (mu3ABC) ELISA to differentiate cattle infected with foot and mouth disease virus from vaccinated cattle. *J. Viral. Methods* 188, 161–167.
114. STENFELDT C, DIAZ-SAN SEGUNDO F, DE LOS SANTOS T, RODRIGUEZ LL AND ARZT J 2016. The Pathogenesis of Foot-and-Mouth Disease in Pigs. *Front. Vet. Sci.* 3:41. doi: 10.3389/fvets.2016.00041
115. STENFELDT, C., J. M. PACHECO, N. B. SINGANALLUR, H. C. FERREIRA, W. VOSLOO, L. L. RODRIGUEZ, AND J. ARZT, 2015: Clinical and virological dynamics of a serotype O 2010 South East Asia lineage foot-and-mouth disease virus in sheep using natural and simulated
116. SUTMOLLER P., BARTELING S.S., OLASCOAGA R.C. & SUMPTION K.J. 2003. Control and eradication of foot-and mouth disease. *Virus research*, 91 (1), 101-44.
117. THIRY E. - La fièvre aphteuse : rappels épidémiologiques et cliniques. *Point Vét.*, 2001, 32, 44-47.
118. THIRY E., BAAZIZI R 1999. La fièvre aphteuse : les propriétés du virus expliquent sa grande contagiosité. *Bulletin des GTV*, 4, 267-270.
119. THOMSON G.R., BASTOS A.D.S. 2004. Foot-and mouth disease. In: Coetzer J.A.W., Tustin R.C. (Eds.), *Infectious diseases of livestock*, Vol. 2. Oxford University Press Southern Africa: Cape Town, 1324-1365.
120. THOMSON, G.R., 1994. Foot-and-mouth disease. In: Coetzer, J.A.W., Thomson, G.R., Tustin, R.C. (Eds.), *Infectious Diseases of Livestock with Special*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Reference to Southern Africa. Oxford University Press Southern Africa, Cape town, pp. 825–851.
121. TOMA B., DUFOUR B., RIVIERE J. 2014, La fièvre aphteuse, Polycopié des Unités de maladies contagieuses des Ecoles vétérinaires françaises, Merial (Lyon) 66 p.
122. TOMA, B., DUFOUR, B, 2010. La fièvre aphteuse, Polycopie des Unités de maladies contagieuses des écoles vétérinaires françaises. In: Marial (Ed.), Lyon, p. 55.
123. VALLAT BERNARD ,2012. Vers la maîtrise de la fièvre aphteuse dans le monde. Vers le contrôle de la fièvre aphteuse à l'échelle mondiale 1^{er} bulletin trimestriel 2012, OIE 80 P.
124. VIJAS P., 2010. Guide de procédures en épidémiologie animale manuel édité en 2010 par la direction des services vétérinaires 103 P
125. WEE SH, YOON H, MORE SJ, NAM HM, MOON OK, JUNG JM, KIM SJ, KIM CH, LEE ES, PARK CK, AND HWANG IJ. 2008: Epidemiological characteristics of the 2002 outbreak of foot-and-mouth disease in the Republic of Korea. *Transbound Emerg Dis*, 55:360–368.
126. WONG, C. L., C. C. SIEO, and W. S. TAN, 2013: Display of the VP1 epitope of foot-and-mouth disease virus on bacteriophage T7 and its application in diagnosis. *J. Viral. Methods* 193, 611– 619.
127. YAMAZAKI, W., V. MIOULET, L. MURRAY, M. MADI, T. HAGA, N. MISAWA, Y. HORII, AND D. P. KING, 2013: Development and evaluation of multiplex RT-LAMP assays for rapid and sensitive detection of foot-and-mouth disease virus. *J. Viral. Methods* 192, 18–24
128. ANONYME 1: Organisation Mondiale de La Santé Animale. Foot and mouth disease. [en ligne] (2009) Adresse URL: http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Animal_Health_in_the_World/docs/pdf/FOOT_AND_MOUTH_DISEASE_FINAL.pdf, consulté le 22/11/2012.
129. ANONYME 2, The World Organisation for Animal Health (OIE) See more at: <http://www.thecattlesite.com/footandmouth/46239/algeria-reports-new-fmd-outbreak/#sthash.pjxZ1Rrn.dpuf>.
130. ANONYME 3, The World Organization for Animal Health (OIE) The Cattle Site Foot and Mouth Disease News [Back to Foot and Mouth News](#)
131. ANONYME 4 : Larousse encyclopédie ; consulté LE 01/3/2016.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

132. ANONYME 5, 2016. *Agence canadienne d'inspection des aliments*. Plan lié à un risque spécifique, Fièvre aphteuse http://www.inspection.gc.ca/animaux/animauxterrestre/maladies/d%C3%A9claration-obligatoire/fevre_aphteuse/plan/fra/1332174353793/1332174430101?chap=2 consulté le 19/11/2016.